



COMUNE DI MARGHERITA DI SAVOIA

Committente:

ARCA CAPITANATA

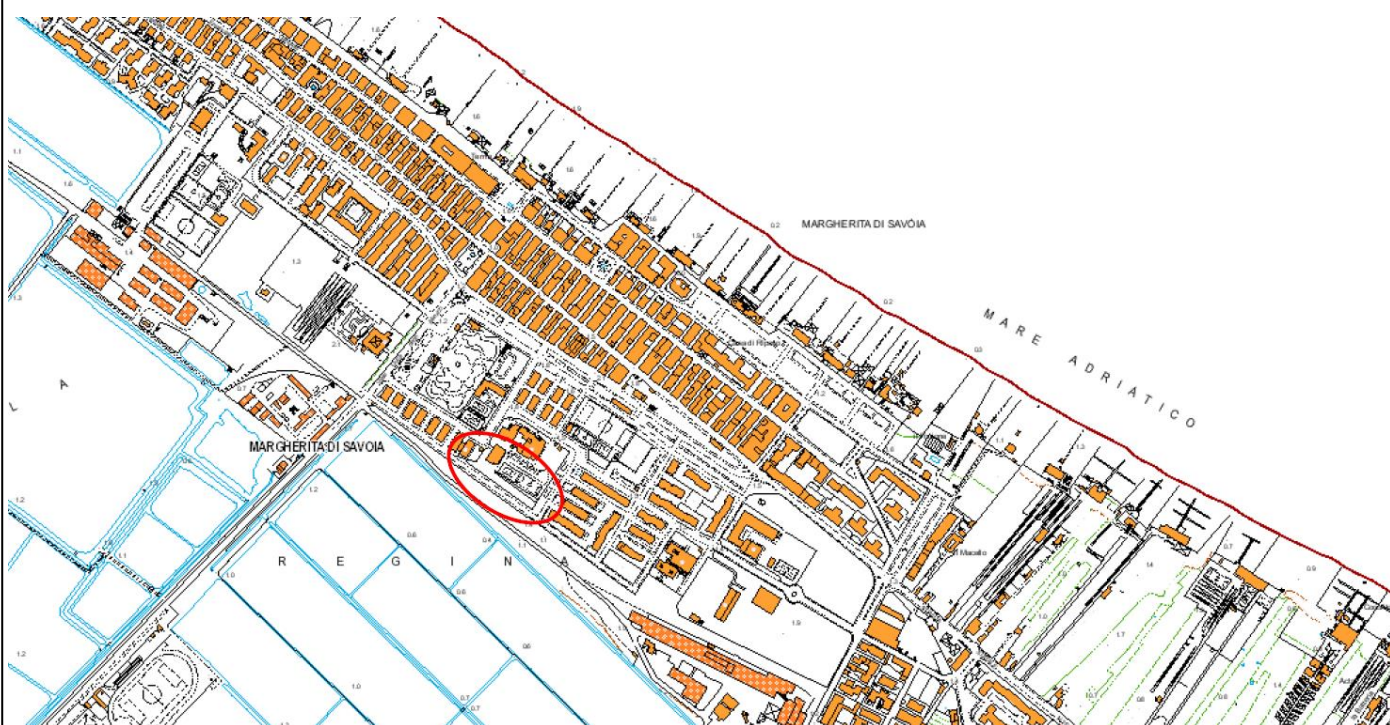
Titolo del progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVE COSTRUZIONI DI E.R.P.
NEL COMUNE DI MARGHERITA DI SAVOIA (BAT).

Elaborato:

STUDIO E INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

ALLEGATI



STUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO – GEOFISICO

Dott. Geol. Isidoro Sorbello

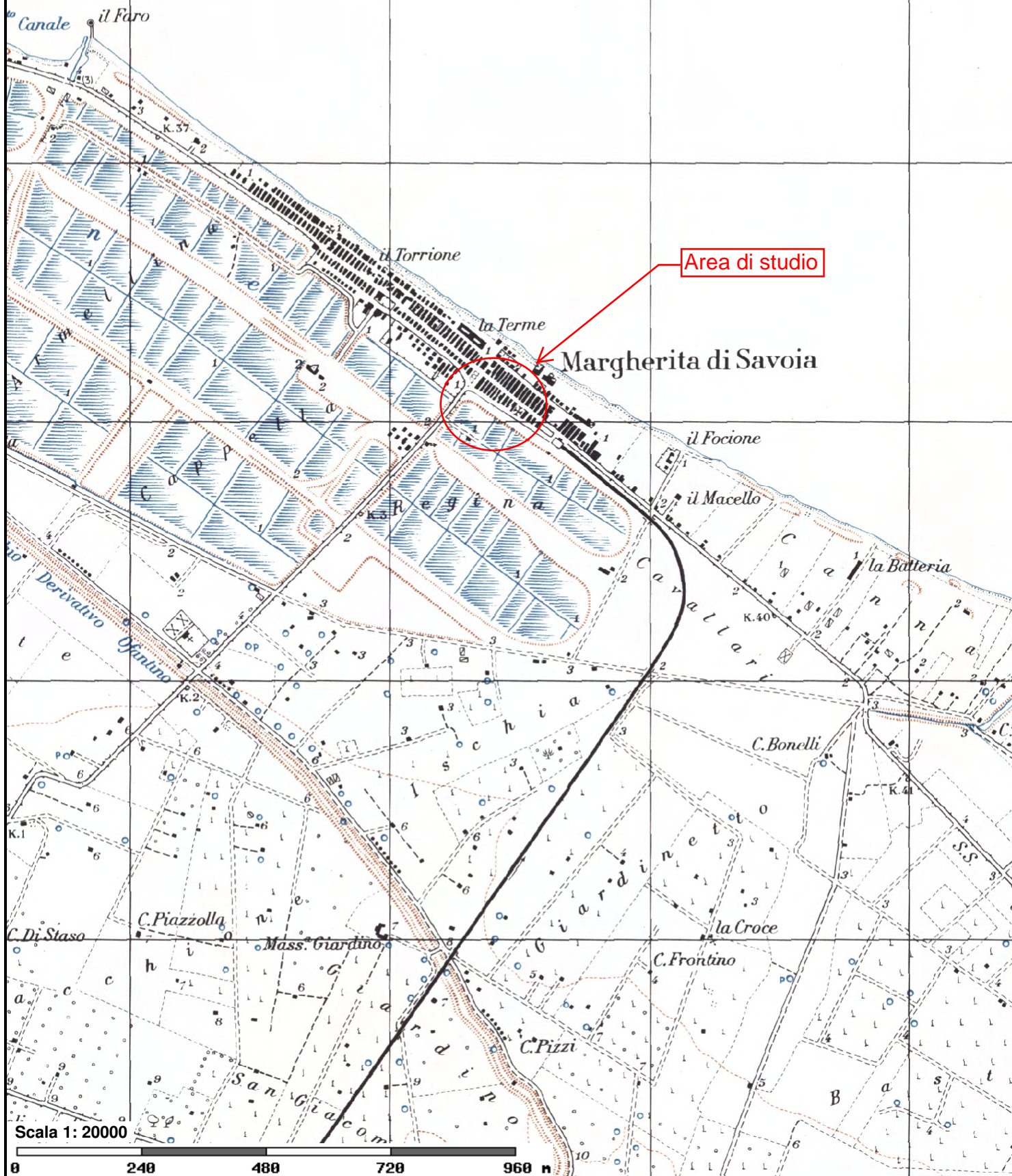
Via Montegrappa, 77 71121 Foggia
Tel/fax: +39 0881/770870
Cell.: 338/3969246
e-mail: isidorosorbello@inwind.it

Firma e Timbro:

FOGGIA, 26 Marzo 2015

ALLEGATO 1 – INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERESSE

- INQUADRAMENTO SU COROGRAFIA IN SCALA 1:20.000
- ORTOFOTO DELL'AREA D'INTERESSE CON UBICAZIONE DELLA ZONA INDAGATA
- UBICAZIONE SU CARTA TECNICA REGIONALE
- STRALCIO DEL P.A.I.

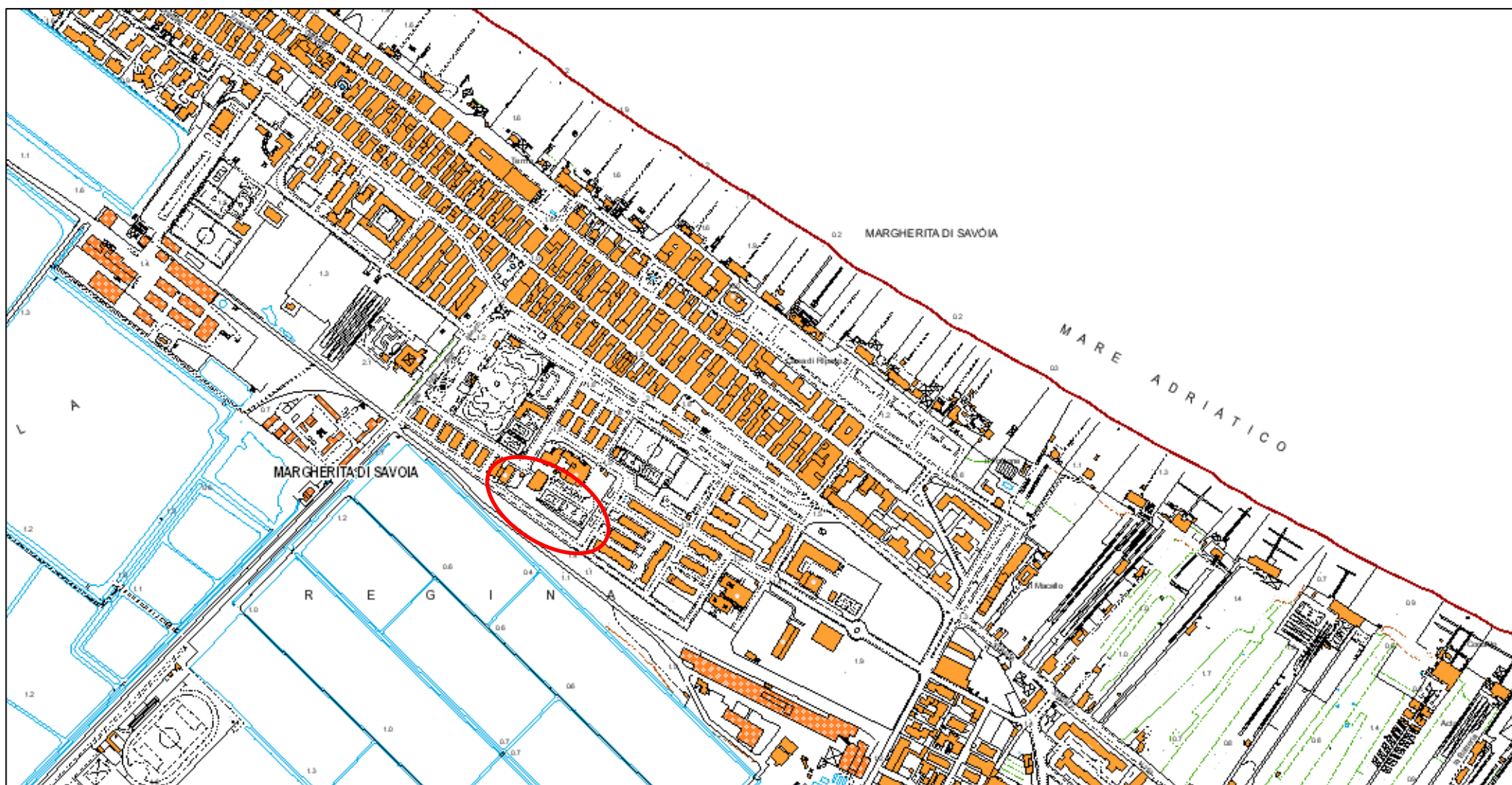




Scala 1: 5000

0 60 120 180 240 m




INQUADRAMENTO SU STRALCIO DELLA CARTA TECNICA REGIONALE








Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG2)
-  elevata (PG3)

Peric. Idraulica

-  bassa (BP)
-  media (MP)
-  alta (AP)

Cartografia di base

Scala 1: 5000

0 60 120 180 240 m

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

- UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI
- SCHEDE DI SONDAGGIO
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI



Dott. Isidoro SORBELLO

Via Montegrappa 77 71121 FOGGIA

Tel/Fax 0881-770870 E-MAIL:isidorosorbello@inwind.it

SCHEDA DI SONDAGGIO

Sigla sondaggio:

S1

Profondità:

mt 15

Data esecuzione:

11/03/15

Geologo di cantiere:

dott. Isidoro SORBELLO

Committente:

ARCA Capitanata

Cantiere:

ARCA Capitanata

Località:

Margherita di Savoia

Lavoro:

Sondaggio geognostico

Tipo di sonda perforatrice:

MAIT TC9P

Operatori:

P. Signoriello
R. Signoriello

Metodo di perforazione:

Carotaggio continuo

Fluido di perforazione:

Acqua

Campionatore:

Carotiere semplice Ø mm 101

Strumentazione installata:

-

Coordinate geografiche:

41°22'17.34"N 16° 9'4.25"E

Chiusino:

-

Campioni (Sh:Shelby; Mz:Mazier; Os:Osterberg; Ds:Disturbato):

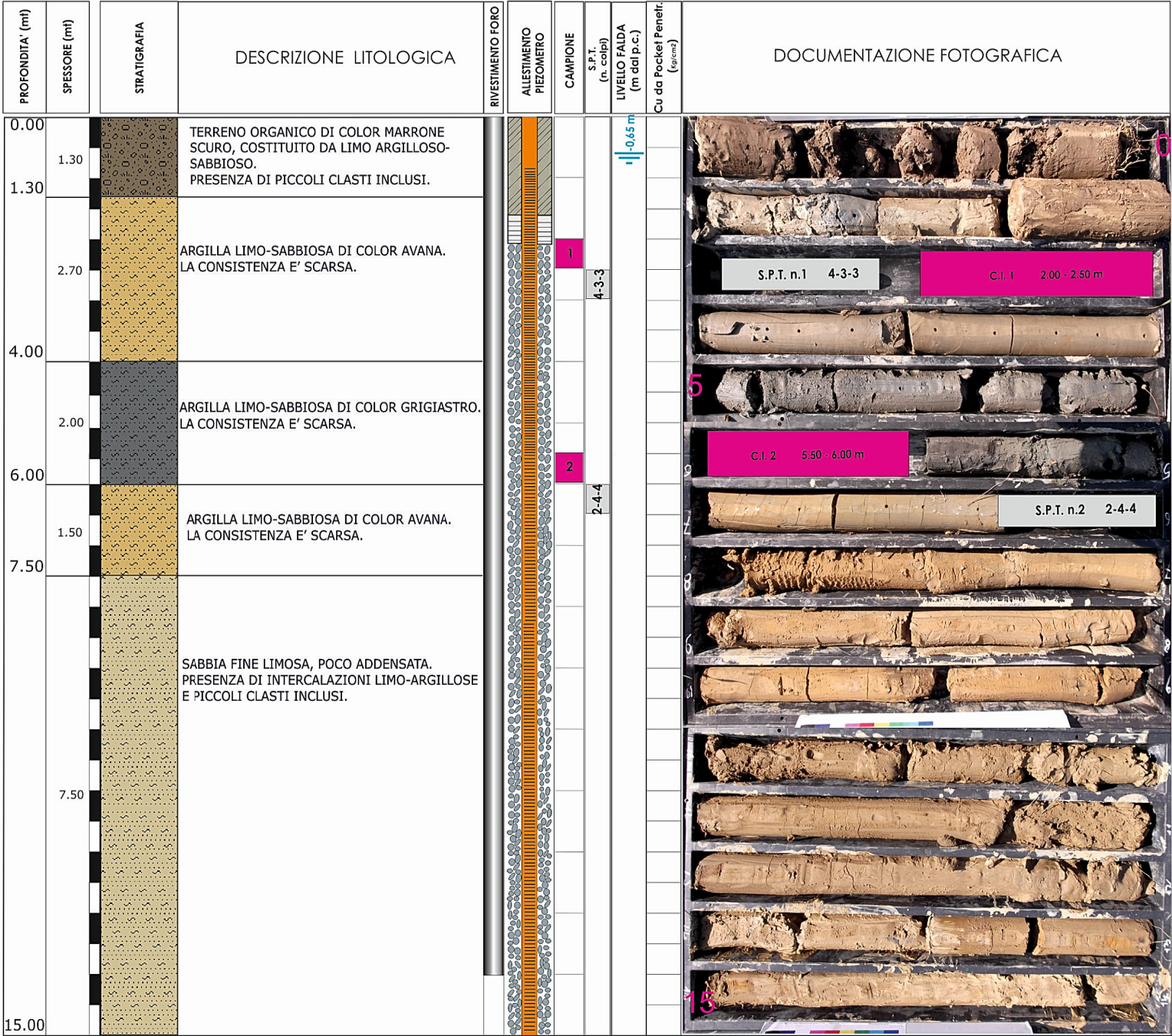
Sh

PROFONDITA' (mt)	SPESSORE (mt)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	RIVESTIMENTO FORO	ALLESTIMENTO PIEZOMETRO	CAMPIONE	S.P.T. (n. colpi)	LIVELLO FALDA (m dal p.c.)	Cu da Pocket Penetr. (kg/cm²)	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
0.00			TERRENO ORGANICO DI COLOR MARRONE SCURO, COSTITUITO DA LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO. PRESENZA DI PICCOLI CLASTI INCLUSI.							
2.00										
2.00			ARGILLA LIMO-SABBIOSA DI COLOR GRIGIASTRO. LA CONSISTENZA E' SCARSA MA TENDE AD AUMENTARE CON LA PROFONDITA'.							
4.60										
6.60										
7.20	0.60		SABBIA LIMOSA DI COLOR NOCCIOLA. POCO ADDENSATA.			1				
7.60	0.40		ARGILLA LIMO-SABBIOSA DI COLOR NOCCIOLA, CON LIVELLETTI CALCITICI.							
			SABBIA LIMOSA CON LIVELLETTI CALCITICI. POCO ADDENSATA. LA FRAZIONE SABBIOSA DIMINUISCE CON LA PROFONDITA'. IL COLORE E' NOCCIOLA.			2				
4.10										
11.70			ARGILLA LIMO-SABBIOSA DI COLOR NOCCIOLA.			3				
1.70										
13.40			SABBIA LIMOSA DI COLOR NOCCIOLA. POCO ADDENSATA.							
1.60										
15.00										

LEGGENDA: C.C.1 Campione analisi chimiche C.I.1 Campione indisturbato C.R.1 Campione rimaneggiato

Dott. Isidoro SORBELLO <small>Via Montegrappa 77 71121 FOGGIA Tel/Fax 0881-770870 E-MAIL: isidorosorbello@inwind.it</small>		SCHEDA DI SONDAGGIO		Sigla sondaggio: S3	
Committente: ARCA Capitanata		Cantiere: ARCA Capitanata	Località: Margherita di Savoia	Lavoro: Sondaggio geognostico	Profondità: mt 15
				Data esecuzione: 10/03/15	Geologo di cantiere: dott. Isidoro SORBELLO

Tipo di sonda perforatrice: MAIT TC9P		Operatori: P. Signoriello R. Signoriello	Metodo di perforazione: Carotaggio continuo	Fluido di perforazione: Acqua	Campionatore: Carotiere semplice Ø mm 101
Strumentazione installata: Piezometro a tubo aperto		Coordinate geografiche: 41°22'16.24"N 16° 9'6.23"E		Chiusino: -	Campioni (Sh:Shelby; Mz:Mazier; Os:Osterberg; Ds:Disturbato): Sh



LEGENDA: C.C.1 Campione analisi chimiche C.I.1 Campione indisturbato C.R.1 Campione rimaneggiato

Dott. Isidoro SORBELLO

Via Montegrappa 77 71121 FOGGIA
Tel/Fax 0881-770870 E-MAIL:isidorosorbello@inwind.it

SCHEDA DI SONDAGGIO

Sigla sondaggio:
S4

Profondità:
mt 15

Data esecuzione:
10/03/15

Committente:
ARCA Capitanata

Cantiere:
ARCA Capitanata

Località:
Margherita di Savoia

Lavoro:
Sondaggio geognostico

Geologo di cantiere:
dott. Isidoro SORBELLO

Tipo di sonda perforatrice:
MAIT TC9P

Operatori:
**P. Signoriello
R. Signoriello**

Metodo di perforazione:
Carotaggio continuo

Fluido di perforazione:
Acqua

Campionatore:
Carotiere semplice Ø mm 101

Strumentazione installata:
-

Coordinate geografiche:
41°22'15.77"N 16° 9'7.62"E

Chiusino:
-

Campioni (Sh:Shelby; Mz:Mazier; Os:Osterberg; Ds:Disturbato):
Sh

PROFONDITA' (mt)	SPESSORE (mt)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	RIVESTIMENTO FORO	ALLESTIMENTO PIEZOMETRO	CAMPIONE	S.P.T. (n. colpi)	LIVELLO FALDA (m dal p.c.)	Cu da Pocket Penetr.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
0.00			TERRENO ORGANICO DI COLOR MARRONE SCURO, COSTITUITO DA LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO. PRESENZA DI PICCOLI CLASTI INCLUSI.							
3.00										
3.00										
4.00			ARGILLA LIMO-SABBIOSA DI COLOR GRIGIASTRO. LA CONSISTENZA E' SCARSA MA TENDE AD AUMENTARE CON LA PROFONDITA'.			1	2-3-3			
7.00										
3.60			SABBIA FINE LIMOSA, POCO ADDENSATA. LA FRAZIONE SABBIOSA DIMINUISCE CON LA PROFONDITA'. IL COLORE E' NOCCIOLA.							
10.6										
11.0	0.40		ARGILLA LIMO-SABBIOSA DI COLOR NOCCIOLA.							
4.00			SABBIA FINE LIMOSA DI COLOR NOCCIOLA. POCO ADDENSATA.			2	7-10-13			
15.00										

LEGGENDA: C.C.1 Campione analisi chimiche C.I.1 Campione indisturbato C.R.1 Campione rimaneggiato

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sondaggio S1



Foto 1-2: Postazione del sondaggio S1



Foto 3-5: cassette catalogatrici

Sondaggio S2



Foto 6-7: Postazione del sondaggio S2



Foto 8-11: cassette catalogatrici

Sondaggio S3



Foto 11-12: Postazione del sondaggio S3



Foto 13-15: cassette catalogatrici

Sondaggio S4



Foto 16-17: Postazione del sondaggio S4



Foto 18-20: cassette catalogatrici

ALLEGATO 3 – INDAGINI GEOFISICHE

- RELAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P ED SH, MASW

**PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI
COMUNE DI MARGHERITA DI SAVOIA**

COMMITTENTE:

Spett.le
Dott. Geol. Isidoro Sorbello
Via Montegrappa, 77 - Foggia (FG)

PROGETTO:

Progetto per la realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P. nel comune di Margherita
di Savoia (BAT)

Relazione GEOFISICA

**Indagini Geofisiche di integrazione alla relazione
Geologica:
Sismica a Rifrazione in onde P ed SH, MASW**

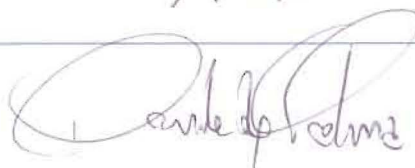
Dott. Geol. Pierpaolo Moretti

Ordine dei Geologi della
Regione Puglia n°786



Dott. Davide de Palma

Geofisico



1. Introduzione e normativa di riferimento

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati della campagna di indagine geofisica eseguita in data 16/03/2015 per l'esecuzione di indagini sismiche a rifrazione in P ed SH e l'acquisizione di una MASW per la Vs30; nel comune di Margherita di Savoia (BAT) per il lavoro riguardante il **“progetto per la realizzazione di nuove costruzioni di e.r.p. nel comune Margherita di Savoia (BAT)”** nei pressi di via Carlo Afan De Rivera.

Lo studio, come da piano di indagine, ha seguito il seguente sviluppo:

- n°1 prospezione di sismica a rifrazione in onde P ed SH (REF).
- n°1 prospezione Multichannel analysis of Surface Waves (MASW)
- Elaborazione dei dati raccolti.

Lo scopo dell'indagine, oltre alla stima del parametro Vs30 caratteristico dell'area, ovvero la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità rispetto alla quota di imposta della fondazione, come prescritto dall'art. 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008, è quello di offrire un contributo all'implementazione di un modello geologico - geotecnico dell'area di indagine.

Mediante l'indagine di sismica a rifrazione in onde P ed in onde SH si è potuto caratterizzare la stratigrafia sismica del sottosuolo in termini di spessori e velocità sismiche in onde P (Vp) ed in onde SH (Vsh); è stato inoltre possibile **calcolare sperimentalmente** i moduli dinamici caratterizzanti i litotipi oggetto di studio. L'indagine MASW ha reso possibile la valutazione dei valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (Vs30), così come previsto da:

- **D. Min. Infrastrutture 14/01/2008** (Suppl. Ord. alla G.U. 4.2.2008, n. 29 – *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni*).
- **Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009, n. 617 C.S.LL.PP.** (Suppl.Ord. alla G.U. 26.2.2009, n. 47 – *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008*)

Le indagini sono state condotte seguendo linee guida nazionali ed internazionali:

- **Linee guida per indagini geofisiche A.S.G** (Associazione Società di Geofisica)
- **ASTM D 5777 - 95** (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

2. Ubicazione indagini

Per le coordinate relative all'indagini di sismica a rifrazione e MASW si è fatto riferimento al sistema geografico UTM (Tab. I).

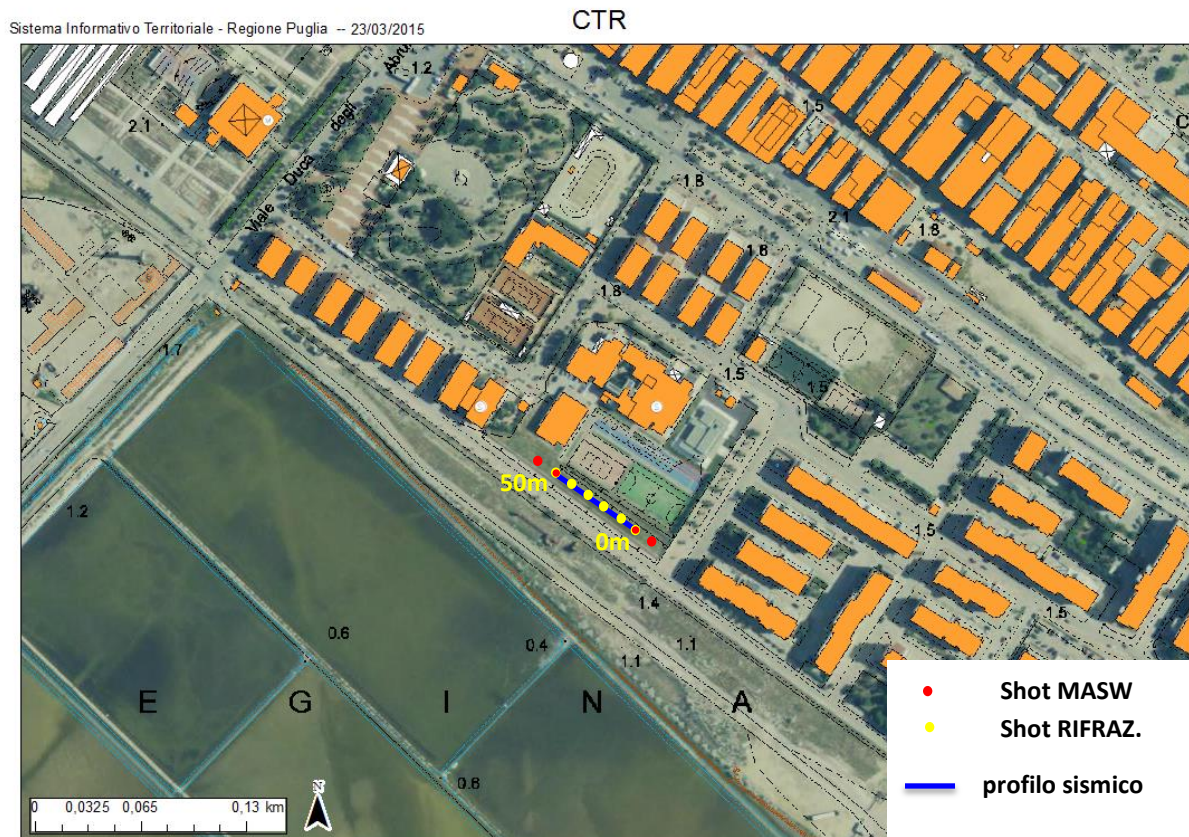


Fig.1 – ubicazione area di indagine (CTR, SIT Puglia).

	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
	Shot1		Shot6		
REF01	596334.02	4580599.15	596293.21	4580626.98	50

Tab.I – Coordinate degli estremi dei profili di sismica a rifrazione. Sistema di riferimento UTM - datum WGS84 - fuso 33T

	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
	geofono 1		geofono 24		
MASW01	596331.87	4580599.10	596295.02	4580626.24	46

Tab.II – Coordinate degli estremi del profilo MASW. Sistema di riferimento UTM - datum WGS84 - fuso 33T

Descrizione dei metodi

3.1 Sismica 2D in onde P ed SH

Le indagini di sismica a rifrazione permettono la ricostruzione delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici mediante correlazioni tra i valori di V_p e V_s ed i suddetti parametri. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori verticali sensibili al del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere per la generazione di onde P, una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Diversamente per le onde SH si utilizzano trasduttori orizzontali e la sorgente viene generata da una piastra di metallo o legno infissa nel suolo e posta perpendicolarmente alla stesa sismica, questa viene pesantemente battuta ai 2 lati, generando impulsi polarizzati. Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. I principi sin qui esposti sono validi indipendentemente dal tipo di polarizzazione dell'onda (P o SH). L'indagine di sismica a rifrazione si basa sulla determinazione dei primi arrivi (*First Break Picking*) i quali sottoposti ad un apposito algoritmo di inversione, permette di ricostruire la distribuzione bidimensionale delle velocità sismiche.

3.2 MASW

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. A partire dall'intero campo

d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza ($cf-f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione

4. Strumentazione utilizzata

4.1 Sismica a rifrazione e MASW

L'attrezzatura utilizzata sia per le indagini di sismica a rifrazione che MASW consta di:

- sistema energizzante per le onde P e Rayleigh :: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su una piastra di alluminio (fig.2a) adagiata opportunamente al suolo, per la generazione prevalente di onde P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

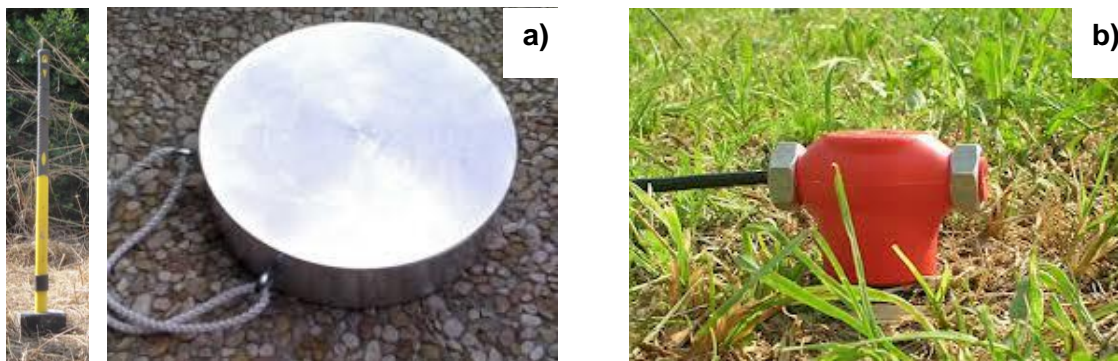


Fig. 2 - Foto del sistema energizzante utilizzato per la generazione onde P e del sistema di ricezione: a), mazza (8 Kg) e piastra di battuta, b) geofoni verticali.

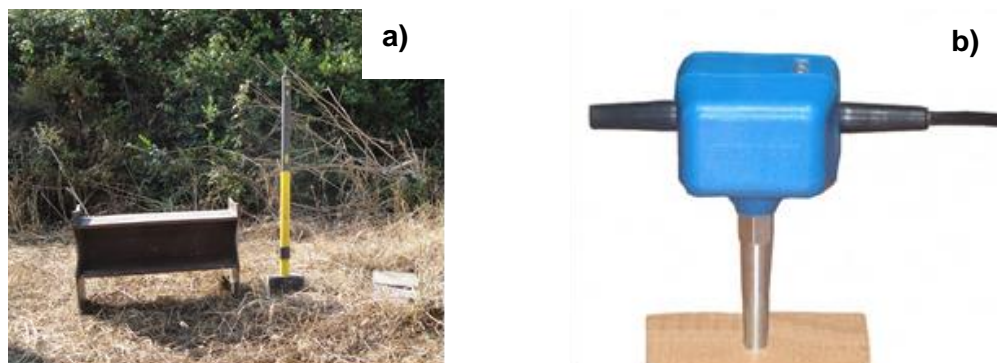


Fig. 3 - Foto del sistema energizzante utilizzato per la generazione di onde SH e del sistema di ricezione: a), mazza (8 Kg) e piastra di battuta, b) geofoni orizzontali.

- sistema energizzante per le onde SH: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente orizzontalmente su parallelepipedo in ferro del peso di 45 kg disposto ortogonalmente allo stendimento e parallelamente alla componente di registrazione dei geofoni orizzontali (fig. 3a), infisso nel suolo a percussione grazie a 2 asole poste alla estremità che ne hanno favorito l'infissione ed infine gravato dal peso dell'operatore in modo da favorire ulteriormente l'accoppiamento sorgente-suolo. Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con generazione di onde P trascurabile. Le registrazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati, mediante massa battente, e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.
- sistema di ricezione: per le indagine sono stati utilizzati 24 geofoni verticali (onde P) del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz (fig.2b) e 24 geofoni orizzontali (onde SH) del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 8 Hz (fig.3b)
- trigger: le metodologie utilizzate, in quanto attive, prevedono che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger* il quale consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra. L'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.
- sistema di acquisizione dati: nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a multicanale a conversione digitale. Il modello utilizzato (M.A.E. A6000SE) possiede risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma) ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit (Tab.III). Esso è collegato a ciascuno dei geofoni in ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

Converters	24 bit resolution, sigma-delta technology
Dynamic range:	144 dB (theoretical)
Maximum distortion	+/-0.0010%
Band width	2Hz-30KHz
Common mode rejection	110 dB at 60 Hz
Diaphony:	-120dB at 20Hz
Noise threshold of the programmable amplifier	27 nV
Trigger precision:	1/30 of the sampling time
Maximum range of inlet signal	+/-5V
Inlet impedance at 1000 samples/second	20MΩ
Amplification levels	0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB
Anti-alias filter	-3dB
Pre-trigger time	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200

Tab. III: specifiche tecniche M.A.E. A6000SE (esplorazione sismica)

5. Acquisizione

5.1 Sismica a rifrazione in onde P ed SH

Lo stendimento sismico è stato realizzato utilizzando 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica pari a 2.0 m. L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica: 2.00 m
- n° 4/9 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- tempo di acquisizione: 0.410 s
- intervallo di campionamento 0,07 μ s.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismostratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points) rispetto al profilo, vengono disposti ai suoi estremi (end) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). In questa occasione sono stati utilizzati 8 *shot points*.

- 2 *end-shots* posti rispettivamente a -2 e +48 m rispetto al geofono 1.
- 4 intermedi posti rispettivamente in corrispondenza del 5°, 10°, 15° e 20° geofono.

I dati sismici sono stati acquisiti utilizzando un numero di *shots* piuttosto elevato contribuendo ad incrementare la capacità risolutiva del metodo.

5.2 MASW

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica di 2.00 m per complessivi 46 m di rilievo
- n° 4 punti di energizzazione di cui 2 rispettivamente distanti -10 m e -2 m dal 1° geofono, e 2 distanti +2 m e +10 m dall'ultimo geofono dello stendimento.
- n° 4/8 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- tempo di acquisizione: 2.04 s
- numero di campioni: 7680

6. ELABORAZIONE

6.1 Sismica in onde p e onde sh

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione in onda P ed SH è stato condotto mediante il Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche. Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, in funzione delle modalità di acquisizione, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei “Fronti d’onda” (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un’ottimizzazione dell’algoritmo del GRM, capace di risolvere l’immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell’algoritmo d’inversione, un “raytracing” con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell’algoritmo d’iterazione.

Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

6.2 MASW

L’analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa *picking* della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato *modo*;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Nel metodo MASW le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. In questo caso il segnale può essere rappresentato come una funzione $u(x,t)$ dove x è lo spazio e t il tempo. Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l’asse dei tempi otteniamo la funzione $U(x,f)$:

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (1)$$

La funzione $U(x,f)$ può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x, f) = P(x, f) A(x, f) \quad (2)$$

dove $P(x,f)$ e $A(x,f)$ rappresentano rispettivamente lo spettro di fase e di ampiezza. Nella funzione $U(x,f)$ ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l’informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase $P(x,f)$. Nella funzione $P(x,f)$ sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione $A(x,f)$ contiene tutte le informazioni inerenti l’attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase la (2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\theta_k} A(x, f) \quad (3)$$

Dove $F=f/cf$ con f = frequenza angolare e cf = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione $|U(x,f)|$, otteniamo la funzione $V(f,\varphi)$:

$$V(f,\varphi) = \int e^{i\varphi x} [U(x,f) / |U(x,f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\varphi)x} [A(x,f) / |A(x,f)|] dx \quad (4)$$

La funzione $V(f,\varphi)$, ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza, applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase $cf = f/\varphi$.

La normalizzazione al modulo della funzione $|U(x,f)|$, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta ovvio che la funzione $V(f,\varphi)$ avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\varphi = F = f / cf \quad (5)$$

Per un dato valore di φ dove si verifica un massimo della funzione $V(f,\varphi)$, la velocità di fase cf può essere determinata.

Tenendo conto che $cf = f/\varphi$ la funzione $V(f,\varphi)$ può essere trasformata nella funzione $I(f,cf)$ che viene definita spettro di velocità di fase. In essa lungo l'asse cf appariranno dei picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f , permettono di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale risulta predominante a tutte le frequenze. Tuttavia esistono diverse stratigrafie, con strati rigidi compresi tra strati soffici o strati soffici compresi tra strati rigidi o con variazioni brusche di rigidità con la profondità, in cui i modi superiori al primo diventano predominanti in certi intervalli di frequenza (Roma, 2006). Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Nel nostro caso il processing dei dataset è stato condotto mediante il modulo MASW del Software ZondST2D.

6.3 Calcolo moduli dinamici

Una volta ottenute le tomografie sismiche in onde P ed SH, è stato possibile calcolare i moduli dinamici mediante i valori di V_p e V_{sh} estrapolati dall'indagine di sismica a rifrazione per ciascun sismostrato individuato.

Questa operazione ottenuta tramite il software *Surfer 11* ha permesso una mappatura 2D di tali parametri.

Il valore della densità, utilizzato per la stima dei moduli dinamici, è il risultato dell'applicazione della relazione di Nafe-Drake (Nafe & Drake, 1965).

Il modulo di Young E (o modulo di elasticità longitudinale) è definito a partire dalla legge di Hooke:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

σ : sforzo, viene misurato in pascal.

ε : deformazione, è una grandezza adimensionale, spesso la si esprime in percentuale.

Il modulo di Young viene determinato dal diagramma sforzo-deformazione (fig.4a) mediante la formula appena vista, nel tratto in cui il materiale subisce una deformazione elastica (ovvero rimuovendo lo sforzo il materiale deve essere in grado di ritornare alle dimensioni iniziali).

Il **modulo di taglio** μ , detto anche modulo di scorrimento, di rigidità o di elasticità tangenziale, è una costante di Lamè che esprime il rapporto sforzo-deformazione tangenziali (fig.4b).

Data una piastra di lunghezza indefinita di spessore h , perpendicolare all'asse x , sulle cui facce agisce una coppia di tensioni tangenziali (o di taglio) di verso opposto T_1 e $-T_1$, si produrrà uno spostamento $\delta l / 2$ nel senso delle z positive e $\delta l / 2$ nel senso opposto. In pratica è come se una faccia rimanesse ferma e si producesse uno spostamento di δl .

Lo spostamento totale δl sarà in relazione allo sforzo di taglio T_1 e allo spessore h secondo la relazione:

$$\delta l = \frac{1}{\mu} h T_1$$

dove μ è il modulo di taglio.

Considerando lo spostamento angolare α , ponendo l'angolo uguale alla sua tangente, la relazione diventerà semplicemente:

$$\alpha = \frac{T_1}{\mu}$$

Il **modulo bulk** k (o modulo di compressibilità) di una materiale definisce la capacità della stessa di resistere ad una forza di compressione uniforme. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo decremento di volume (fig.4c) secondo la relazione:

$$K = -V \frac{\partial p}{\partial V}$$

dove K è appunto il modulo di compressibilità, p la pressione e V il volume.

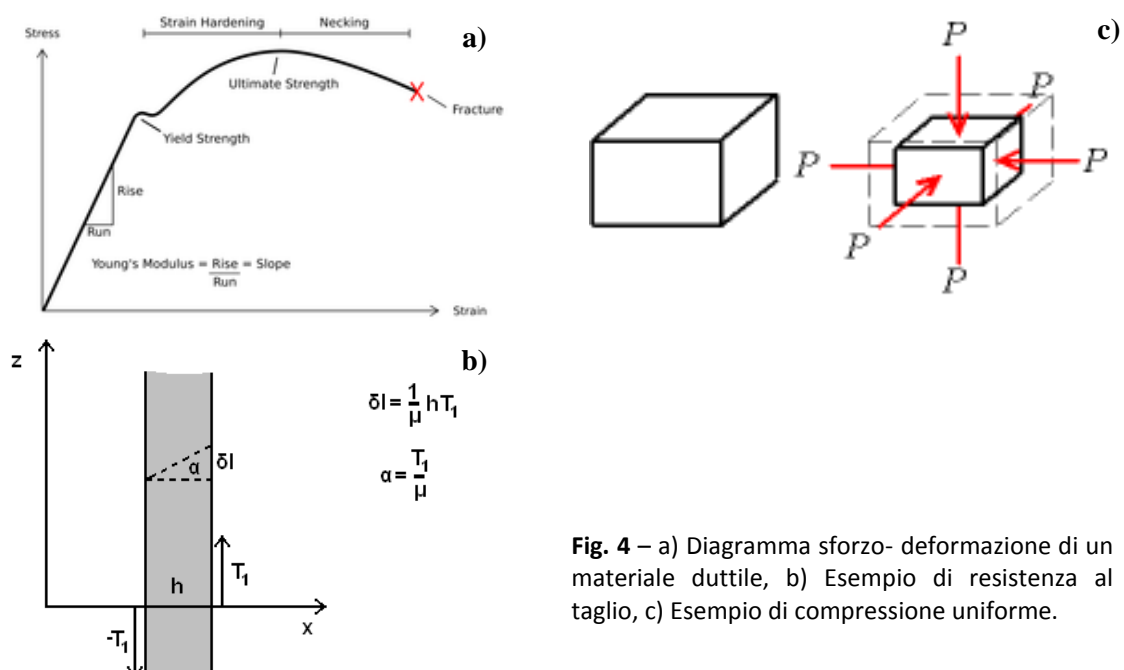


Fig. 4 – a) Diagramma sforzo- deformazione di un materiale duttile, b) Esempio di resistenza al taglio, c) Esempio di compressione uniforme.

Le correlazioni tra V_p , V_s e moduli dinamici, utilizzate nel presente lavoro, sono le seguenti:

Poisson	$\nu = (V_p^2 - 2 \cdot V_s^2) / 2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)$
Young	$E = [2 \cdot \gamma \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)] / 10000$
Shear	$G = (\gamma \cdot V_s^2) / 10000$
Bulk	$K = [\gamma \cdot V_p^2 - (4/3 \cdot V_s^2)] / 10000$

le quali restituiscono valori dei moduli in MPa. I valori di densità utilizzati per il calcolo dei moduli dinamici è stata fornita dalla committenza.

Le formule utilizzate per il calcolo dei parametri elastici si basano essenzialmente sulle proprietà sismiche dei terreni (V_p e V_s): i parametri elastici calcolati non sono pertanto sempre confrontabili con quelli ottenuti staticamente da prove in situ e di laboratorio.

E' inoltre opportuno ricordare che, nel caso di completa saturazione dei materiali attraversati dai treni d'onda la velocità di propagazione delle onde P misurata risulta essere quella caratteristica dell'acqua; ne consegue che il calcolo dei parametri elastici (ad eccezione del mod. di taglio) perde di significato.

7. Risultati

7.1.1 REF01– Sismica a rifrazione in onde P ed SH

L'indagine suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso da 3 unità sismostratigrafiche principali che presentano, dal punto di vista della risposta sismica, un assetto pressoché tabulare.

L'unità **Us** si estende per uno spessore variabile tra 2.0÷2.3 m e presenta V_p comprese tra 330÷580 m/s e V_s comprese tra 120÷190 m/s con aumenti localizzati di velocità sismiche nella porzione superficiale che individuano in questa porzione una, se pur lieve, inversione di V_s .

Segue l'unità **Us1** (V_p : 900÷1700 m/s, V_s : 140÷180 m/s) presenta un assetto tabulare con spessore variabile tra 4.0÷4.5 m ed una distribuzione di V_s piuttosto uniforme. Chiude la sequenza sismostratigrafica l'unità **Us2** caratterizzata da $V_p > 1800$ m/s, $V_s > 190$ m/s ed un incremento progressivo di velocità con la profondità entro la profondità raggiunta.

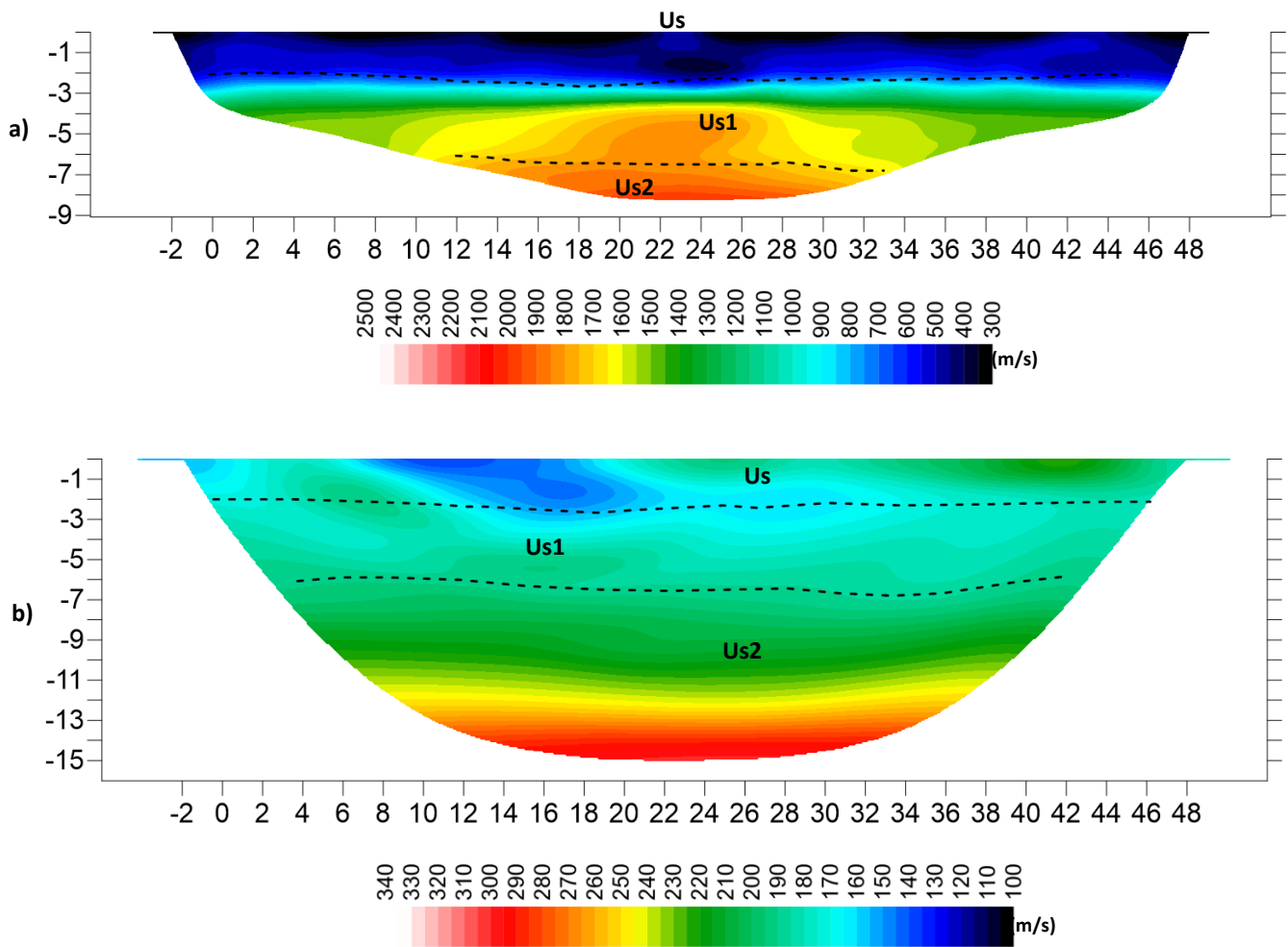


Fig. 5 – REF01, a) onde P, b) onde SH

7.1.2 Calcolo dei moduli dinamici

Considerando i risultati dell'indagine di sismica a rifrazione in onde P ed SH, effettuata lungo lo stendimento REF01, in termini di distribuzione dei valori di V_p e V_{sh} , è stato possibile effettuare una stima dei valori dei moduli dinamici (cap.6.3) caratterizzanti le unità, riassunti nella seguente tabella (*Tab III*):

Unità	Spessore (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	ν -Poisson	E -Young (MPa)*	G-Shear (MPa)	K-Bulk (MPa)*
Us	2.0-2.3	330÷580	120÷190	0.42-0.43	80-150	30-50	190-680
Us1	4.0-4.5	900÷1700	140÷180	0.48-0.49	130-180	40-65	1000-6700
Us2	-	>1800	>190	0.49	>190	>65	>6800

* incertezza dovuta alla saturazione (Par. 6.3)

Tab. IV -Tabella rappresentativa dei moduli dinamici calcolati (valori rappresentativi per ogni sub unità).

7.1.3 Associazioni litostratigrafiche

L'unità **Us** che presenta valori di velocità sismiche associabile a terreno organico con clasti che giustificano gli incrementi di Vs localizzati nella porzione superficiale.

L'unità **Us1** risulta assimilabile a limo argilloso-sabbioso con scarsa consistenza in aumento con la profondità. L'unità **Us2** risulta compatibile con un litotipo sabbioso-limoso caratterizzato da un miglioramento progressivo delle proprietà tecniche in profondità.

7.2.1 MASW

L'analisi in frequenza è stata condotta sino ad una frequenza di 40 Hz sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

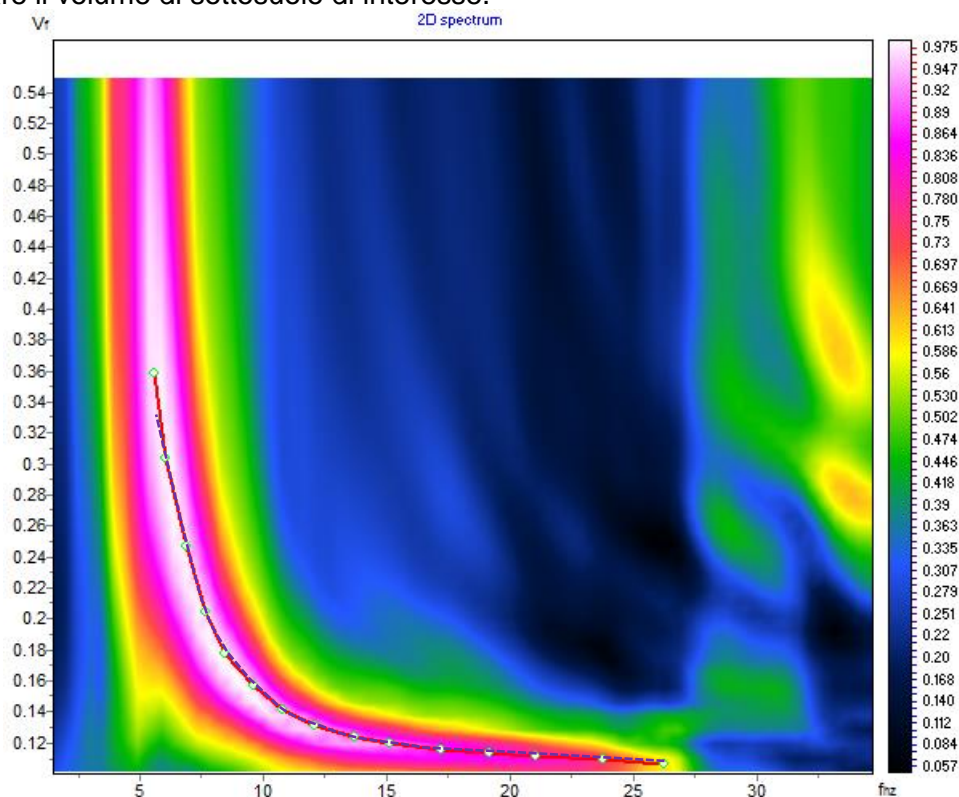


Fig. 6 – Spettro frequenza/velocità di fase. Sovraimposti sono i picking del I modo (rosso) con la relativa curva di dispersione sintetica (tratteggio).

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal I modo di vibrazione e presenta dei chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione (fig.7).

Infatti si riconosce dall'alto verso il basso una unità di copertura (Us) dello spessore medio di circa 2.4 m, con Vs variabile tra 150 m/s al *top* e 110 m/s al *bottom*, costituendo di fatto una, se pur lieve, inversione di velocità limitata nella porzione superficiale, analogamente a quanto suggerito dall'indagine di sismica a rifrazione.

Segue, attraverso un contatto netto, l'unità sismostratigrafica Us1 spessa circa 4.0 m con Vs variabile tra 150-160 m/s.

Chiude la sequenza l'unità Us2 caratterizzata da Vs maggiori di 180 m/s in aumento progressivo con la profondità.

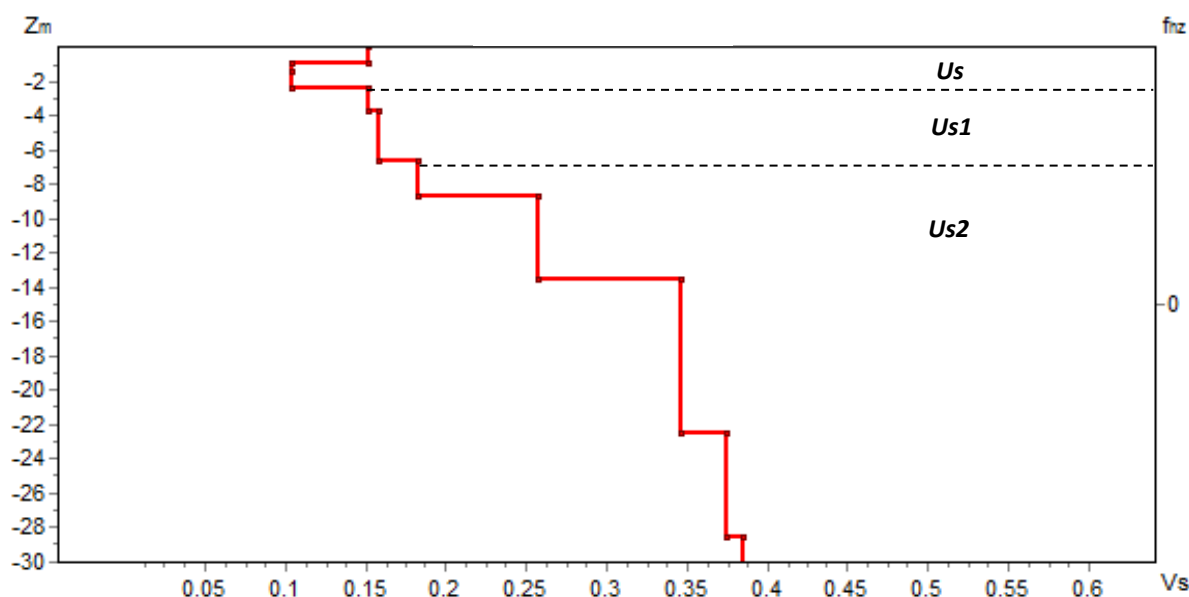


Fig. 7 - Profilo di Vs (Km/s).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0.0	1.0	150
2	1.0	1.4	110
3	2.4	1.4	150
4	3.8	2.9	160
5	6.7	2.0	180
6	8.7	4.8	260
7	13.5	9.0	350
8	22.5	6.0	370
9	28.5	-	380

Tab. V - tabella riepilogativa: andamento della velocità delle onde (Vs) con la profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 14 gennaio 2008, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. "Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche", facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che "... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento". Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel "volume significativo", ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di

propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse. Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

Categoria di suolo		
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$ ovvero $N_{SPT,30} > 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} > 250$ kPa (terreni a grana fina)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $70 < c_{u,30} < 250$ kPa (terreni a grana fina)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	$V_{s,30} < 180$ m/s ovvero $N_{SPT,30} < 15$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} < 70$ kPa (terreni a grana fina)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>	

Tab. VI - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

Sono, inoltre, definite ulteriori due categorie che prevedono specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche</i>	$V_{s,30} < 100$ m/s ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>	

Tab. VII - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

Vs_i velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde "S", misurata da piano campagna, è possibile evidenziare che il valore Vs_{30} , calcolato da p.c., è risultato essere pari a circa **195 m/s** consentendo, per l'area in esame, la definizione di un suolo appartenente alla **categoria C**.

8. BIBLIOGRAFIA

Aki, K. and Richards, P.G. (1980) - *Quantitative Seismology, Theory and Methods* Vol. 1-2 W.H. Freeman & Co., New York.

Brückl, E. (1987) - *The interpretation of traveltime fields in refraction seismology.* Geophys Prospect., Vol. 35, 973 – 992.

Gebrande, H. and Miller, H. (1985) - *Refraktionsseismik* (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II*. Ferdinand Enke, Stuttgart; p. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.

Hagedoorn J.G. (1959) - *The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections.* Geophysical Prospecting, Vol. 7, p. 158-182.

Jones, G.M. and Jovanovich, D.B. (1985) - *A ray inversion method for refraction analysis.* Geophysics, Vol. 50, p. 1701-1720.

Nafe, J.E., and Drake, C., (1965) – *Interpretation theory in applied geophysics.* Grant & West .

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia J., (1999) - *Multichannel Analysis of surface waves* - Geophysics, 64, 800-808.

Roma, V., (2006) – *Caratterizzazione sismica dei suoli con Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* http://www.masw.it/downloads/Opuscolo_MASW_22_Gen_2007.pdf. microtremor on the ground surface, QR of RTI, 30, 25-33.

ALLEGATO I
Elaborati Indagini geofisiche



	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
	Shot1		Shot6		
REF01	596334.02	4580599.15	596293.21	4580626.98	50

Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia -- 23/03/2015

CTR



Lavoro:

Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:

REF01

Data esecuzione:

16/03/2015

Tavola 1:

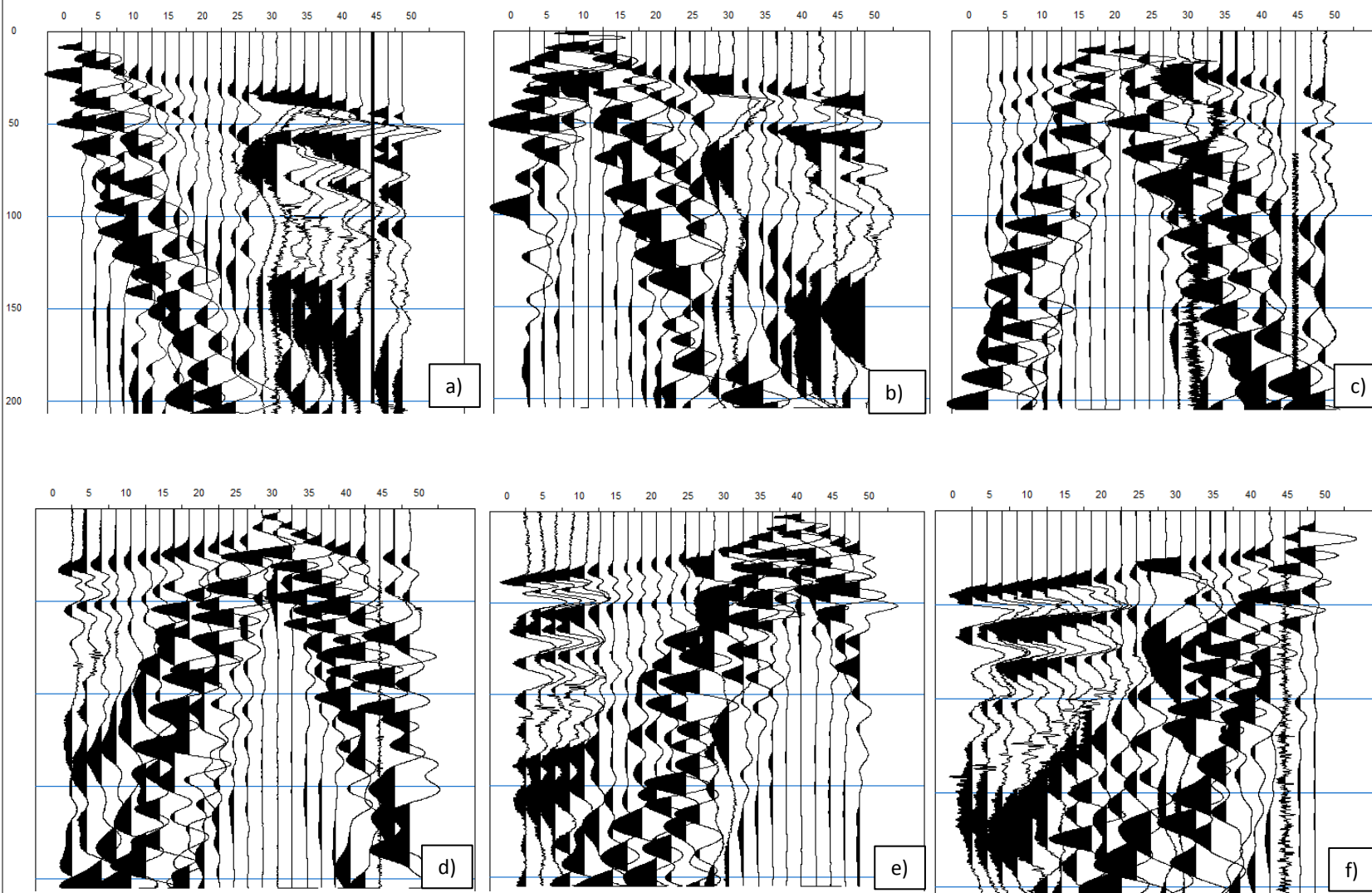
Ubicazione indagine

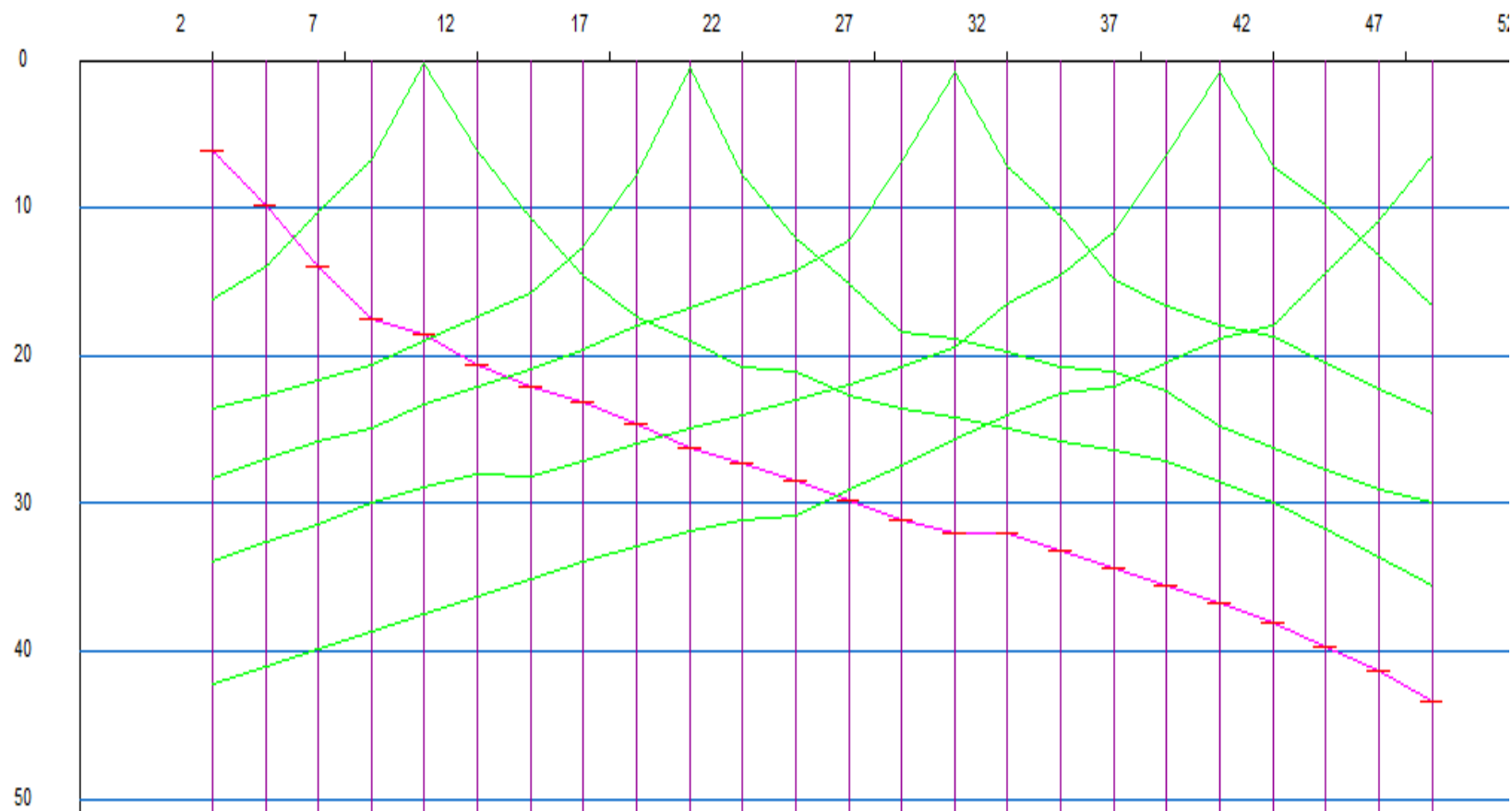
REF01

Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 2:
Sismogrammi onde P





Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 3:
Dromocrone (P)

ONDE P						
	SH01	SH02	SH03	SH04	SH05	SH06
	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]
G1	6.189301	16.230453	23.542753	28.342022	33.867508	42.244133
G2	9.852157	13.964573	22.636539	27.025148	32.599636	41.050419
G3	14.022252	10.357489	21.630251	25.708277	31.331764	39.856709
G4	17.514402	6.750403	20.62396	24.908766	29.875444	38.662994
G5	18.502058	0.131687	18.952148	23.343428	28.91601	37.469284
G6	20.616749	6.189301	17.348999	22.143015	27.956575	36.27557
G7	22.155951	10.716048	15.745851	20.852219	28.207764	35.08186
G8	23.097942	14.485597	12.632652	19.561422	27.086643	33.916431
G9	24.678188	17.291107	7.808005	17.984346	25.965521	32.905182
G10	26.258436	19.008768	0.526749	16.706205	24.8444	31.89393
G11	27.264227	20.726427	7.769547	15.428064	23.97893	31.185246
G12	28.494137	21.06996	12.05004	14.20242	22.912262	30.739407
G13	29.724045	22.749157	15.190781	12.152851	21.939095	29.051107
G14	31.082697	23.485712	18.331522	6.847737	20.662743	27.36281
G15	32.029041	24.222269	18.834682	0.790123	19.386389	25.674511
G16	32.067314	24.958824	19.754223	7.111111	16.490641	23.986214
G17	33.226017	25.695379	20.673763	10.500462	14.579053	22.576807
G18	34.384716	26.431934	21.053499	14.872985	11.562356	22.105206
G19	35.543419	27.168491	22.442387	16.609425	6.371048	20.462374
G20	36.740742	29.90955	24.741108	17.9461	0.790123	18.819542
G21	38.074131	31.771097	26.189667	18.743336	7.111111	17.890478
G22	39.677845	33.632645	27.638227	20.470894	9.858034	14.362487
G23	41.281563	35.494194	29.086786	22.198452	13.253429	10.834495
G24	43.349213	16.230453	29.891577	23.92601	16.648825	6.452675

Lavoro:

Progetto per la realizzazione di nuove costruzioni di E.R.P. nel comune di Margherita di Savoia (BAT)

Indagine:

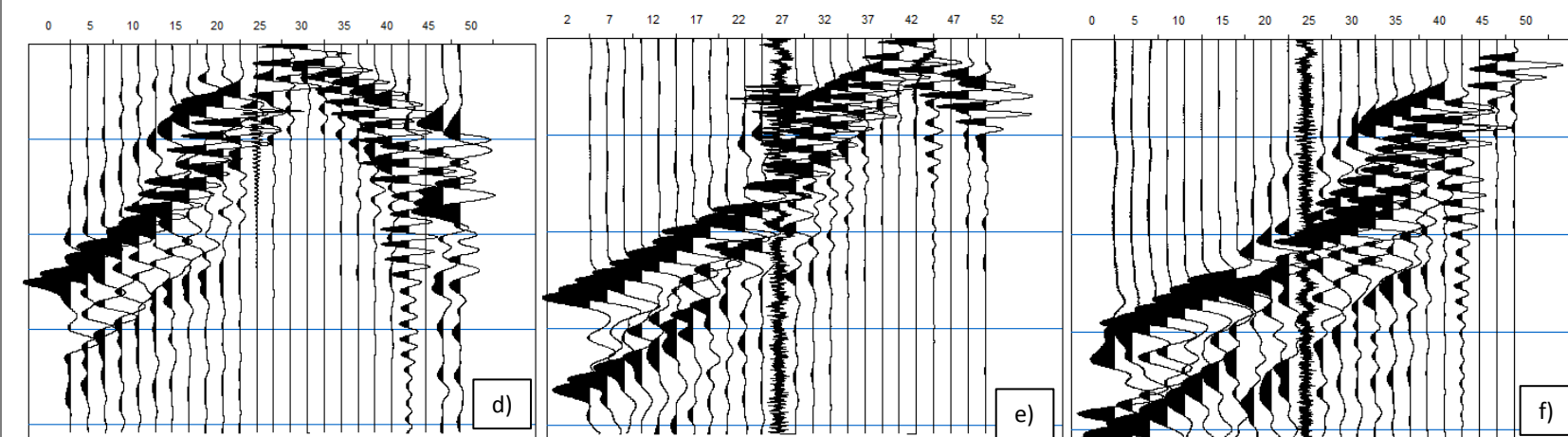
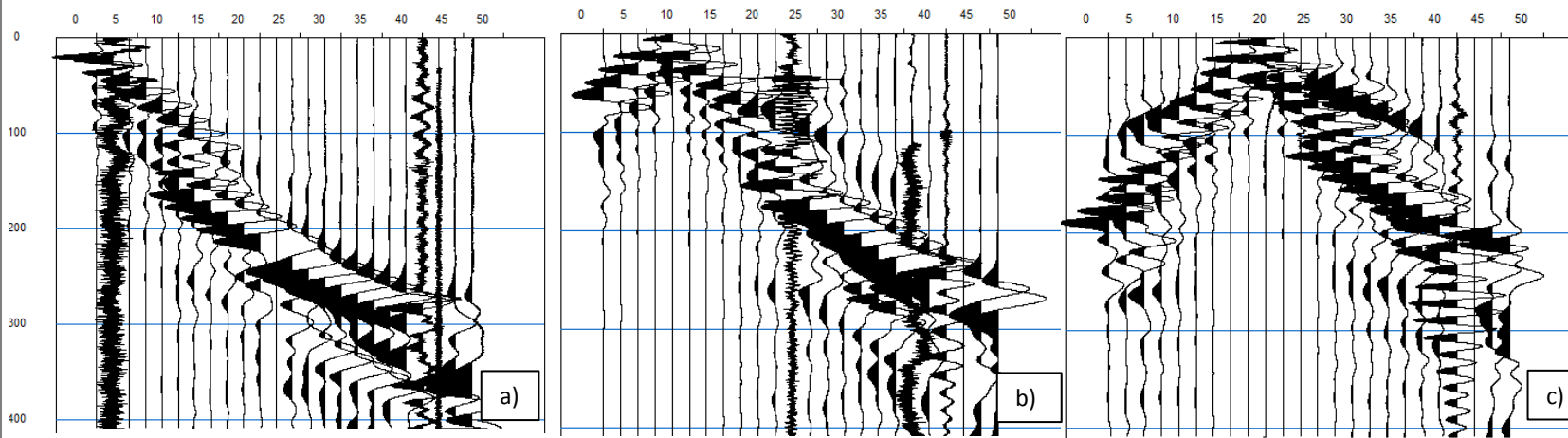
REF01

Data esecuzione:

16/03/2015

Tavola 4:

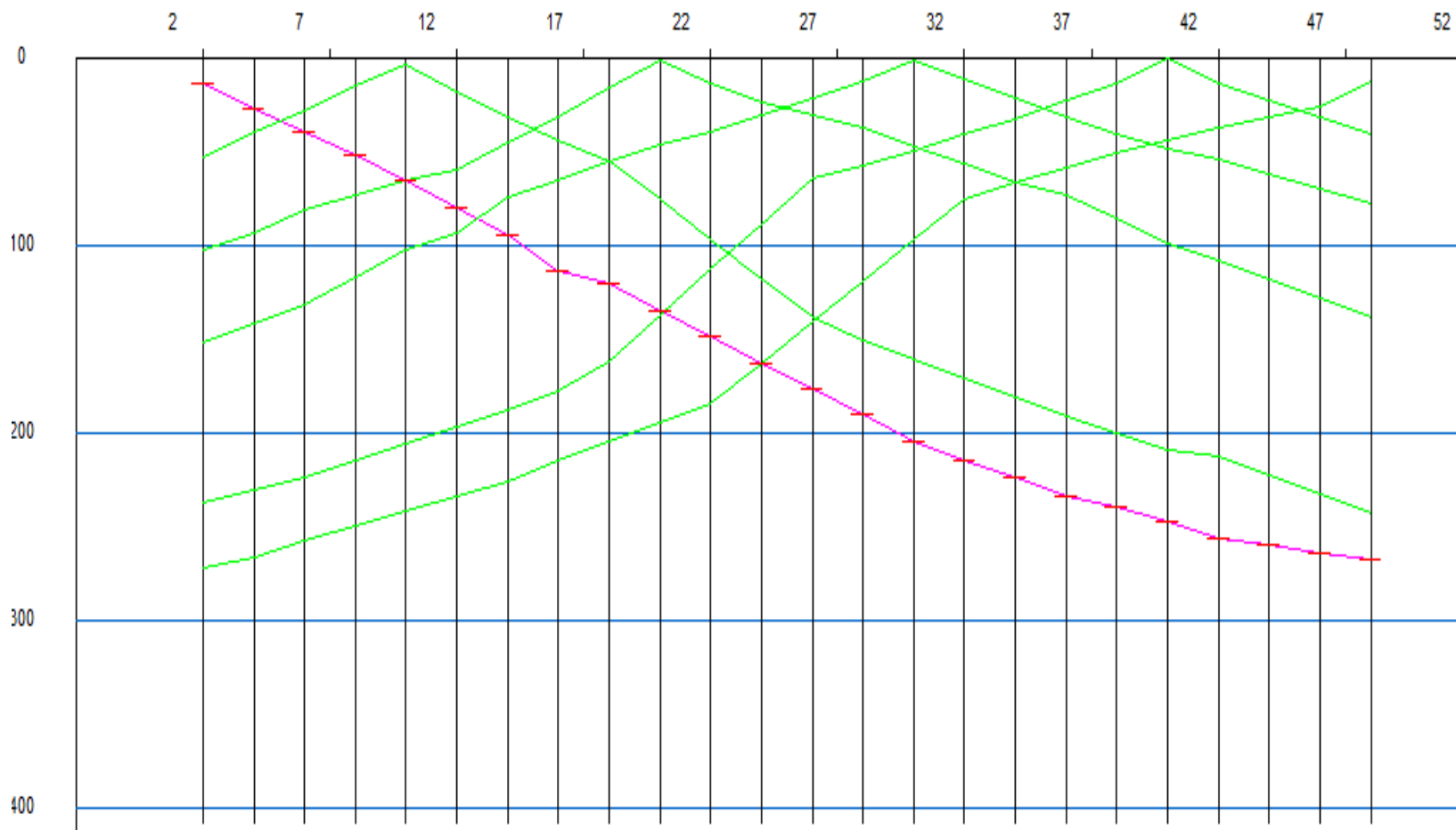
Tabella FBP



Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 5:
Sismogrammi
onde SH



Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di
nuove costruzioni di
E.R.P. nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 6:
Dromocrone (SH)

ONDE SH						
	SH01	SH02	SH03	SH04	SH05	SH06
	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]	first break [msec]
G1	14.477576	53.333332	102.666664	151.578949	237.555557	272.572693
G2	26.889696	40.086021	93.109146	141.754379	230.888885	265.861298
G3	39.301819	28.795322	80.949493	131.929825	224.222229	257.050049
G4	51.71394	15.193416	73.131317	117.30159	215.030441	249.57753
G5	65.742798	4.021545	65.313133	102.777779	206.053543	242.105011
G6	80.00206	18.98477	59.783417	93.037041	197.076645	234.632477
G7	94.261314	31.370558	45.570217	74.420929	188.099747	225.67421
G8	113.621056	44.266666	31.357018	65.137657	177.661011	215.38295
G9	121.327515	55.150829	16.68519	55.854378	162.023087	205.09169
G10	135.184219	76.044685	2.101856	46.571102	137.542206	194.80043
G11	149.040909	96.938538	14.62911	39.134739	113.061333	184.765427
G12	162.897614	117.832397	24.206573	30.363974	88.58046	162.987656
G13	176.754303	138.726257	30.666666	21.593208	64.099586	141.209869
G14	190.611008	151.090118	38.091335	12.822444	57.6092	119.432091
G15	204.467697	161.168869	47.67062	1.777778	49.333336	97.654312
G16	214.532974	171.247604	57.249908	12.113618	41.057476	75.876534
G17	224.289063	181.326355	66.829193	21.73768	32.781612	66.420303
G18	233.87822	191.631027	73.540733	31.361742	22.553959	58.630043
G19	239.375504	200.687637	85.985184	40.985806	13.367361	50.839779
G20	247.307129	209.744232	98.815353	48.888889	0.444444	44.308681
G21	256.416077	213.100952	108.827385	53.905907	14.102946	38.199593
G22	260.00946	223.035583	118.839417	62.074074	22.920839	32.090504
G23	263.602814	232.97023	128.872192	70.242241	31.738731	25.981411
G24	267.196198	242.904861	138.261871	78.410408	40.556622	12.788643

Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

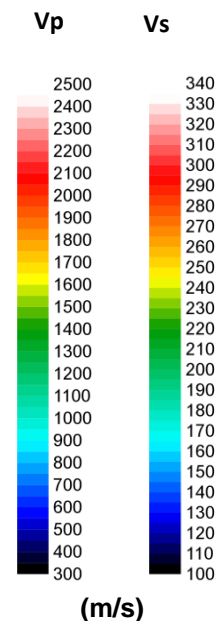
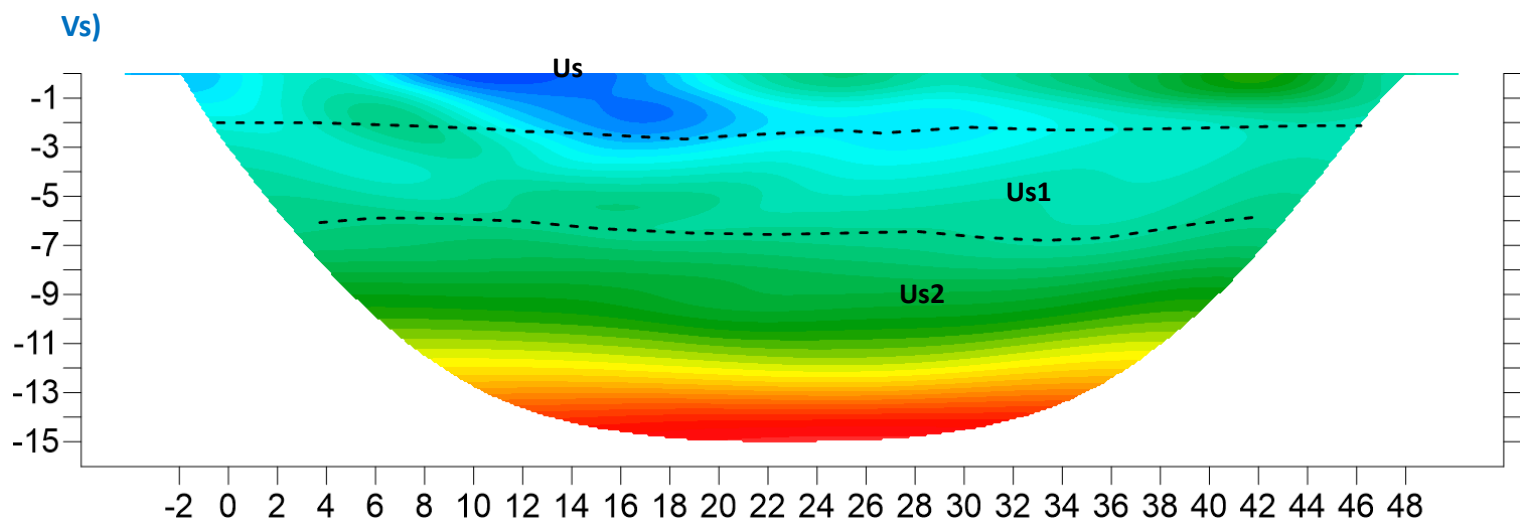
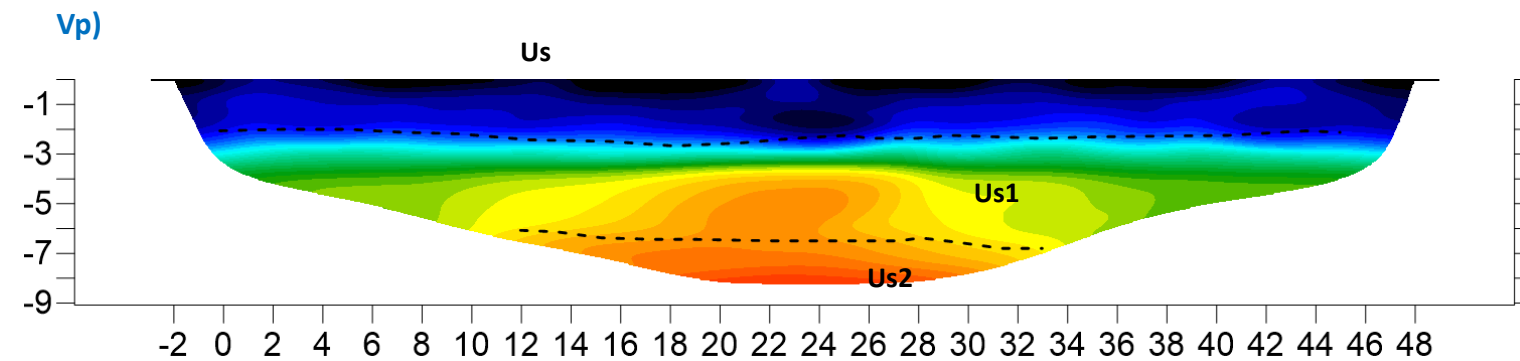
Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 7:
Tabella FBP

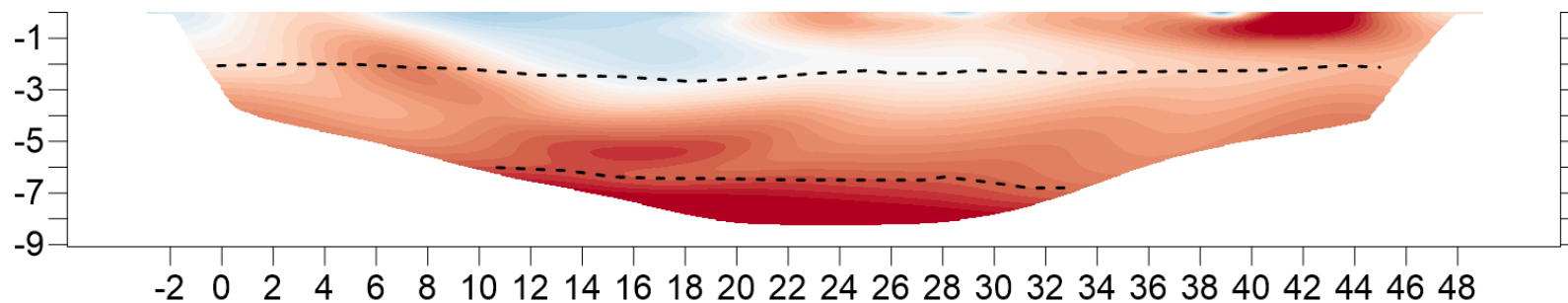
Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di nuove
costruzioni di E.R.P.
nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01
Data esecuzione:
16/03/2015

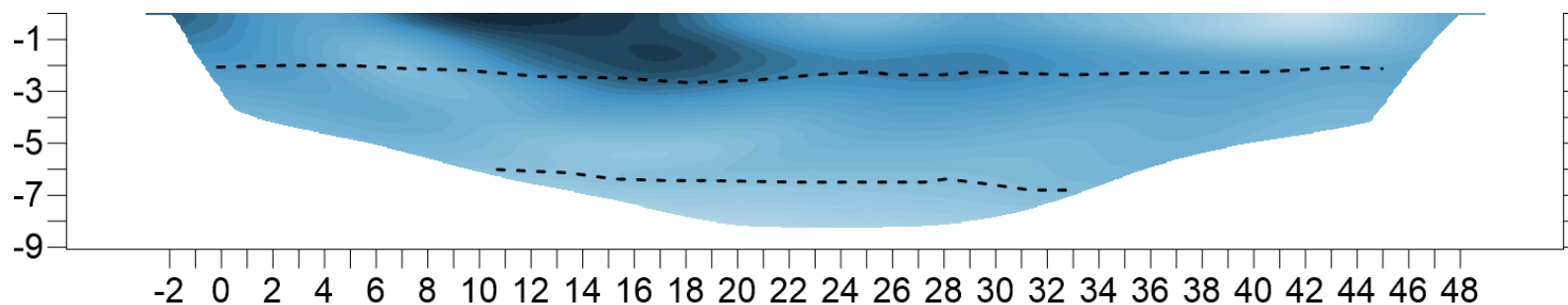
Tavola 8: Tomografia
sismica



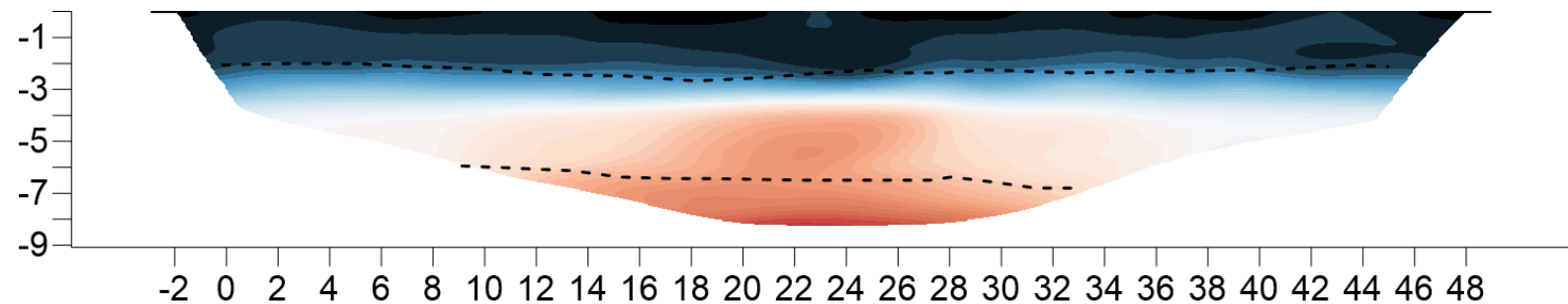
Mod. Young)



Mod. Shear)



Mod. Bulk)

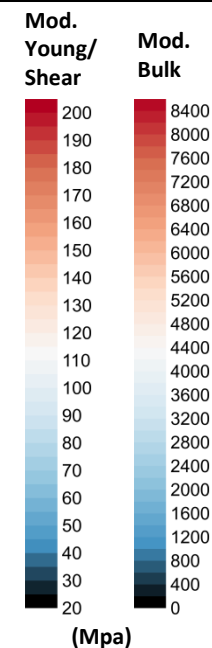


Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di
nuove costruzioni di
E.R.P. nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
REF01

Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 9: Modulo di
Young, Shear e Bulk



	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
	geofono 1		geofono 24		
MASW01	596331.87	4580599.10	596295.02	4580626.24	46

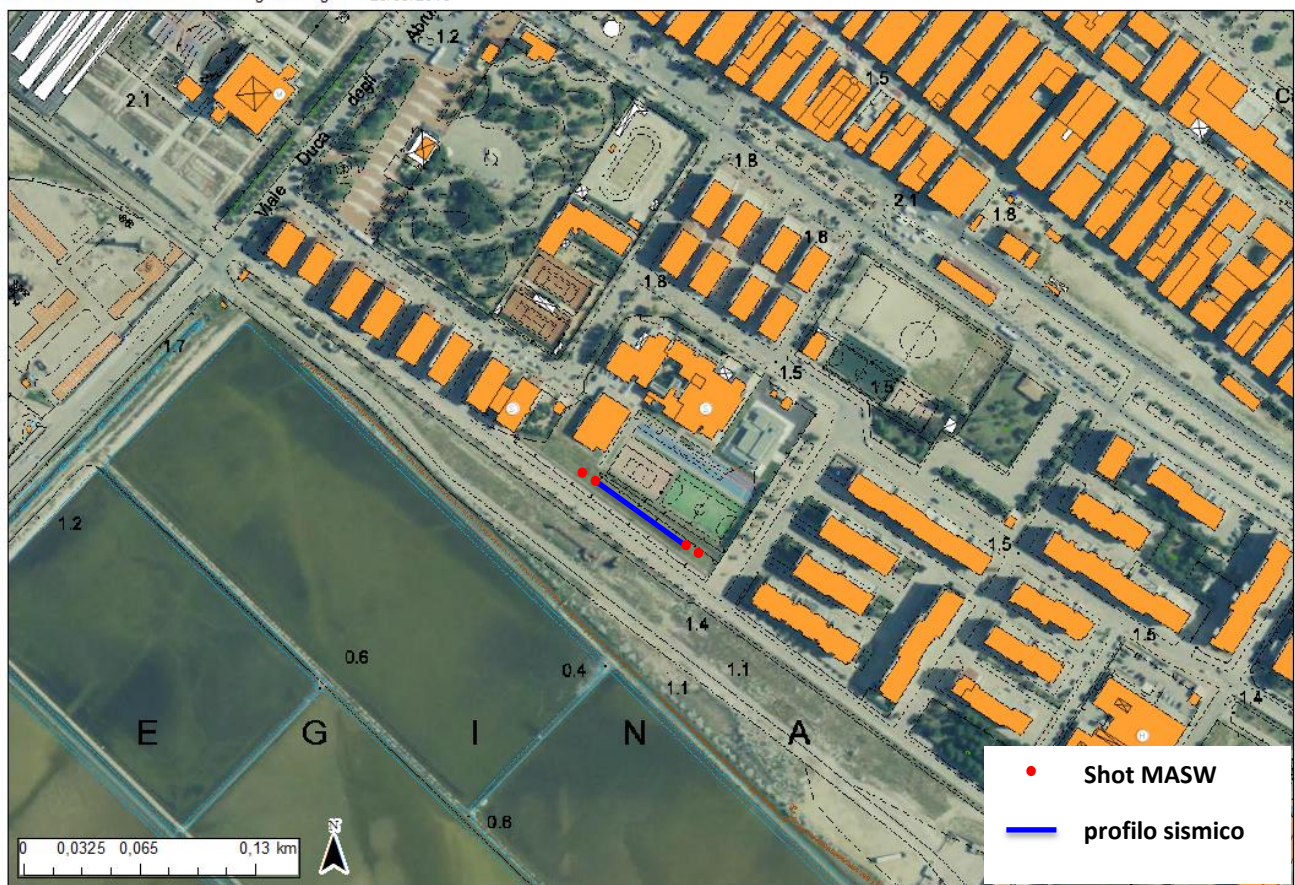
Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di
nuove costruzioni di
E.R.P. nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

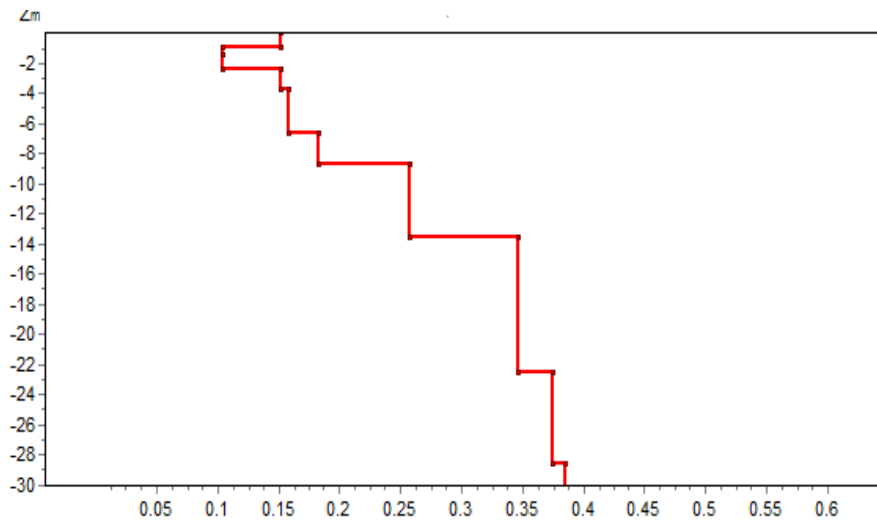
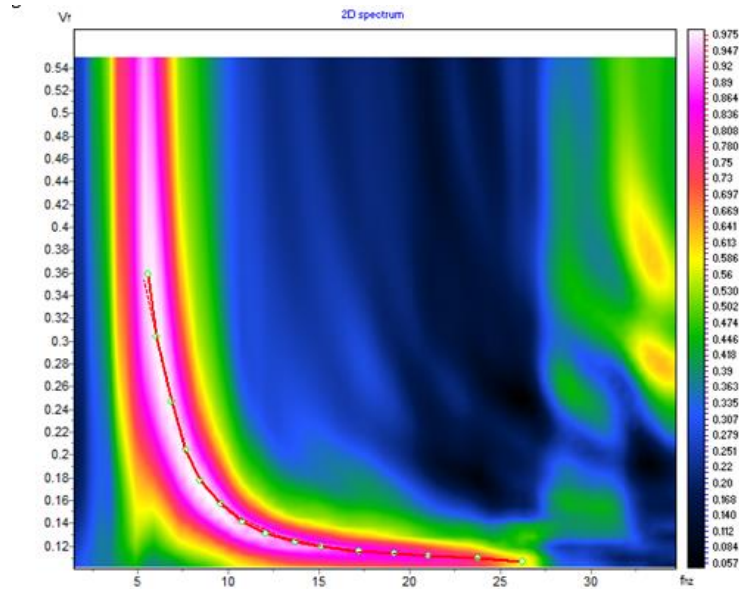
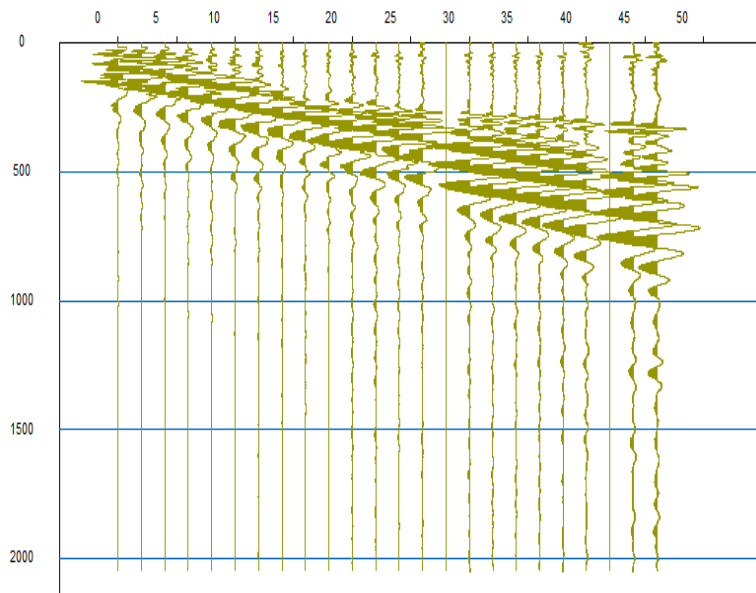
Indagine:
MASW01
Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 10:
Ubicazione indagini
MASW01

Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia -- 23/03/2015

CTR





Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0.0	1.0	150
2	1.0	1.4	110
3	2.4	1.4	150
4	3.8	2.9	160
5	6.7	2.0	180
6	8.7	4.8	260
7	13.5	9.0	350
8	22.5	6.0	370
9	28.5	-	380

Lavoro:
Progetto per la
realizzazione di
nuove costruzioni di
E.R.P. nel comune di
Margherita di Savoia
(BAT)

Indagine:
MASW01

Data esecuzione:
16/03/2015

Tavola 11:
Sismogrammi, spettro
F-V, profilo Vs e
tabella
sismostratigrafia

ALLEGATO II
Documentazione fotografica





Lavoro:

Progetto per la
realizzazione di
nuove costruzioni di
E.R.P. nel comune
di Margherita di
Savoia (BAT)

Indagine:

REF01 – MASW01

Data esecuzione:

16/03/2015

Tavola 1:

Foto indagine sismica
REF01-MASW01



ALLEGATO 4 – PROVE DI LABORATORIO

- CERTIFICATI DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.00-8.50



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00048	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

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

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00049	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 21,4 kN/m³



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00050	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 20/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 20/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,45

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,43

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23,3 °C

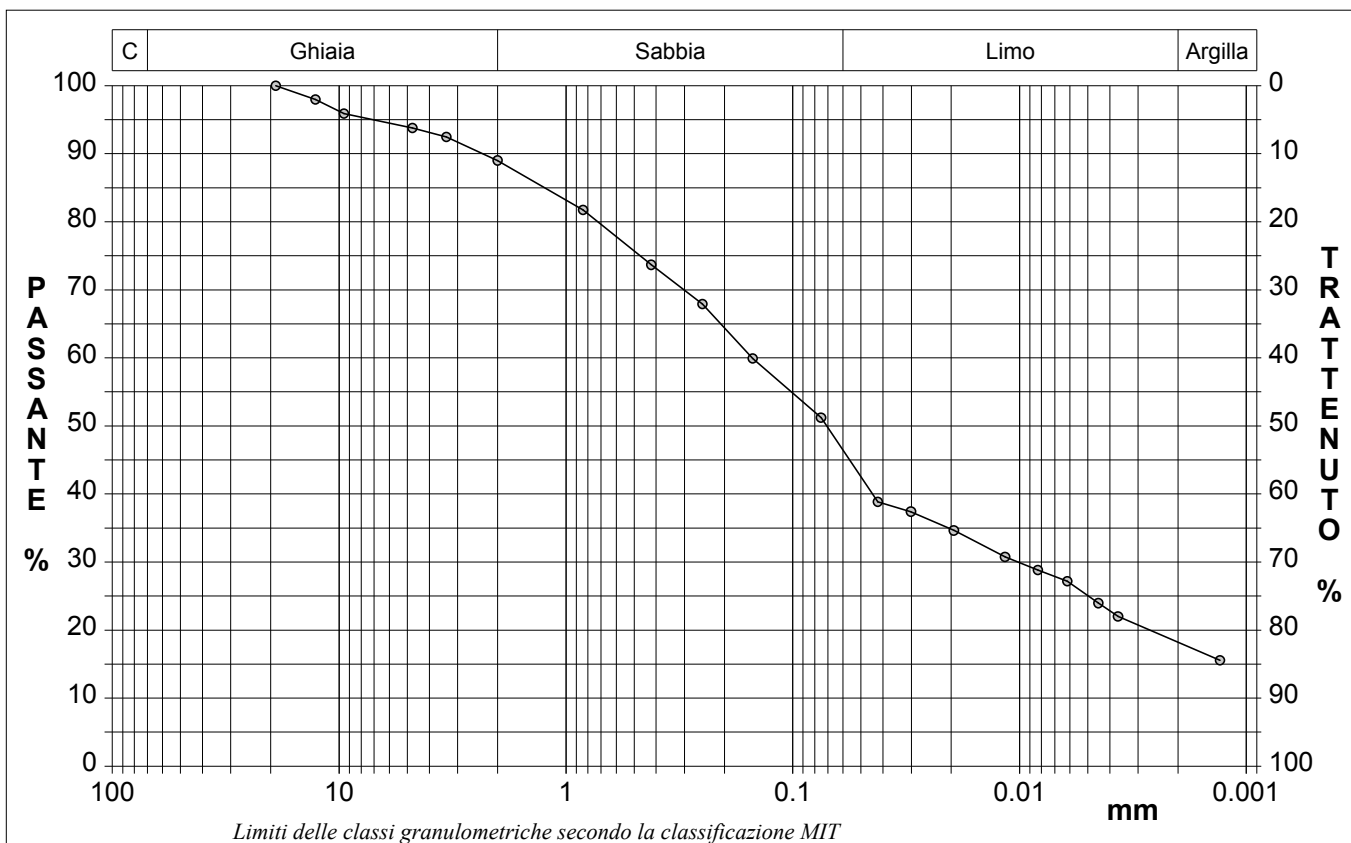
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00051	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 17/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 20/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	11,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	89,0 %	D10	---	mm
Sabbia	42,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	73,1 %	D30	0,01017	mm
Limo	28,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	51,2 %	D50	0,07091	mm
Argilla	18,2 %			D60	0,15075	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	2,32458 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	2,0000	89,00	0,0750	51,20	0,0083	28,82		
12,7000	97,98	0,8410	81,76	0,0421	38,86	0,0062	27,20		
9,5200	95,89	0,4200	73,68	0,0301	37,40	0,0045	23,96		
4,7500	93,79	0,2500	67,89	0,0195	34,65	0,0037	22,02		
3,3600	92,45	0,1500	59,92	0,0116	30,76	0,0013	15,54		



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00051	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 17/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 20/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	8.00-8.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

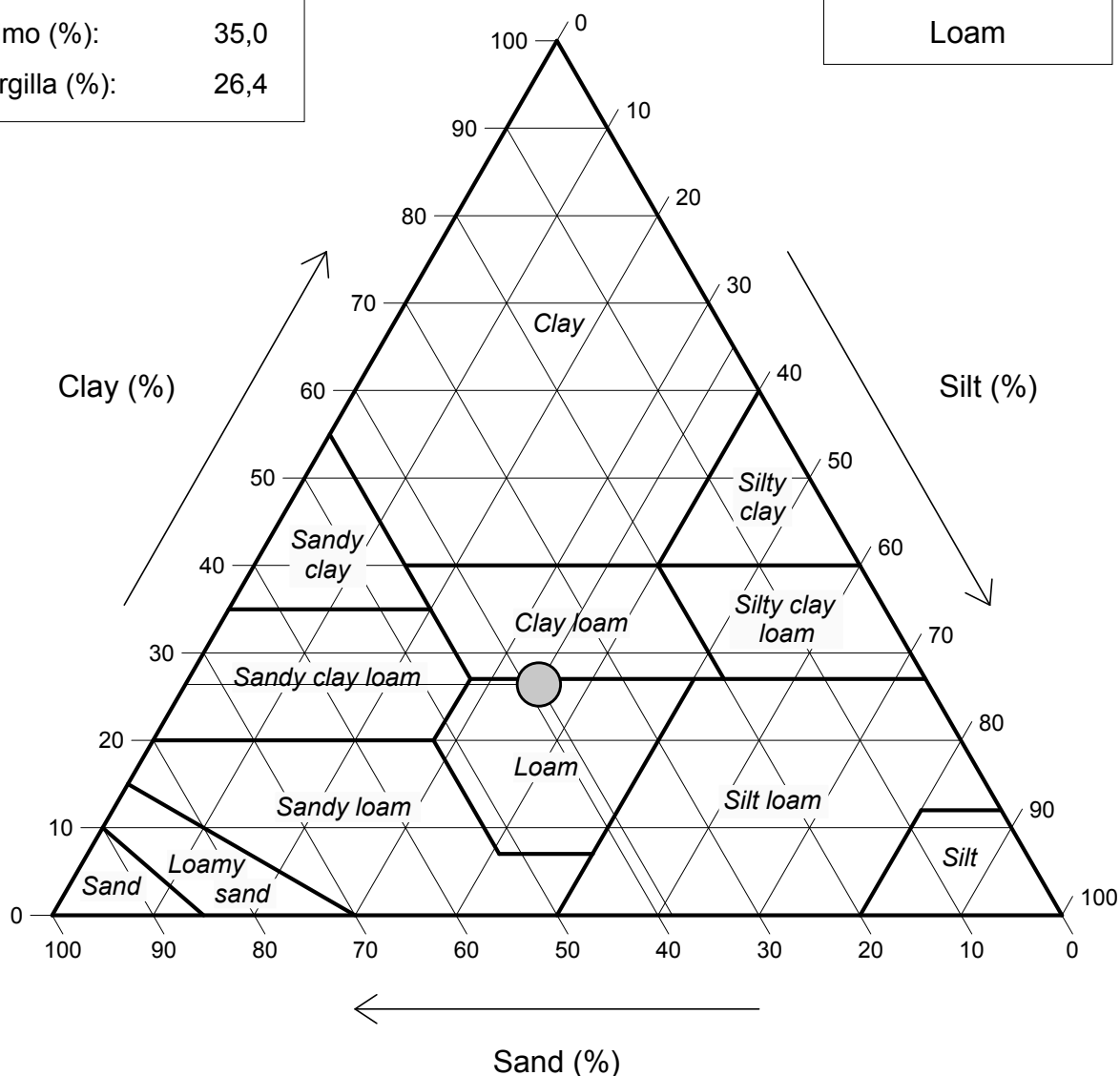
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 38,6

Limo (%): 35,0

Argilla (%): 26,4

Loam



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00052 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 19/03/15
Apertura campione: 16/03/2015 Fine analisi: 23/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.00-8.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	250	400
Tensione a rottura (kPa):	65	128	214
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4,01 -0,08	3,97 0,08	4,90 -0,08
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15,4 15,5	16,2 16,3	15,2 15,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	21,5 21,5	21,3 21,3	21,4 21,4
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	98,5 98,7	98,5 98,8	96,2 98,8

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,024 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

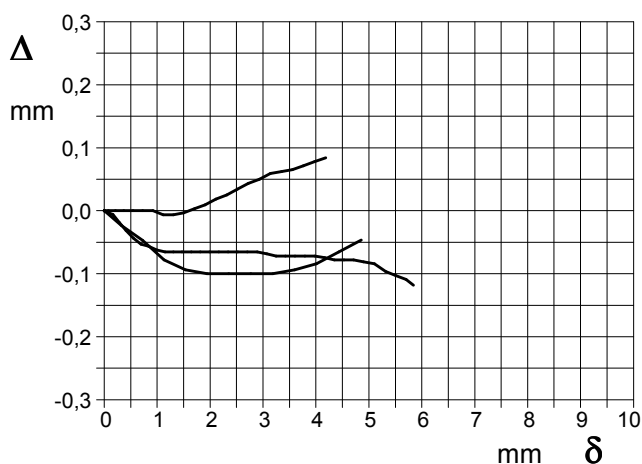
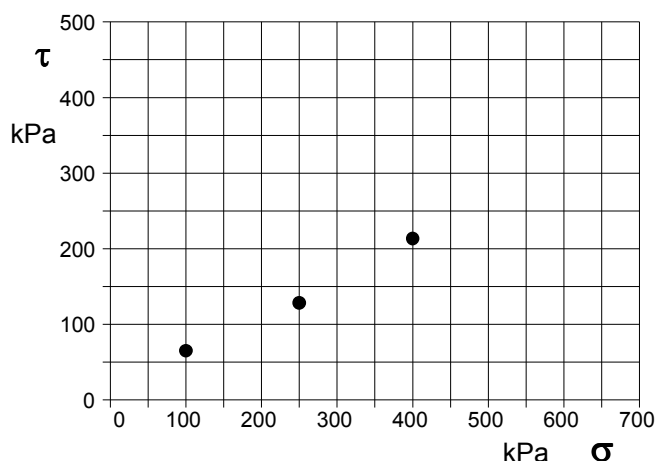


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

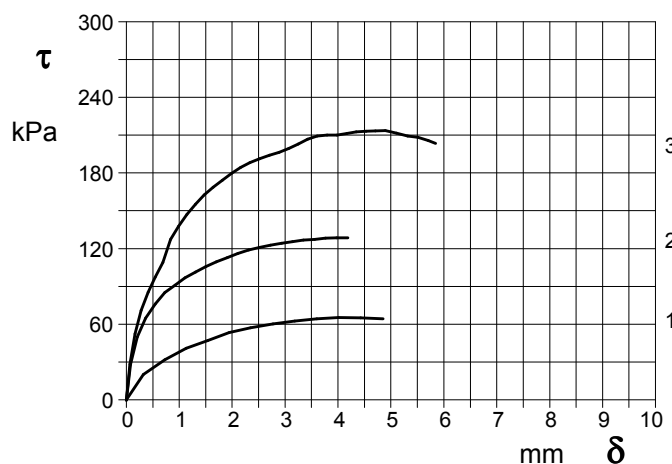


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00052	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 19/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 16/03/2015	Fine analisi: 23/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 2

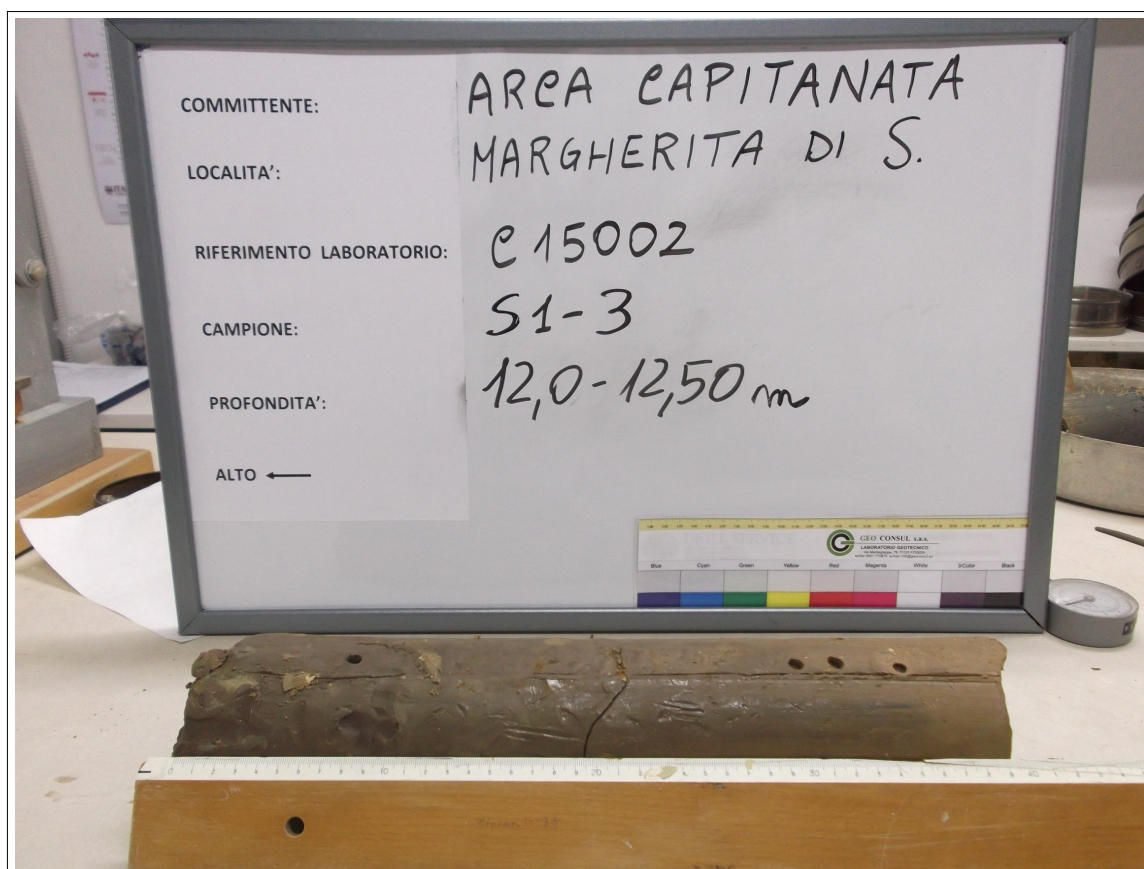
PROFONDITA': m 8.00-8.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

[illegible]

COMMITTENTE: Dott. Sorbello		
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 12.0-12.50



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00009	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 14/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 12.0-12.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 29,2 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00010	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 12.0-12.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,1 kN/m³

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00011	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 17/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	12.0-12.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,56

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,53

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,7 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00012	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 17/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 18/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: 3
PROFONDITA': m 12.0-12.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

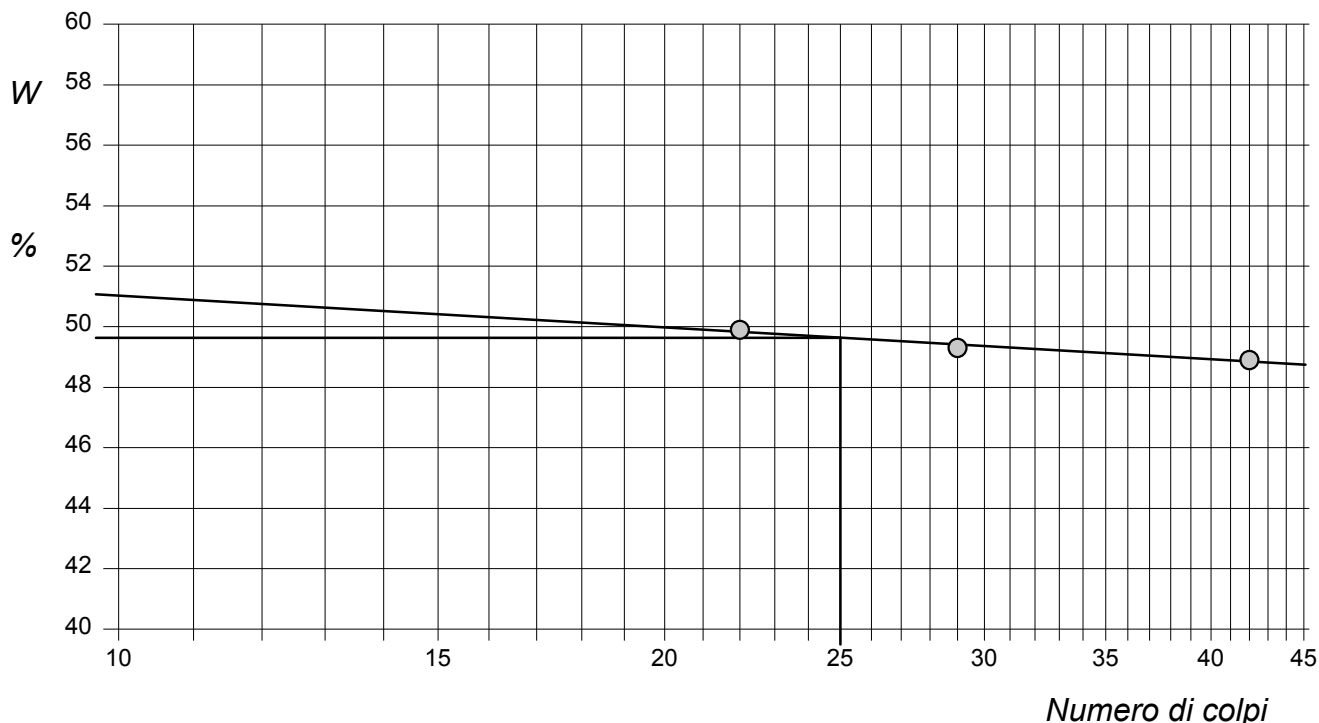
Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	49,6 %
Limite di plasticità	24,0 %
Indice di plasticità	25,6 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
 granulometrica passante al setaccio
 n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	22	29	42		Umidità (%)	24,0	
Umidità (%)	49,9	49,3	48,9		Umidità media (%)	12,0	

Determinazione del Limite di liquidità



**GEO CONSUL s.a.s.****LABORATORIO GEOTECNICO**Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.euAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIACertificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00012** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 17/03/15

Apertura campione: 13/03/2015

Fine analisi: 18/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.0-12.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	49,6	
Limite di plasticità	24,0	
Indice di plasticità	25,6	%
Indice di consistenza	0,80	%
Passante al set. n° 40	SI	%

C - Argille inorganiche

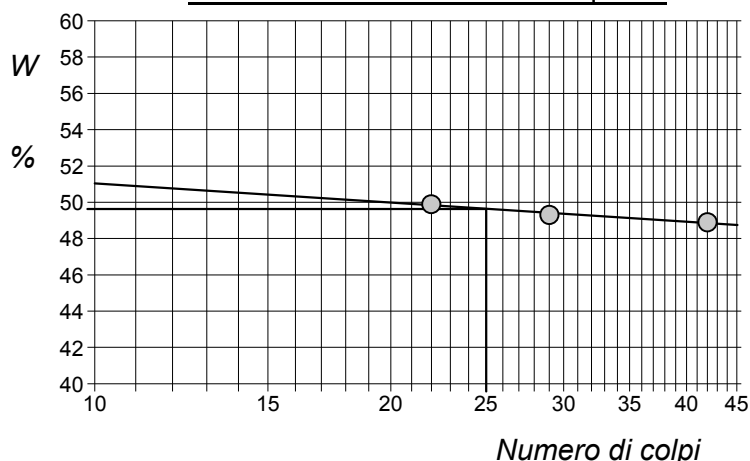
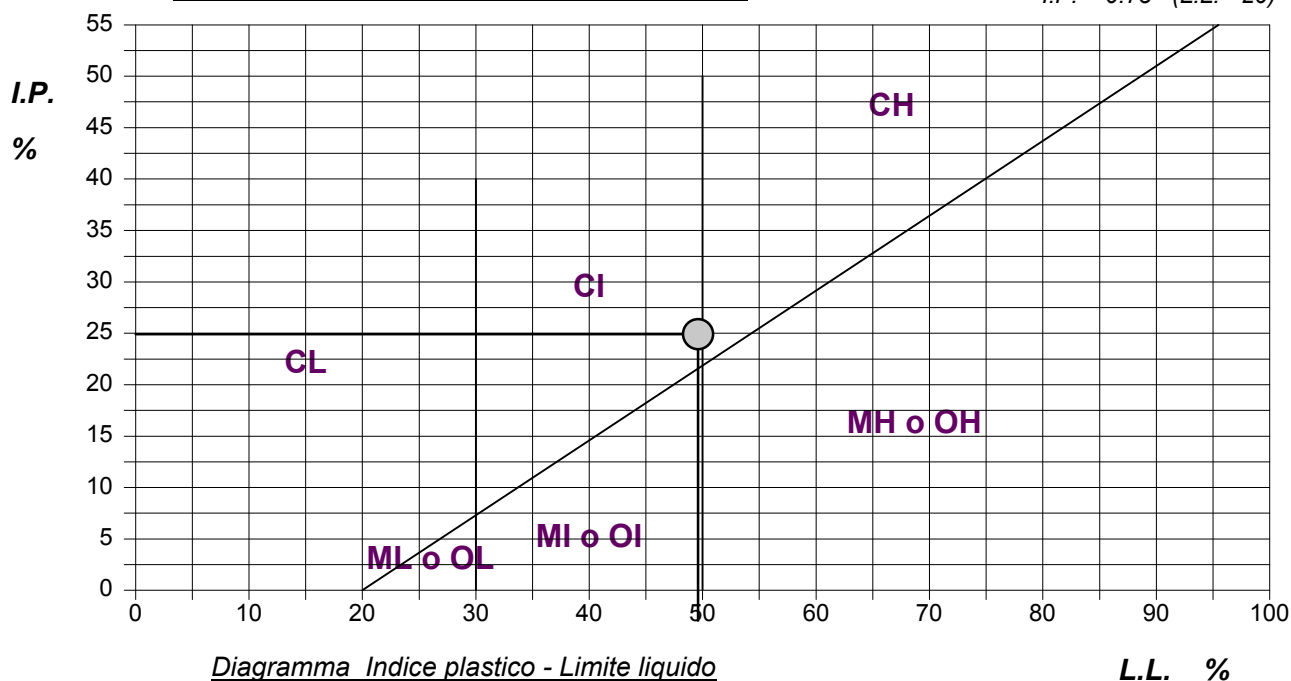
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

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

**GEO CONSUL s.a.s.**LABORATORIO GEOTECNICO
Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.euAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIACertificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00013** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 14/03/15

Apertura campione: 13/03/2015

Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

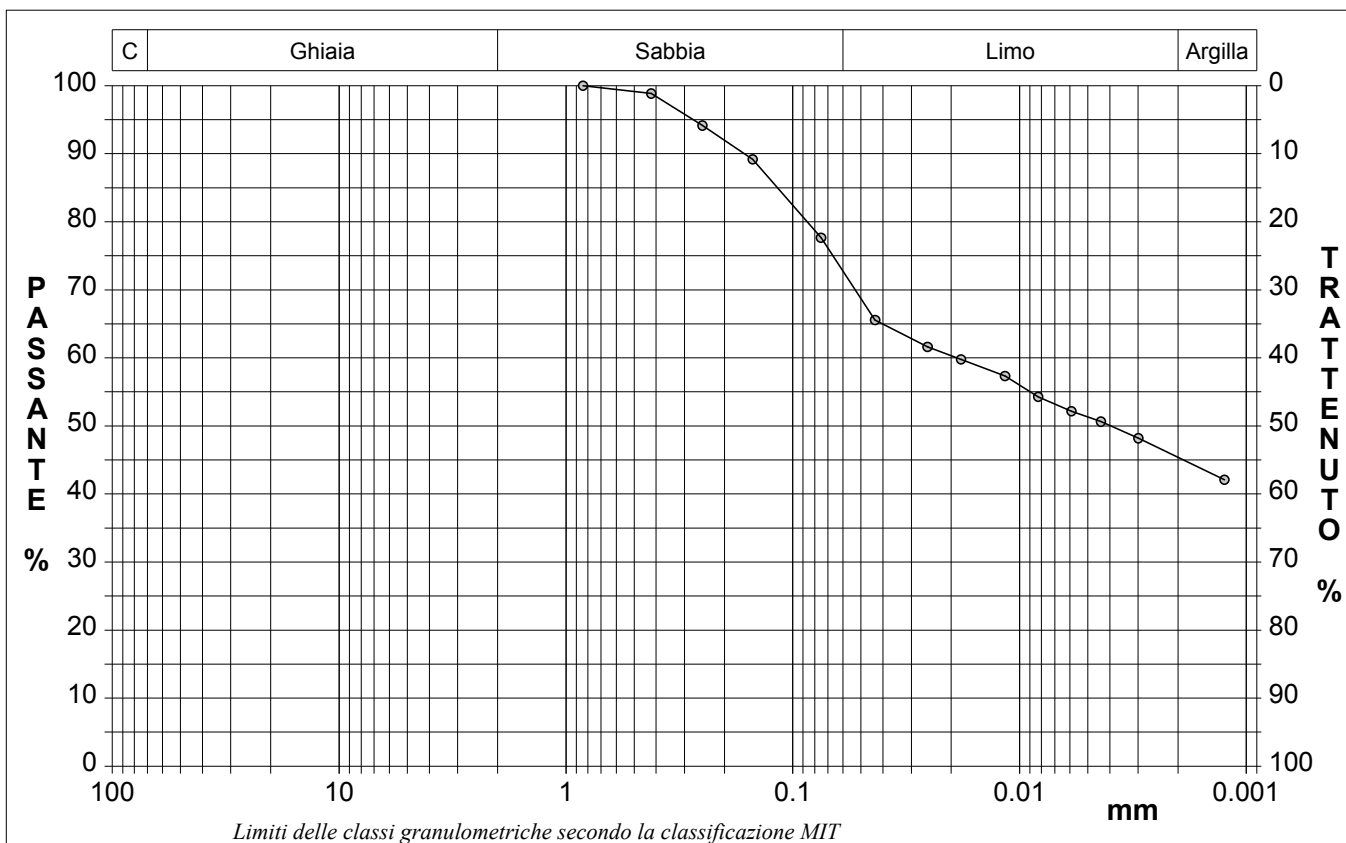
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.0-12.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	27,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,4 %	D30	---	mm
Limo	27,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	77,7 %	D50	0,00397	mm
Argilla	45,4 %			D60	0,01889	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D90	0,16336	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8410	100,00	0,0434	65,57	0,0059	52,15				
0,4200	98,85	0,0254	61,60	0,0044	50,63				
0,2500	94,13	0,0181	59,77	0,0030	48,19				
0,1500	89,17	0,0116	57,34	0,0012	42,09				
0,0750	77,66	0,0083	54,29						



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00013 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 14/03/15

Apertura campione: 13/03/2015

Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.0-12.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

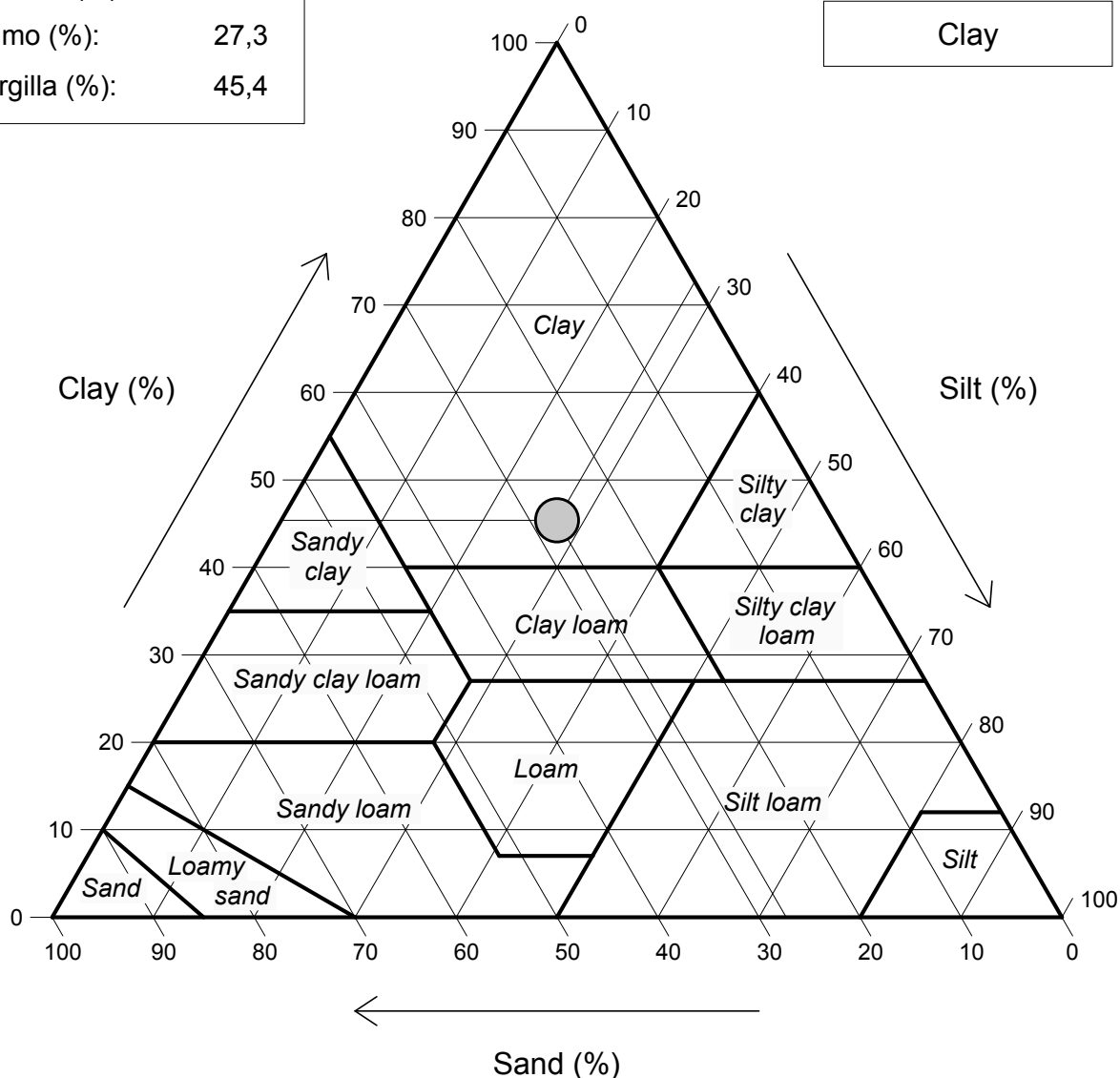
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 27,3

Limo (%): 27,3

Argilla (%): 45,4

Clay



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00014	Pagina 1/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 26/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	12.0-12.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

Caratteristiche del campione

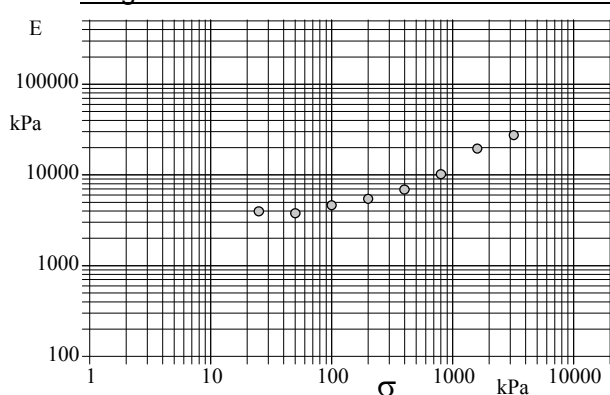
Peso di volume (kN/m³)	19,03	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,80
Umidità (%)	29,2	Volume provino (cm³)	79,97	Porosità (%)	44,56
Peso specifico (kN/m³)	26,56	Volume dei vuoti (cm³)	35,63	Saturazione (%)	98,6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,5	9,9	0,795		
25,0	14,2	0,791	0,013	5833
50,0	23,2	0,783	0,027	5554
100,0	37,9	0,770	0,044	6804
200,0	62,9	0,747	0,075	8000
400,0	102,4	0,711	0,118	10127
800,0	155,8	0,663	0,160	14981
1600,0	211,8	0,613	0,168	28573
3200,0	291,4	0,541	0,238	40200
800,0	264,2	0,565		
200,0	228,3	0,598		
50,0	187,2	0,635		
12,5	151,6	0,667		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



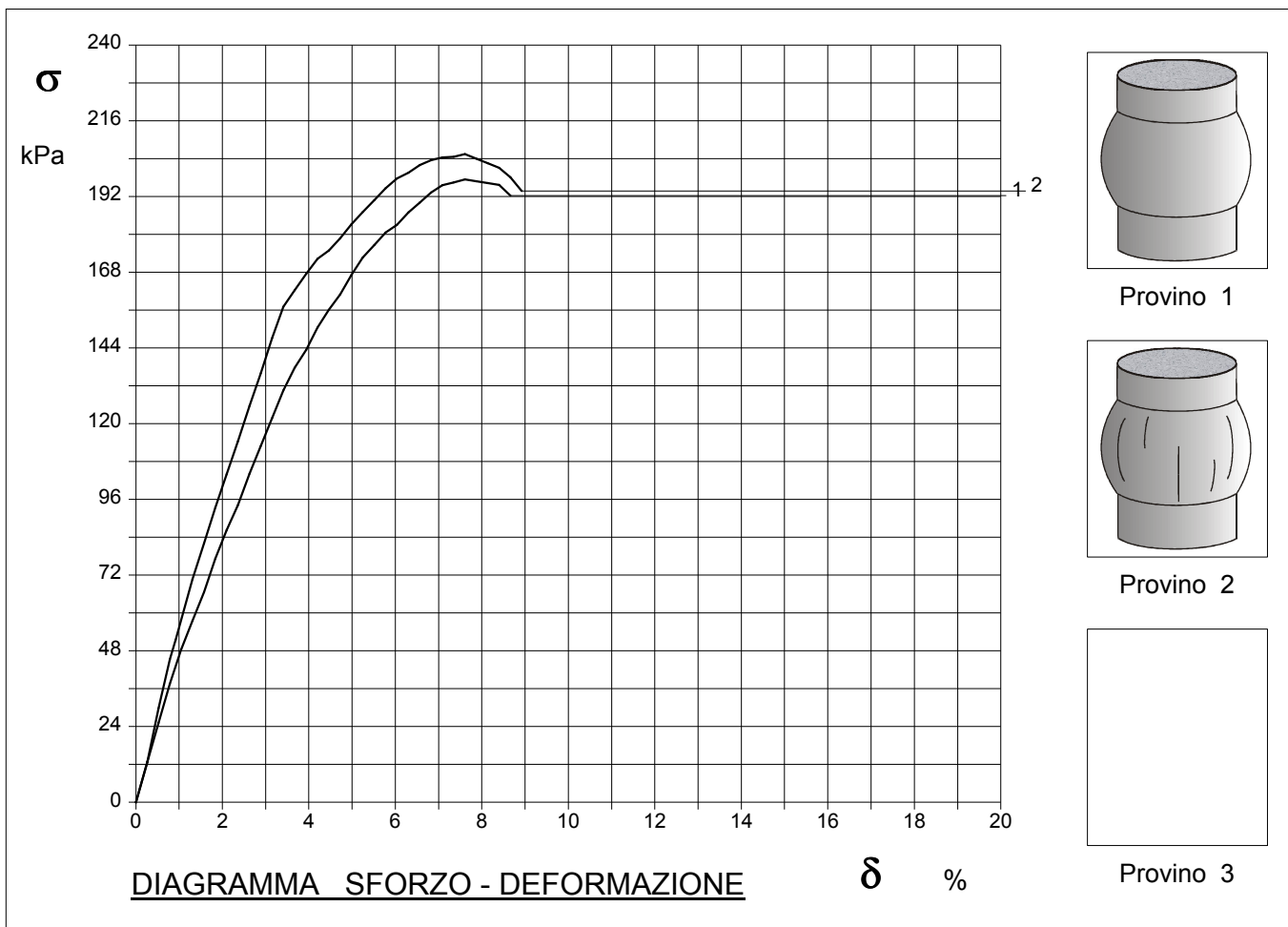
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00015	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	12.0-12.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-91

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,016	1,016	----
Altezza (cm):	7,62	7,62	----
Sezione (cm²):	11,40	11,40	----
Peso di volume (kN/m³):	18,8	19,7	----
Umidità naturale (%):	29,9	29,5	----



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00015	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE:27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	12.0-12.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-91

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00016 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 13/03/15
Apertura campione: 13/03/2015 Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 12.0-12.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	250	400
Tensione a rottura (kPa):	60	134	201
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,31 -0,09	2,92 -0,26	2,49 -0,29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	25,9 26,2	25,3 26,1	26,6 24,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 19,5	19,4 19,5	19,5 19,2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	97,0 98,3	95,3 98,5	99,3 92,4

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

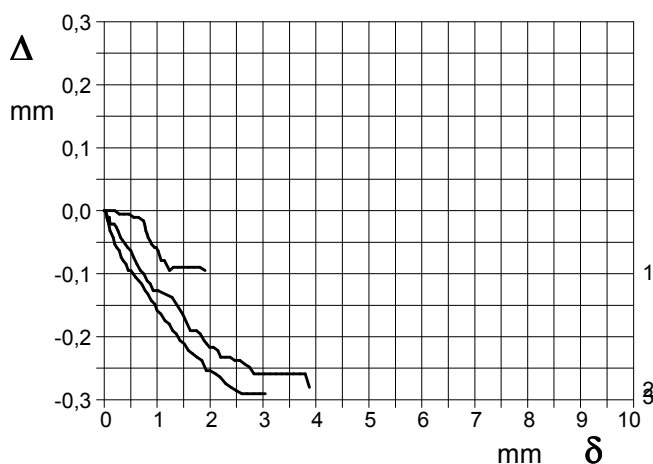
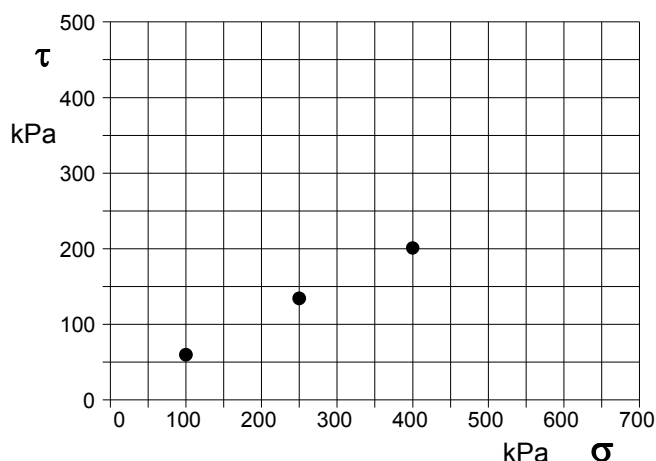


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

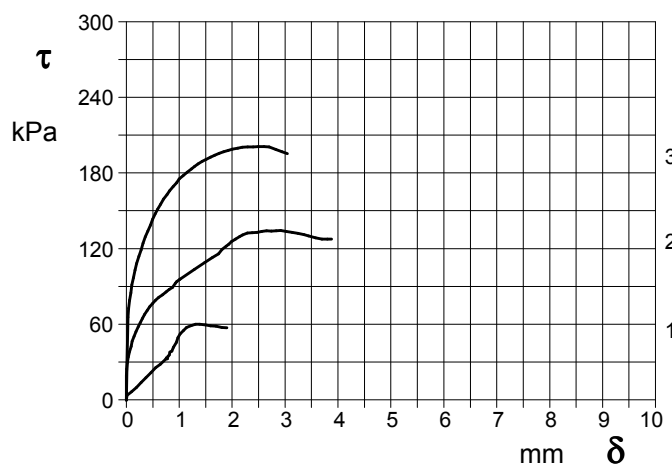


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00016	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.0-12.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

[illegible]

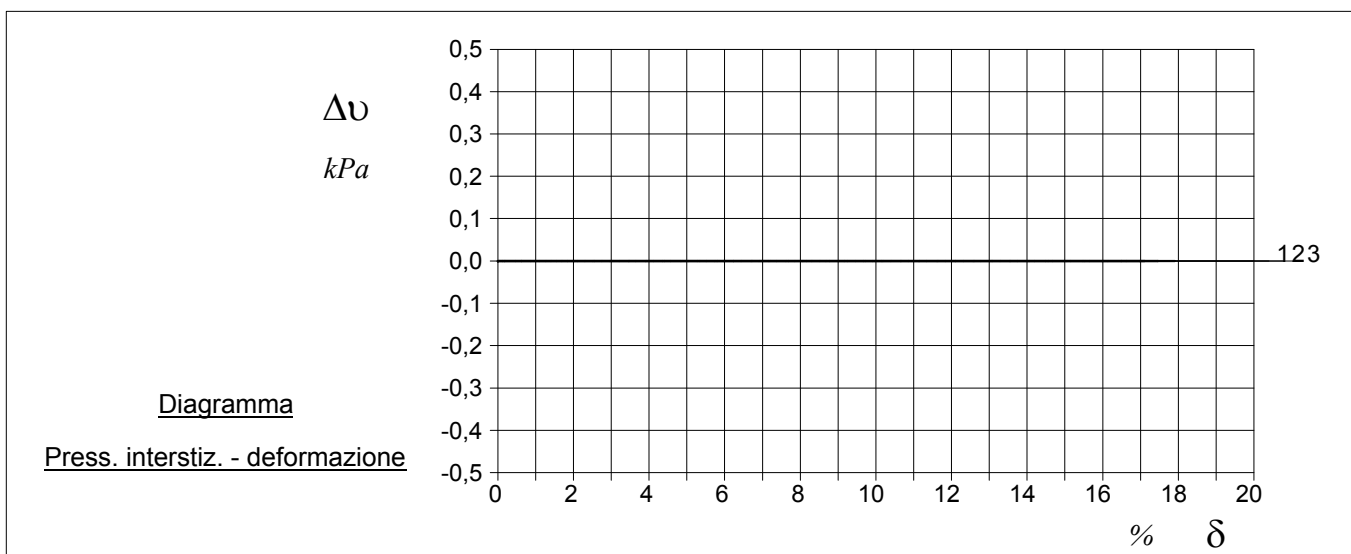
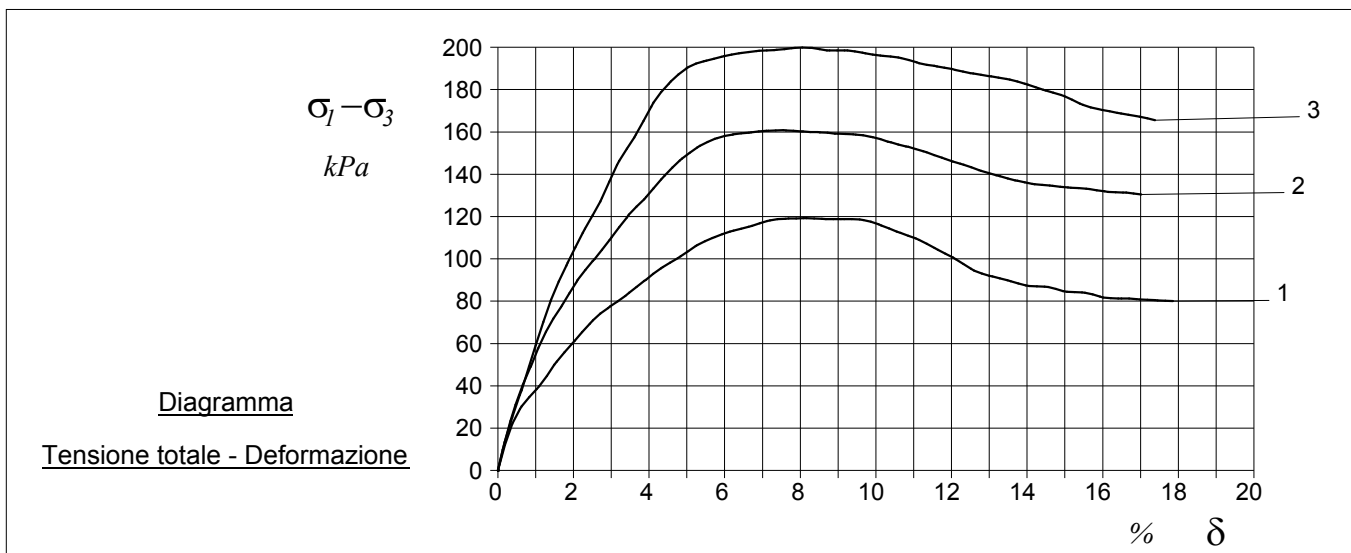
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 0/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s kN/m³	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa
1	7,62	3,81	17,7	25,5	36,6	99,0	50	0	50	0,0	0,0	36,3	8,2	119	0
2	7,62	3,81	17,8	25,5	37,7	100,0	150	0	150	0,0	0,0	35,2	7,6	161	0
3	7,62	3,81	17,9	25,5	37,4	100,0	250	0	250	0,0	0,0	34,3	7,9	200	0



COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.00-2.50



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00017	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 35,3 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00018	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 12/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,4 kN/m³



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00019	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25,48

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25,45

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,5 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00020	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

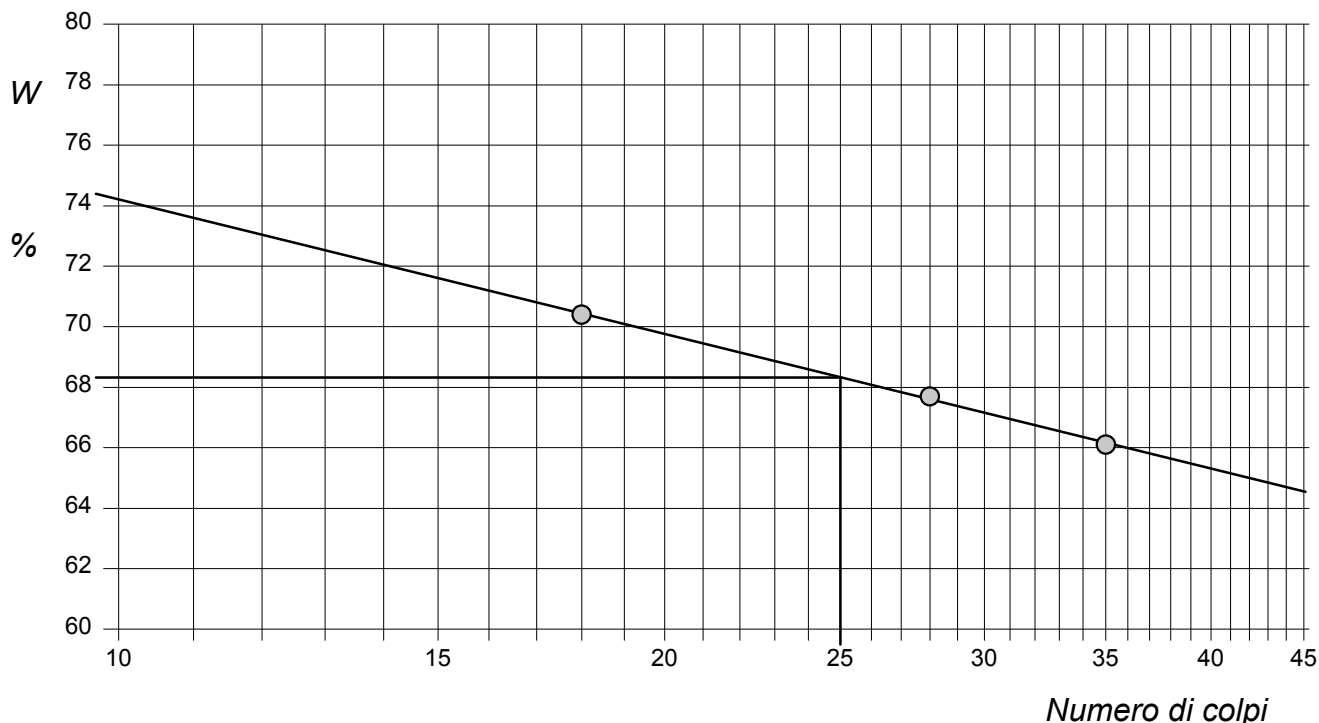
Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	68,3 %
Limite di plasticità	31,5 %
Indice di plasticità	36,8 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
 granulometrica passante al setaccio
 n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'				LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	28	35	Umidità (%)	31,5	
Umidità (%)	70,4	67,7	66,1	Umidità media (%)	15,8	

Determinazione del Limite di liquidità



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00020 Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

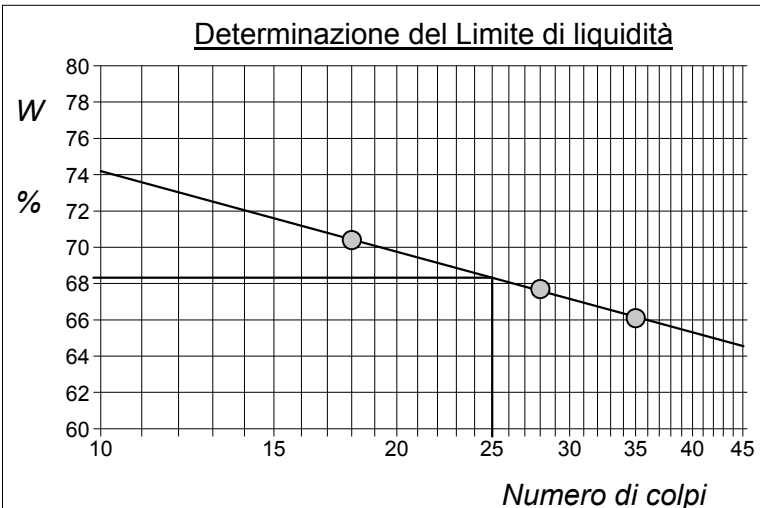
DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 16/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

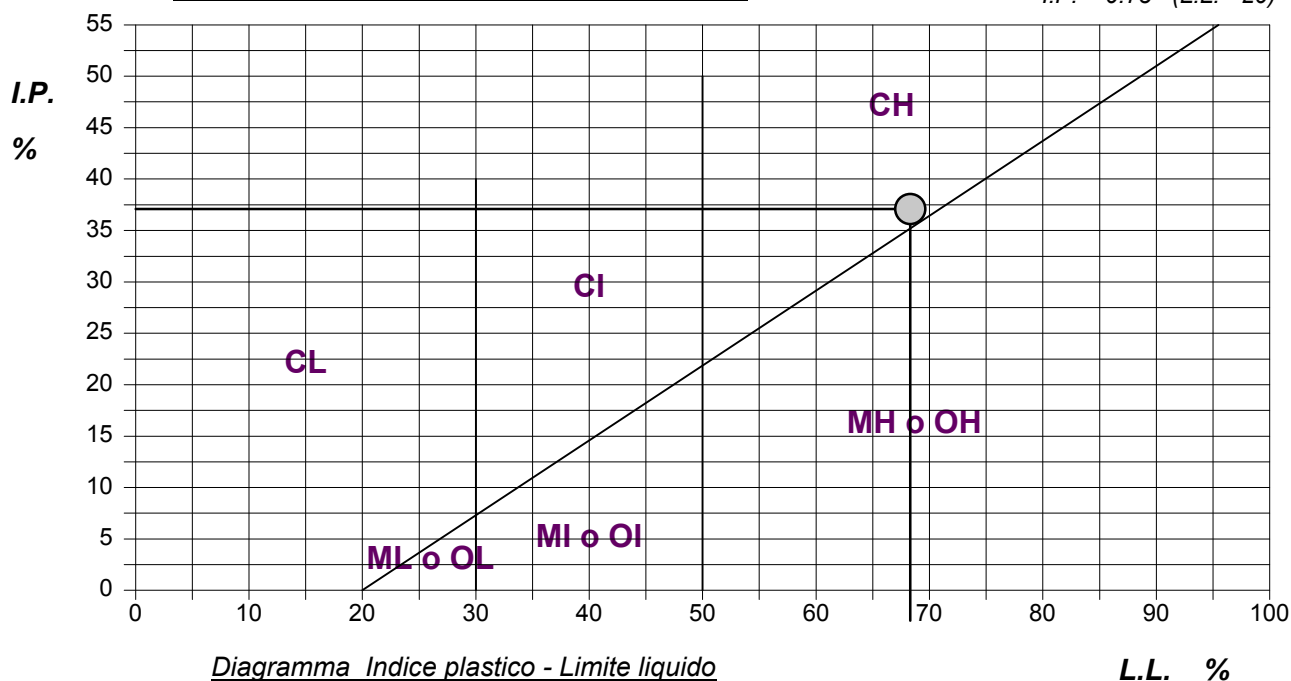
Limite di liquidità	68,3	
Limite di plasticità	31,5	
Indice di plasticità	36,8	%
Indice di consistenza	0,90	%
Passante al set. n° 40	SI	%



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

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

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



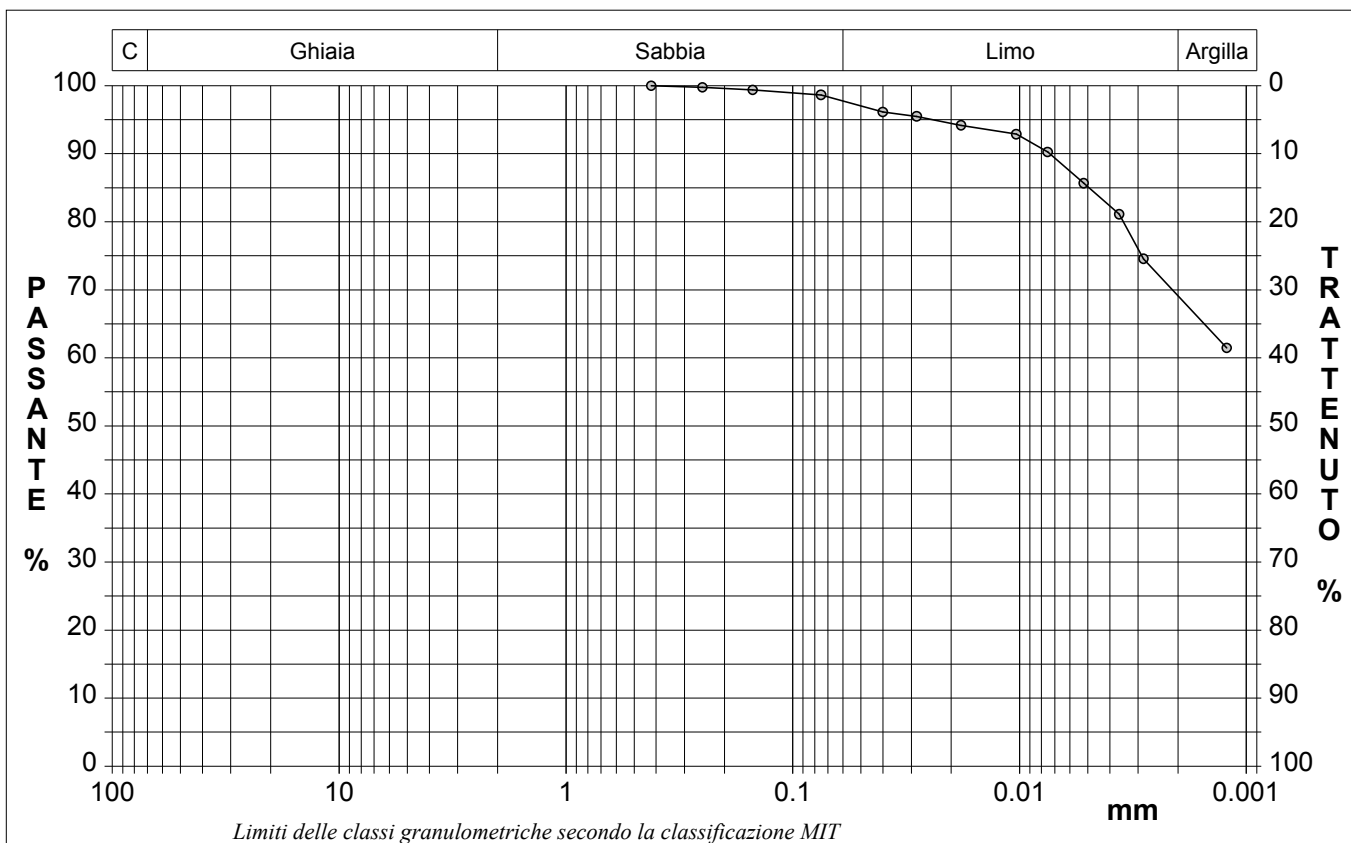
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00021	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	2,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	---	mm
Limo	28,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,6 %	D50	---	mm
Argilla	69,1 %			D60	---	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,00737	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,4200	100,00	0,0284	95,49	0,0036	81,10				
0,2500	99,74	0,0181	94,18	0,0028	74,56				
0,1500	99,40	0,0103	92,87	0,0012	61,48				
0,0750	98,64	0,0075	90,26						
0,0401	96,14	0,0052	85,68						



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00021	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.00-2.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

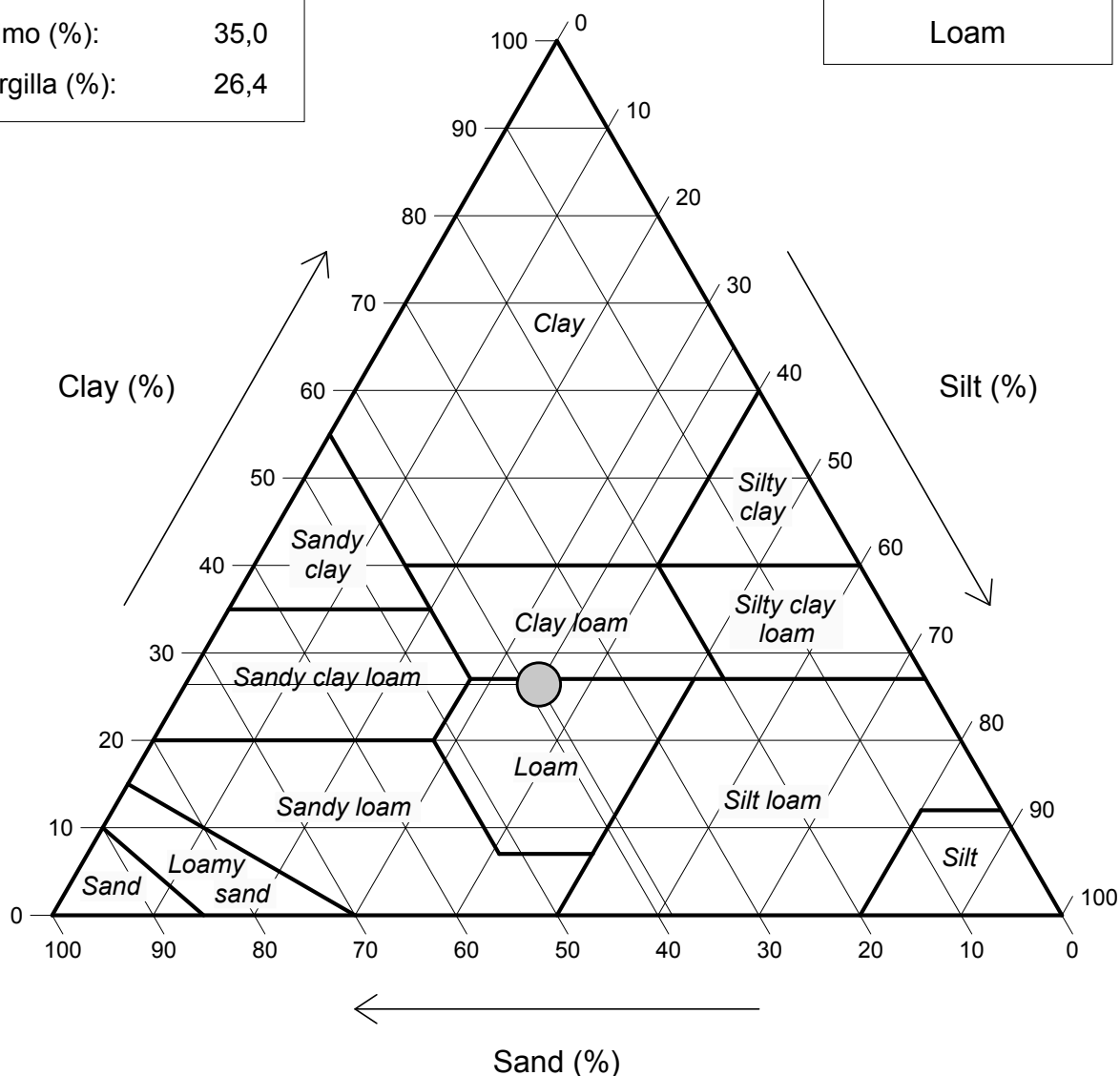
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 38,6

Limo (%): 35,0

Argilla (%): 26,4

Loam



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00022	Pagina 1/3
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.00-2.50

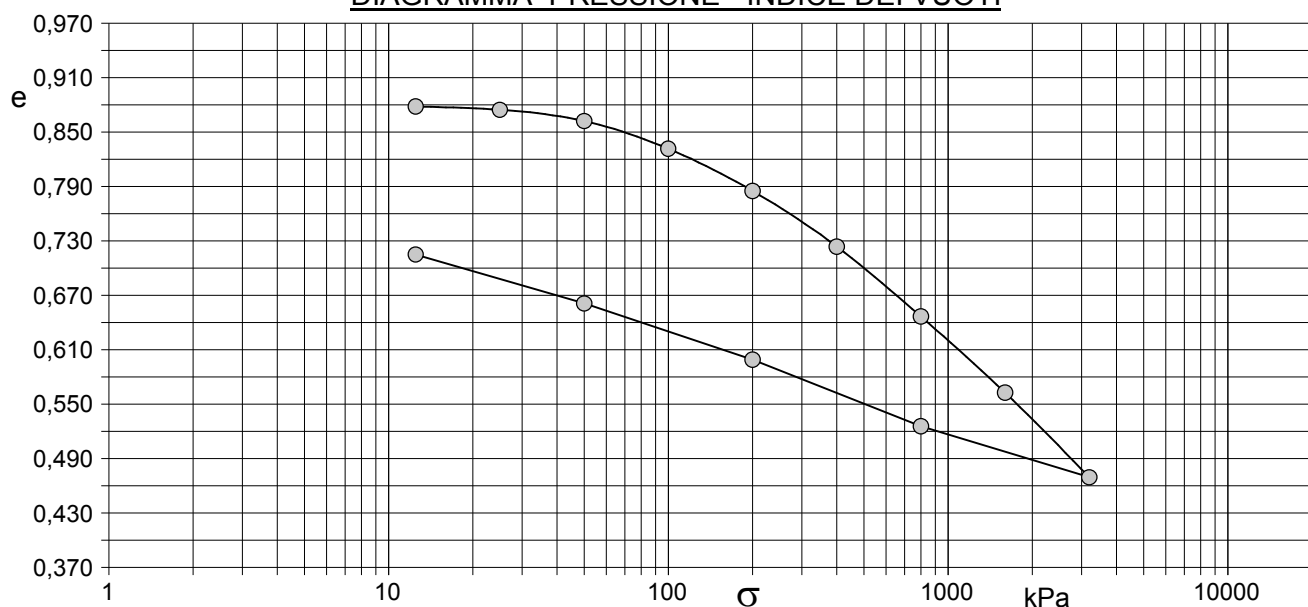
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

Caratteristiche del campione

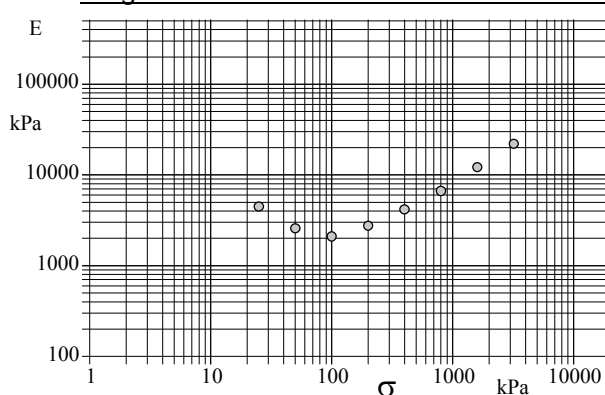
Peso di volume (kN/m³)	18,39	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,88
Umidità (%)	35,8	Volume provino (cm³)	79,97	Porosità (%)	46,86
Peso specifico (kN/m³)	25,48	Volume dei vuoti (cm³)	37,47	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,5	3,9	0,878		
25,0	7,7	0,875	0,012	6579
50,0	20,9	0,862	0,041	3788
100,0	53,4	0,832	0,102	3077
200,0	102,7	0,785	0,154	4057
400,0	168,0	0,724	0,204	6126
800,0	249,8	0,647	0,256	9779
1600,0	339,1	0,563	0,279	17919
3200,0	438,2	0,470	0,310	32292
800,0	378,3	0,526		
200,0	300,4	0,599		
50,0	234,6	0,661		
12,5	177,3	0,715		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico





GEO CONSUL s.a.s.

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.eu

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00022 Pagina 2/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 12/03/15

Apertura campione: 12/03/2015

Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S3

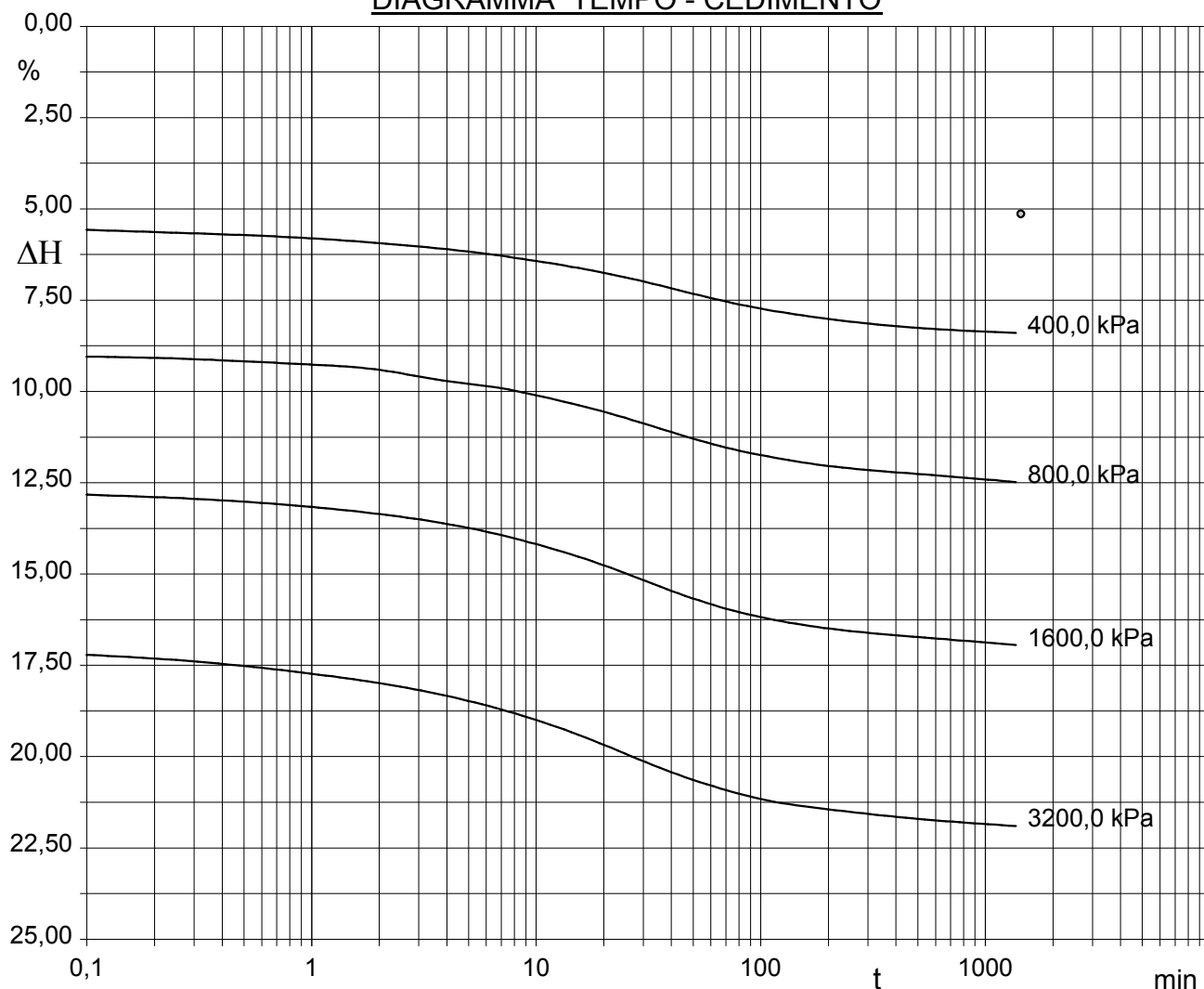
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00022	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.00-2.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	102,7	0,00	168,0	0,00	249,8	0,00	339,1
0,10	111,5	0,10	180,9	0,10	256,5	0,10	344,3
0,25	113,0	0,25	181,9	0,25	258,3	0,25	347,1
1,00	116,1	1,00	185,3	1,00	263,2	1,00	354,6
2,00	118,7	2,00	188,1	2,00	267,1	2,00	359,7
4,00	122,1	4,00	194,3	4,00	272,5	4,00	366,7
7,00	125,7	7,00	198,2	7,00	278,7	7,00	374,2
10,00	128,5	10,00	202,1	10,00	283,6	10,00	379,9
20,00	135,0	20,00	211,1	20,00	295,2	20,00	393,5
40,00	143,5	40,00	222,2	40,00	309,2	40,00	408,5
70,00	150,7	70,00	230,7	70,00	319,0	70,00	418,3
100,00	154,6	100,00	234,8	100,00	323,6	100,00	423,2
200,00	160,3	200,00	240,8	200,00	329,8	200,00	428,9
500,00	165,2	500,00	245,2	500,00	334,5	500,00	434,1
1440,00	168,0	1440,00	249,8	1440,00	339,1	1440,00	438,2

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

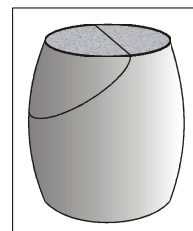
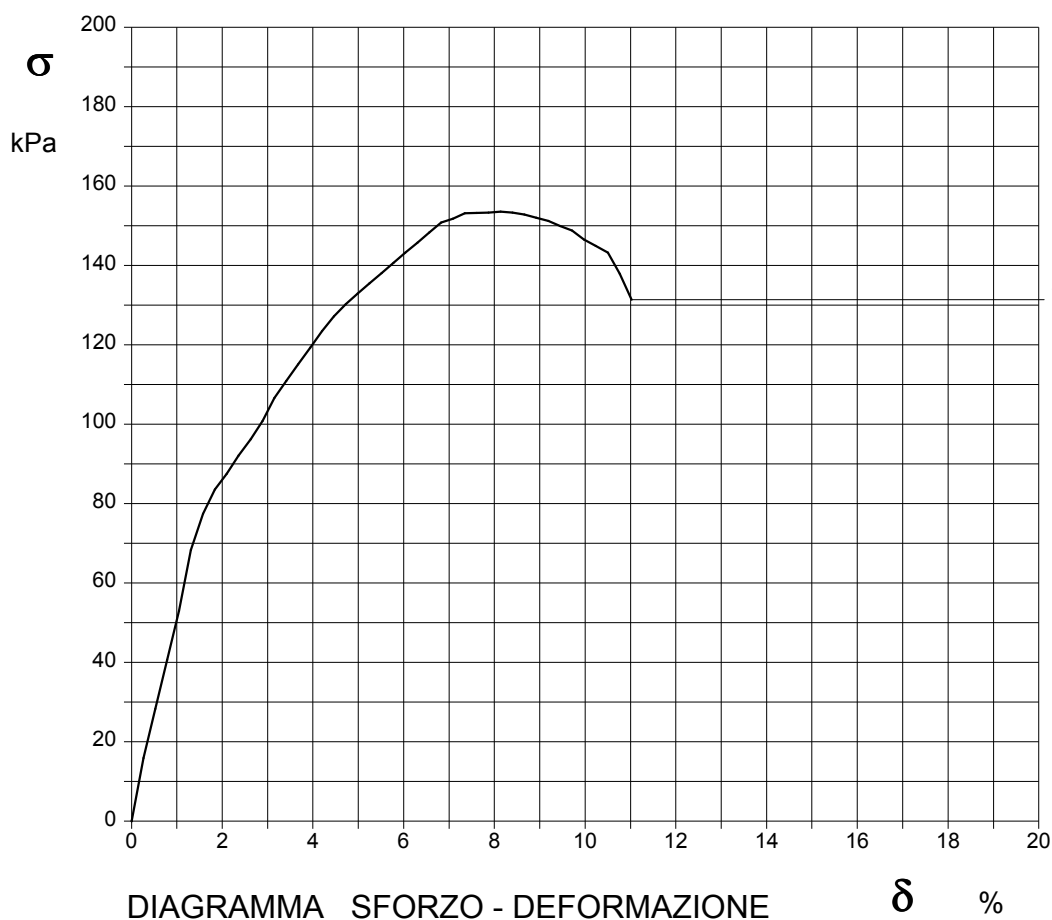
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00023	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 12/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

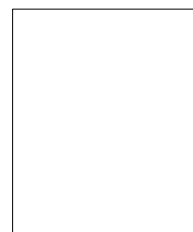
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-91

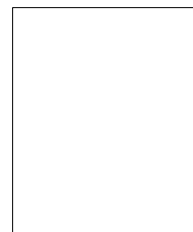
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,016	----	----
Altezza (cm):	7,62	----	----
Sezione (cm²):	11,40	----	----
Peso di volume (kN/m³):	17,9	----	----
Umidità naturale (%):	35,3	----	----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00023	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 12/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-91

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,26	15,9	10,24	144,9								
0,52	28,3	10,50	143,3								
0,79	40,7	10,76	137,9								
1,05	53,0	11,02	131,4								
1,31	68,4										
1,57	77,4										
1,84	83,6										
2,10	87,6										
2,36	92,1										
2,62	96,3										
2,89	100,8										
3,15	106,6										
3,41	110,9										
3,67	115,1										
3,94	119,3										
4,20	123,5										
4,46	127,2										
4,72	130,3										
4,99	132,9										
5,25	135,5										
5,51	138,1										
5,77	140,7										
6,04	143,2										
6,30	145,8										
6,56	148,3										
6,82	150,8										
7,09	151,8										
7,35	153,2										
7,61	153,2										
7,87	153,3										
8,14	153,5										
8,40	153,3										
8,66	152,8										
8,92	152,0										
9,19	151,2										
9,45	149,9										
9,71	148,8										
9,97	146,5										

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00024 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 16/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 19/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	50	200	350
Tensione a rottura (kPa):	44	96	162
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,26 -0,03	2,36 -0,26	4,18 -0,40
Umidità iniziale e umidità finale (%):	36,1 37,6	37,0 36,5	35,1 35,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,5 17,7	17,7 17,7	18,0 18,0
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	96,0 100,0	99,4 98,0	99,5 99,3

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,048 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

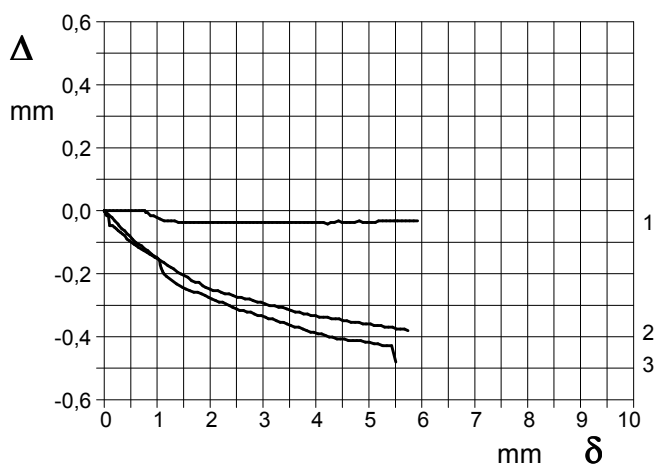
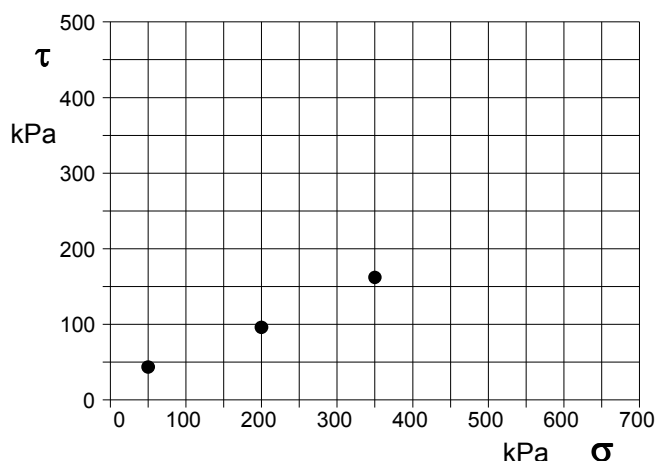


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

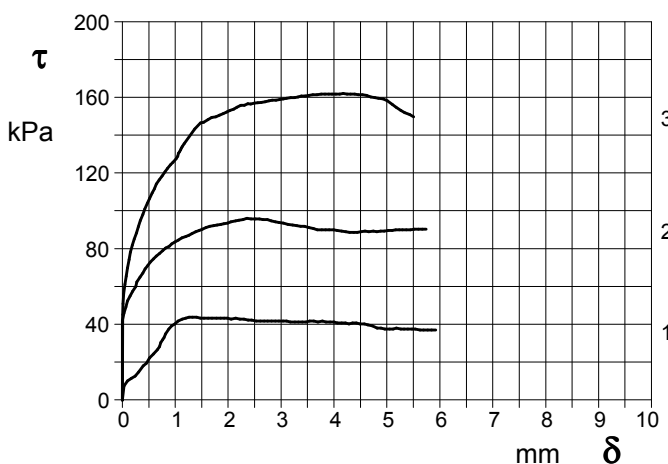


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.00-2.50	

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

SGEO - Laboratorio 3.0 - 2012

Il Direttore del laboratorio
Geol. Isidoro Sorbello

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 0/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DELLA PROVA

PROVINO	1	2	3	PROVINO	1	2	3
Condizioni	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Pressioni iniziali			
Caratteristiche iniziali dei provini				Pressione di cella (kPa)	50	150	250
Massa (g)	157,24	157,89	158,68	Back pressure (kPa)			
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Pressione efficace (kPa)	50	150	250
Diametro (cm)	3,81	3,81	3,81	Valori finali o a rottura			
Sezione (cm²)	11,40	11,40	11,40	Deformazione verticale (%)	8,2	7,6	7,9
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	119	161	200
Peso di volume (kN/m³)	17,7	17,8	17,9	Pressione interstiziale (kPa)	-	-	-
Umidità (%)	36,6	37,7	37,4	$(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ (kPa)	110	230	350
Peso specifico	25,5	25,5	25,5	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	110	230	350
Peso di volume secco (kN/m³)	13,0	12,9	13,0	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	60	80	100
Grado di saturazione (%)	99,0	100,0	100,0	Calcolo della velocità di prova			
Parametri di saturazione				T100 (minuti)	0,0	0,0	0,0
Coefficiente B				Deformazione stimata (mm)	7	7	7
Caratteristiche dopo la consolidazione				Velocità di prova (mm/min)	0,000	0,000	0,000
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Velocità di prova (mm/min)	0,006		
Variazione altezza (%)	0,0	0,0	0,0				
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87				
Variazione volume (%)	0,0	0,0	0,0				
Peso di volume (kN/m³)	17,7	17,5	17,5				
Umidità (%)	36,29	35,25	34,30				
Grado di saturazione (%)	98,1	94,6	93,4				
Caratteristiche dopo la rottura							
Altezza (cm)	6,26	6,32	6,29				
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87				
Peso di volume (kN/m³)	17,7	17,5	17,5				
Umidità (%)	36,29	35,25	34,30				
Grado di saturazione (%)	98,1	94,6	93,4				

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

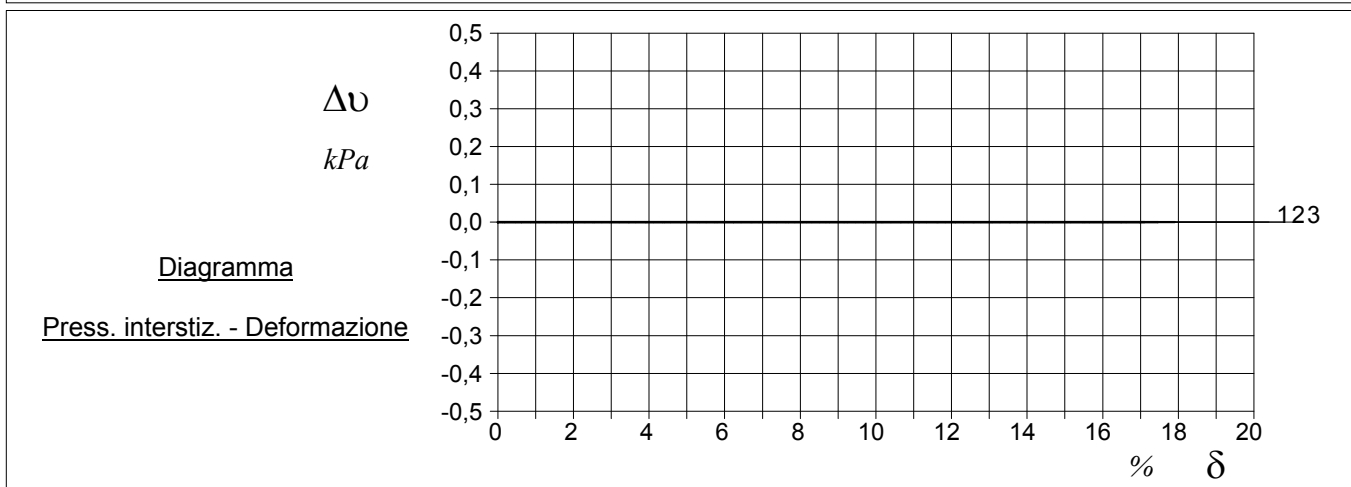
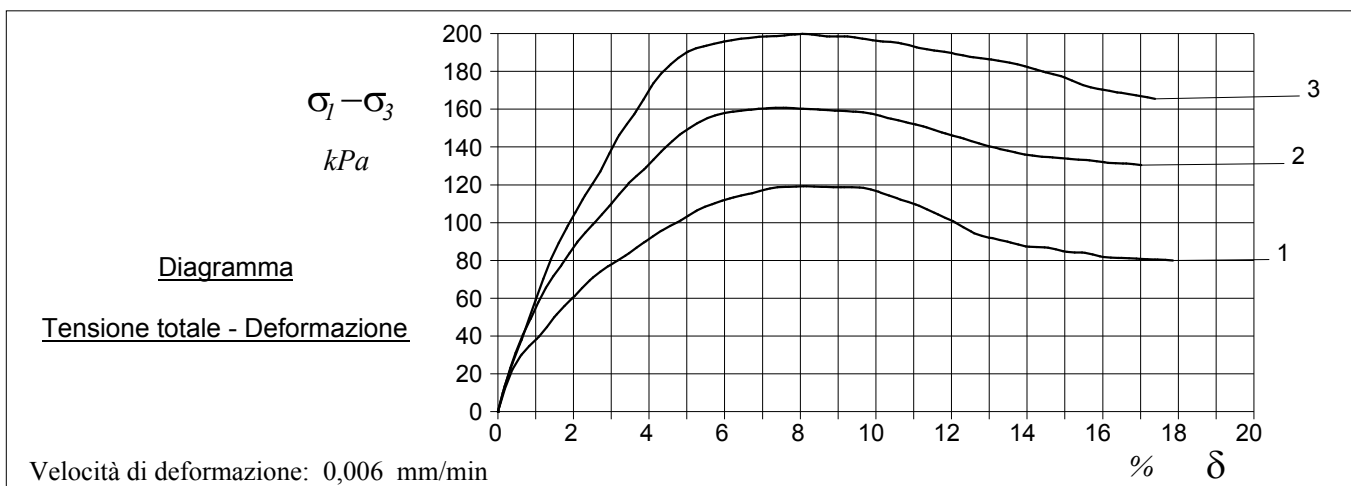
COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

P	Dimensioni	Caratteristiche fisiche					Consolidazione					Valori finali o a rottura						
n	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s kN/m³	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,62	3,81	17,7	25,5	36,6	99,0	50	0	50	0,0	0,0	36,3	8,2	119	0	110	110	60
2	7,62	3,81	17,8	25,5	37,7	100,0	150	0	150	0,0	0,0	35,2	7,6	161	0	230	230	80
3	7,62	3,81	17,9	25,5	37,4	100,0	250	0	250	0,0	0,0	34,3	7,9	200	0	350	350	100

H_o φ - Altezza e diametro provini
w_o w_f - Umidità iniziale e finale
γ γ_s - Peso di volume e peso spec.
S_o - Grado di saturazione iniziale
ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume
σ₃/u_o - Press. di cella/Back pressure
δ_f - Deformazione a rottura
σ σ' - Tensioni totali e efficaci



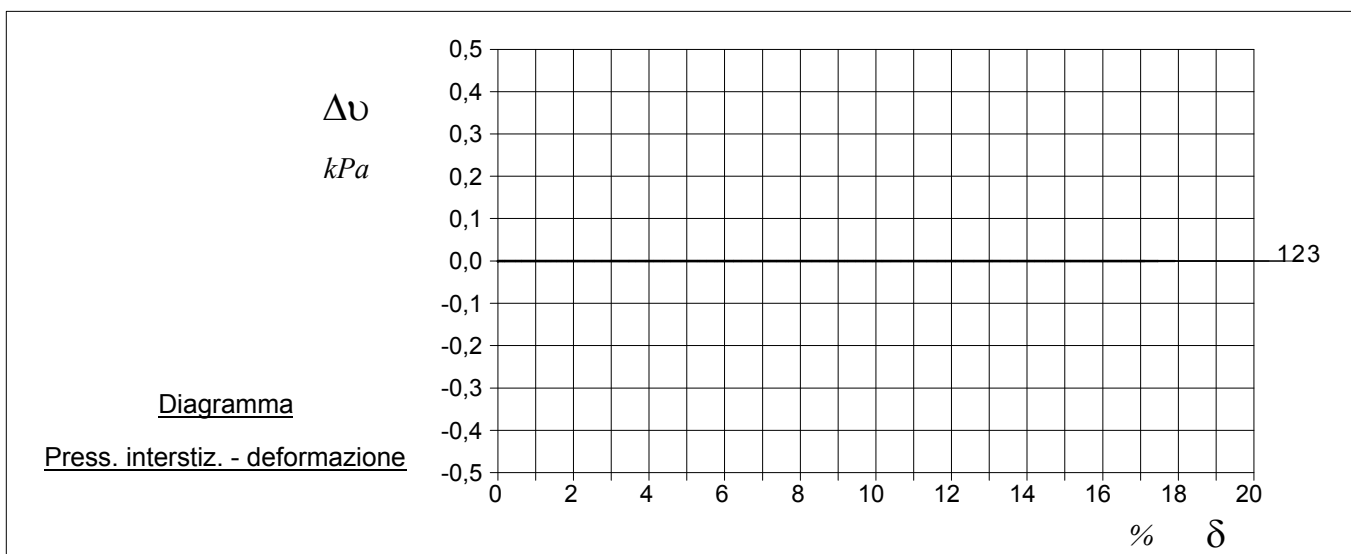
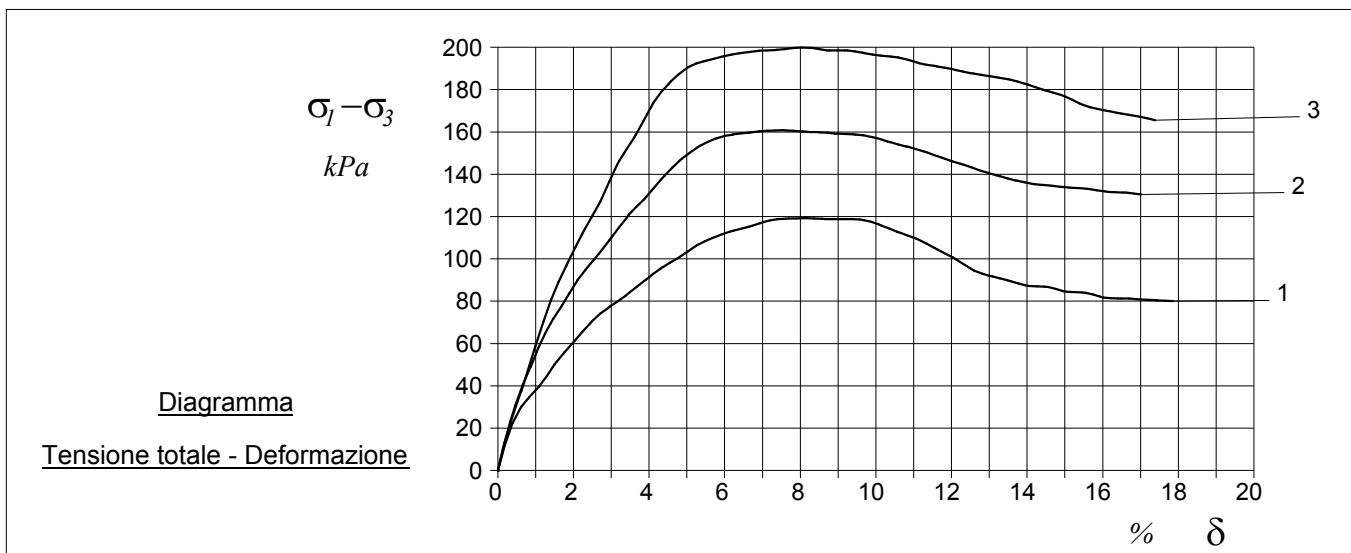
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 0/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s kN/m³	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa
1	7,62	3,81	17,7	25,5	36,6	99,0	50	0	50	0,0	0,0	36,3	8,2	119	0
2	7,62	3,81	17,8	25,5	37,7	100,0	150	0	150	0,0	0,0	35,2	7,6	161	0
3	7,62	3,81	17,9	25,5	37,4	100,0	250	0	250	0,0	0,0	34,3	7,9	200	0





CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

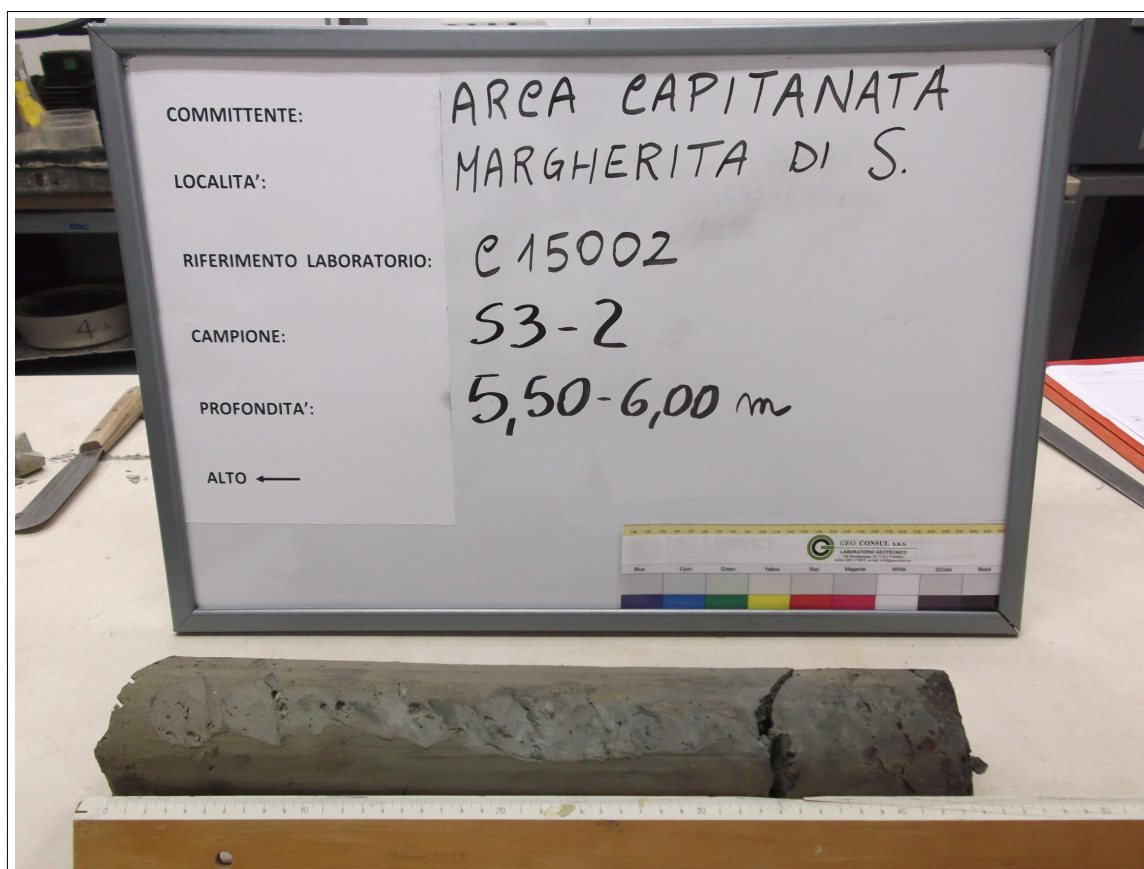
COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.00-2.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,14	0,18	12,2		0,10	0,13	9,9		0,14	0,18	13,4	
0,48	0,63	30,3		0,36	0,47	31,1		0,48	0,63	38,0	
0,83	1,09	39,9		0,66	0,87	49,3		0,76	1,00	59,2	
1,19	1,56	51,5		0,97	1,27	65,6		1,07	1,41	80,7	
1,55	2,03	61,2		1,29	1,69	77,9		1,41	1,85	98,2	
1,92	2,52	71,0		1,61	2,11	90,0		1,76	2,31	114,2	
2,26	2,97	77,5		1,95	2,56	99,9		2,10	2,75	128,7	
2,65	3,47	83,9		2,29	3,01	110,2		2,45	3,21	146,3	
2,98	3,91	90,1		2,64	3,47	120,9		2,78	3,65	158,6	
3,32	4,36	96,1		2,99	3,92	129,2		3,14	4,12	173,8	
3,69	4,84	101,2		3,36	4,41	139,4		3,49	4,58	183,8	
4,02	5,28	106,5		3,71	4,87	147,3		3,84	5,04	190,6	
4,37	5,74	110,3		4,07	5,35	153,4		4,20	5,52	193,7	
4,75	6,23	113,4		4,42	5,80	157,1		4,56	5,98	195,7	
5,12	6,73	115,6		4,75	6,24	158,8		4,91	6,44	197,2	
5,49	7,20	118,1		5,11	6,70	159,8		5,27	6,91	198,3	
5,86	7,69	119,0		5,45	7,15	160,5		5,62	7,38	198,7	
6,22	8,17	119,2		5,81	7,62	160,8		5,99	7,86	199,6	
6,61	8,68	118,9		6,15	8,07	160,2		6,33	8,31	199,6	
6,98	9,16	118,7		6,49	8,52	159,8		6,69	8,77	198,4	
7,37	9,67	118,4		6,86	9,00	159,1		7,05	9,25	198,5	
7,73	10,15	115,8		7,21	9,46	158,7		7,41	9,72	197,1	
8,12	10,65	112,2		7,56	9,92	157,5		7,77	10,19	195,9	
8,49	11,15	108,9		7,92	10,40	155,0		8,13	10,67	194,9	
8,87	11,64	104,3		8,27	10,85	152,9		8,49	11,14	192,4	
9,23	12,11	100,0		8,64	11,34	150,4		8,85	11,62	190,9	
9,60	12,60	94,5		9,02	11,83	147,2		9,22	12,10	189,3	
9,97	13,08	91,7		9,39	12,32	144,5		9,58	12,57	187,5	
10,34	13,57	89,5		9,74	12,78	141,6		9,94	13,05	186,2	
10,71	14,06	87,2		10,13	13,29	139,0		10,32	13,54	184,7	
11,09	14,56	86,7		10,47	13,74	136,9		10,69	14,03	182,2	
11,47	15,06	84,5		10,82	14,20	135,3		11,04	14,49	179,5	
11,83	15,53	84,0		11,19	14,68	134,5		11,42	14,99	176,8	
12,20	16,01	81,8		11,55	15,16	133,6		11,79	15,48	172,7	
12,57	16,50	81,3		11,92	15,65	133,0		12,18	15,99	170,4	
12,94	16,98	80,9		12,30	16,14	131,7		12,56	16,49	168,6	
13,30	17,45	80,4		12,66	16,62	131,3		12,94	16,98	167,1	
13,65	17,91	80,0		13,04	17,11	130,2		13,31	17,47	165,1	

COMMITTENTE: Dott. Sorbello		
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 5.50-6.00



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00026	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.50-6.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 21,8 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA**

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	5.50-6.00	

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,9 kN/m³

SGEO - Laboratorio 3.0 - 2012

Sperimentatore
Ing. Laura Sorbello

Il Direttore del laboratorio
Geol. Isidoro Sorbello



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00028	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.50-6.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24,05

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24,05

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 19,3 °C

**GEO CONSUL s.a.s.****LABORATORIO GEOTECNICO**Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.euAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIACertificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00029** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 16/03/15

Apertura campione: 12/03/2015

Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 5.50-6.00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità 33,5 %

Limite di plasticità 15,6 %

Indice di plasticità 17,9 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
granulometrica passante al setaccio
n° 40 (0.42 mm)**LIMITE DI LIQUIDITA'****LIMITE DI PLASTICITA'**

Numero di colpi

15

18

39

Umidità (%)

15,6

Umidità (%)

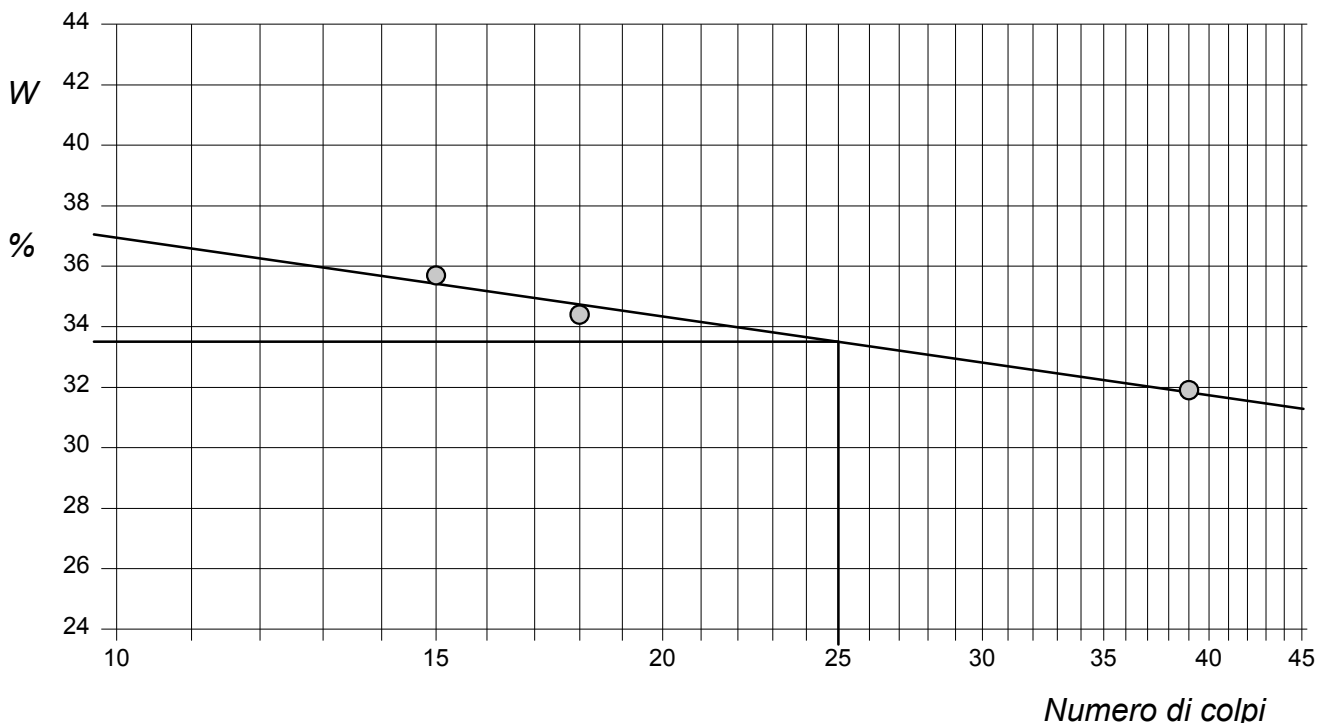
35,7

34,4

31,9

Umidità media (%)

7,8

Determinazione del Limite di liquidità

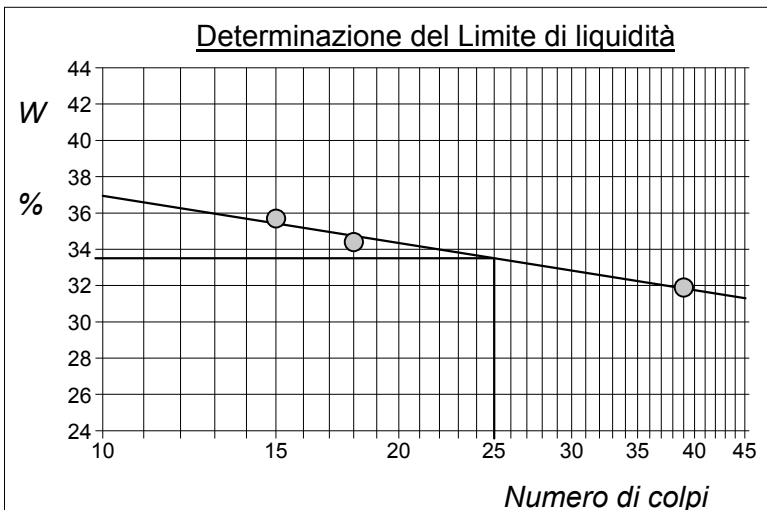
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00029	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 5.50-6.00

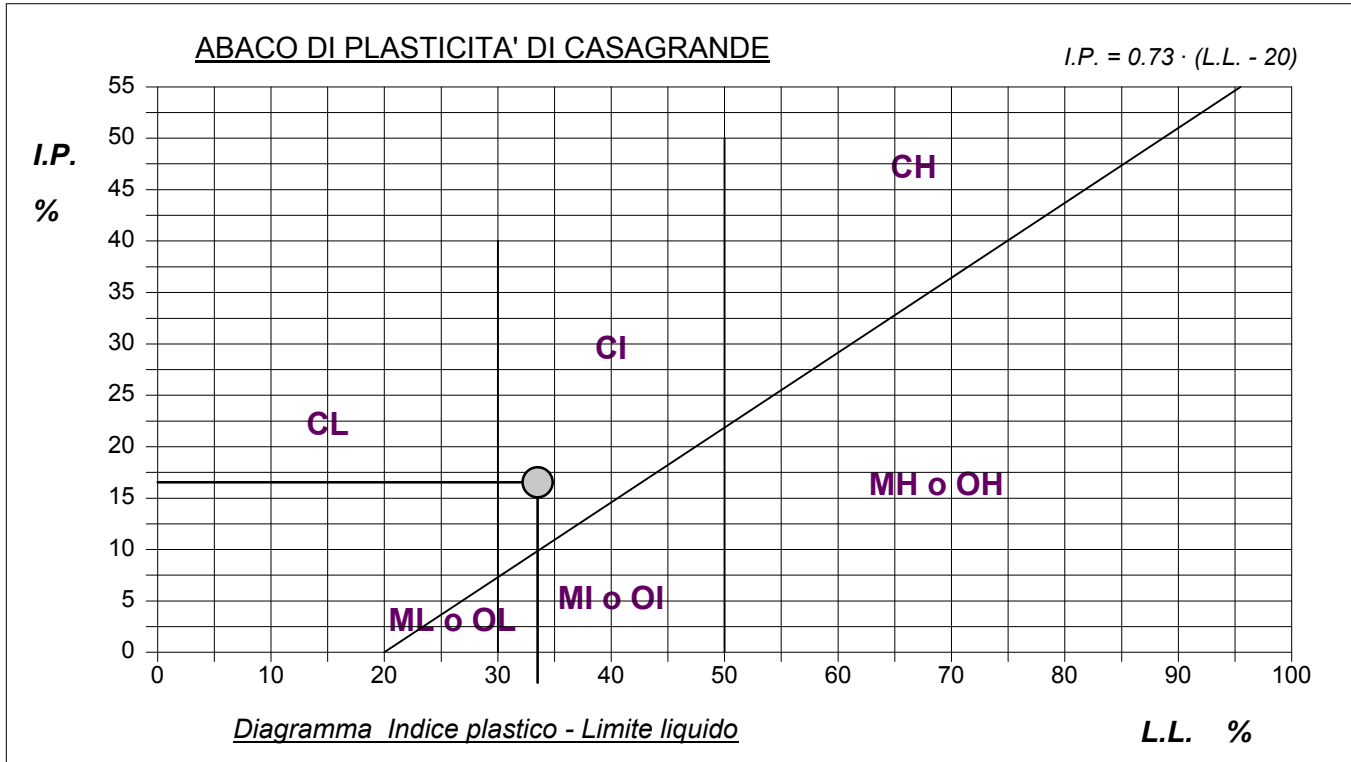
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	33,5	
Limite di plasticità	15,6	
Indice di plasticità	17,9	%
Indice di consistenza	0,65	%
Passante al set. n° 40	SI	%



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



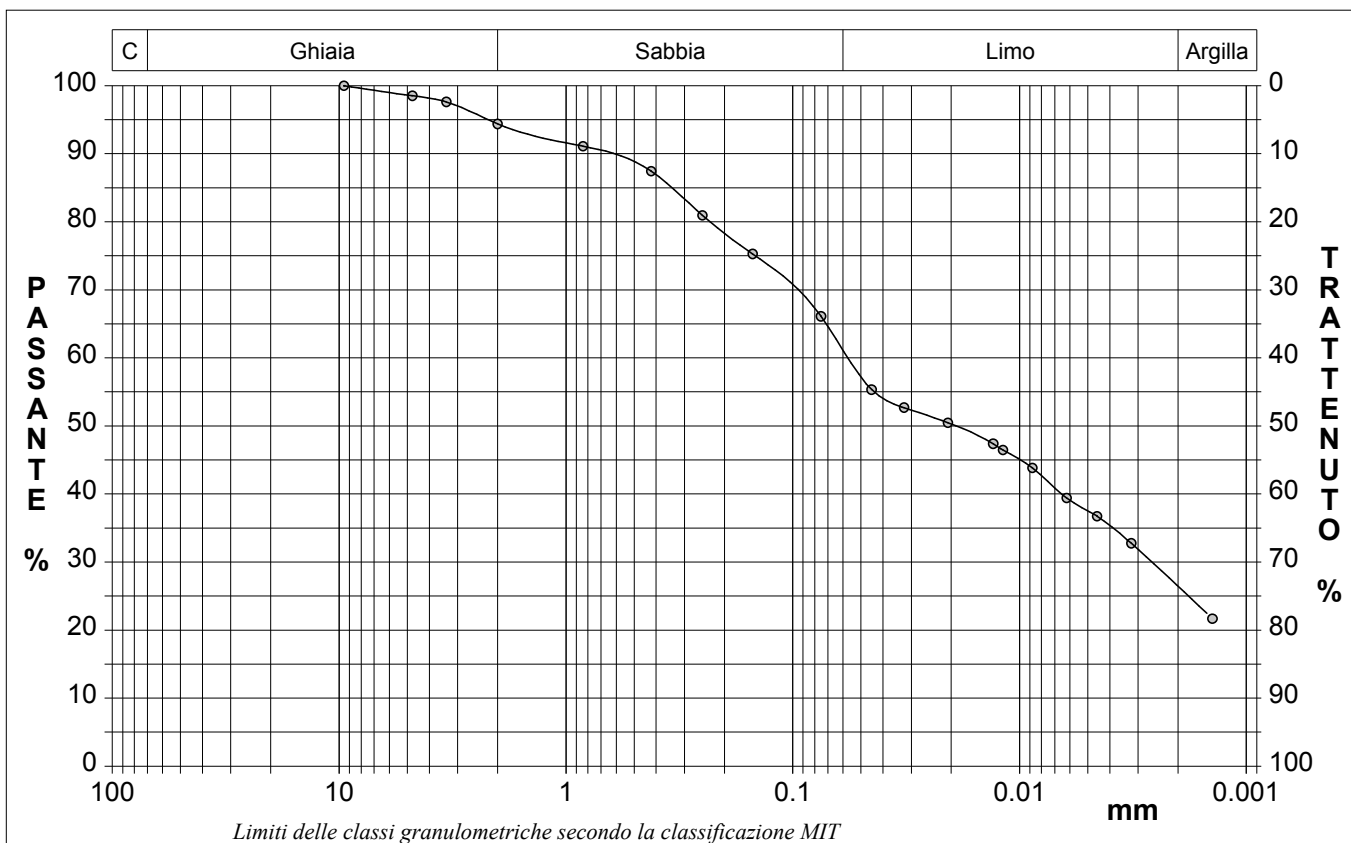
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00030	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.50-6.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	5,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,4 %	D10	---	mm
Sabbia	33,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,8 %	D30	0,00262	mm
Limo	35,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	66,1 %	D50	0,01929	mm
Argilla	26,4 %			D60	0,05606	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	----	D90	0,68245 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,4200	87,42	0,0323	52,68	0,0062	39,40		
4,7500	98,51	0,2500	80,94	0,0207	50,47	0,0046	36,75		
3,3600	97,61	0,1500	75,26	0,0131	47,37	0,0032	32,76		
2,0000	94,38	0,0750	66,10	0,0118	46,49	0,0014	21,69		
0,8410	91,11	0,0449	55,34	0,0088	43,83				



GEO CONSUL s.a.s.

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.eu

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00030 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 12/03/15

Apertura campione: 12/03/2015

Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 5.50-6.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

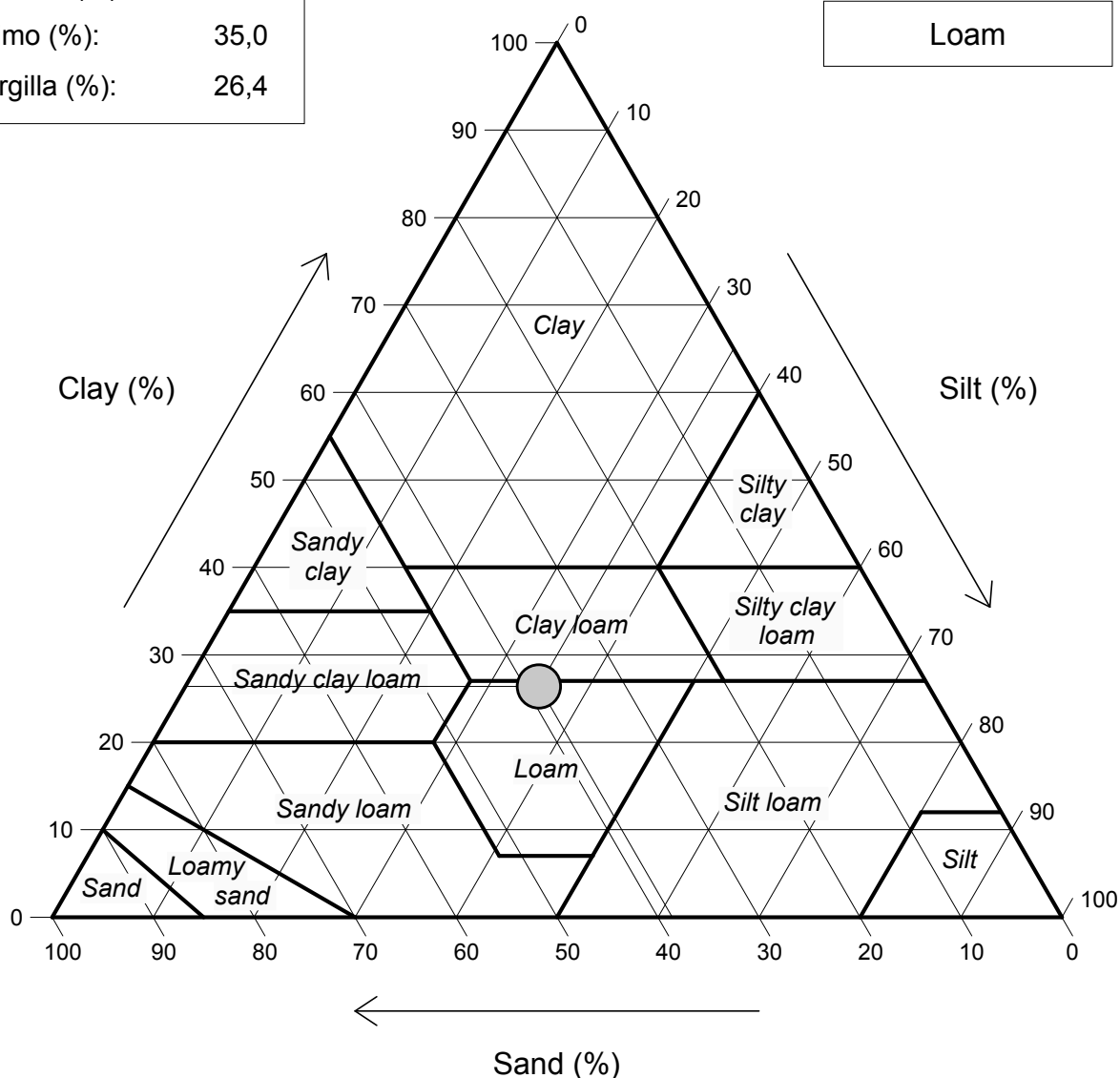
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 38,6

Limo (%): 35,0

Argilla (%): 26,4

Loam



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00031	Pagina 1/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 5.50-6.00

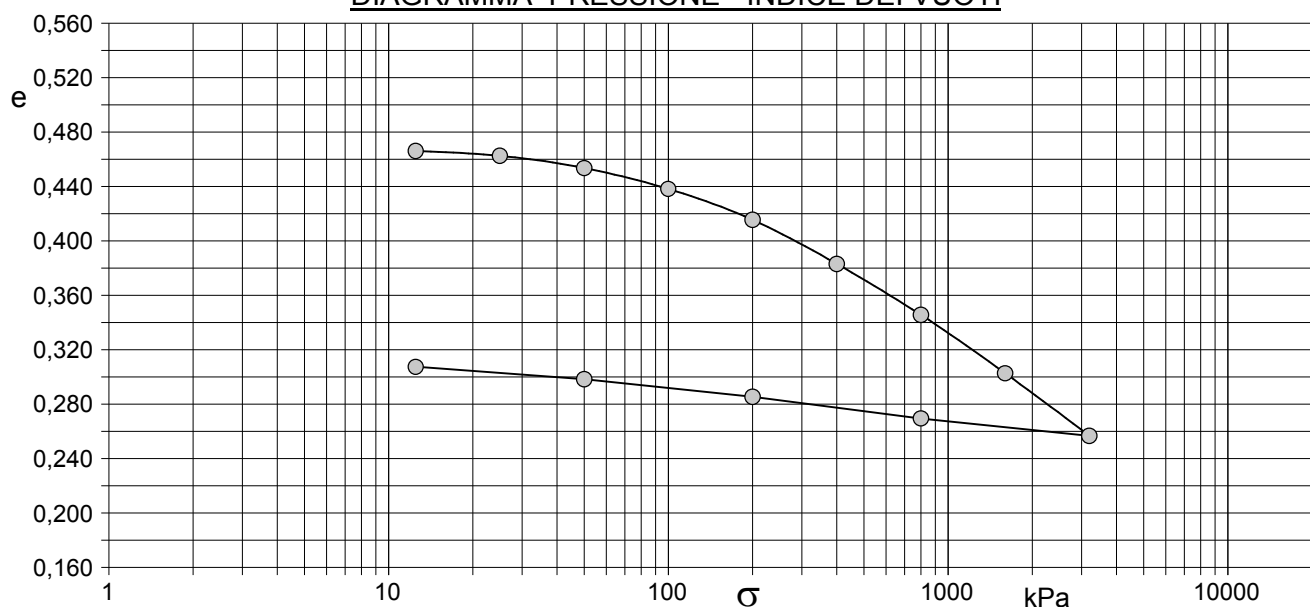
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

Caratteristiche del campione

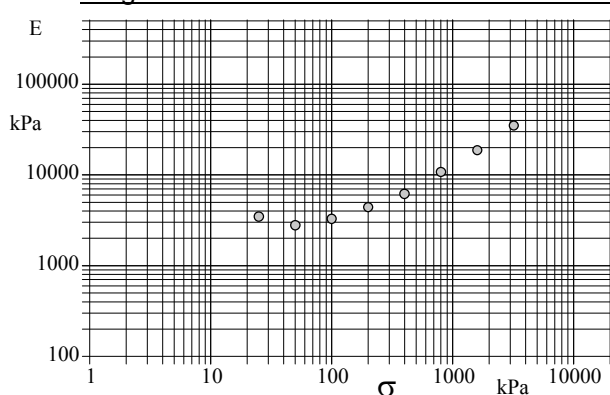
Peso di volume (kN/m³)	19,94	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,47
Umidità (%)	22,2	Volume provino (cm³)	79,97	Porosità (%)	32,15
Peso specifico (kN/m³)	24,05	Volume dei vuoti (cm³)	25,71	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,5	10,3	0,466		
25,0	15,2	0,463	0,012	5102
50,0	27,4	0,454	0,030	4098
100,0	48,2	0,438	0,051	4808
200,0	79,0	0,416	0,075	6494
400,0	123,0	0,383	0,108	9084
800,0	173,7	0,346	0,124	15776
1600,0	231,9	0,303	0,142	27495
3200,0	294,3	0,257	0,153	51325
800,0	277,1	0,270		
200,0	255,5	0,285		
50,0	238,0	0,298		
12,5	225,6	0,308		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico





CERTIFICATO DI PROVA N°: 00031 Pagina 2/3
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

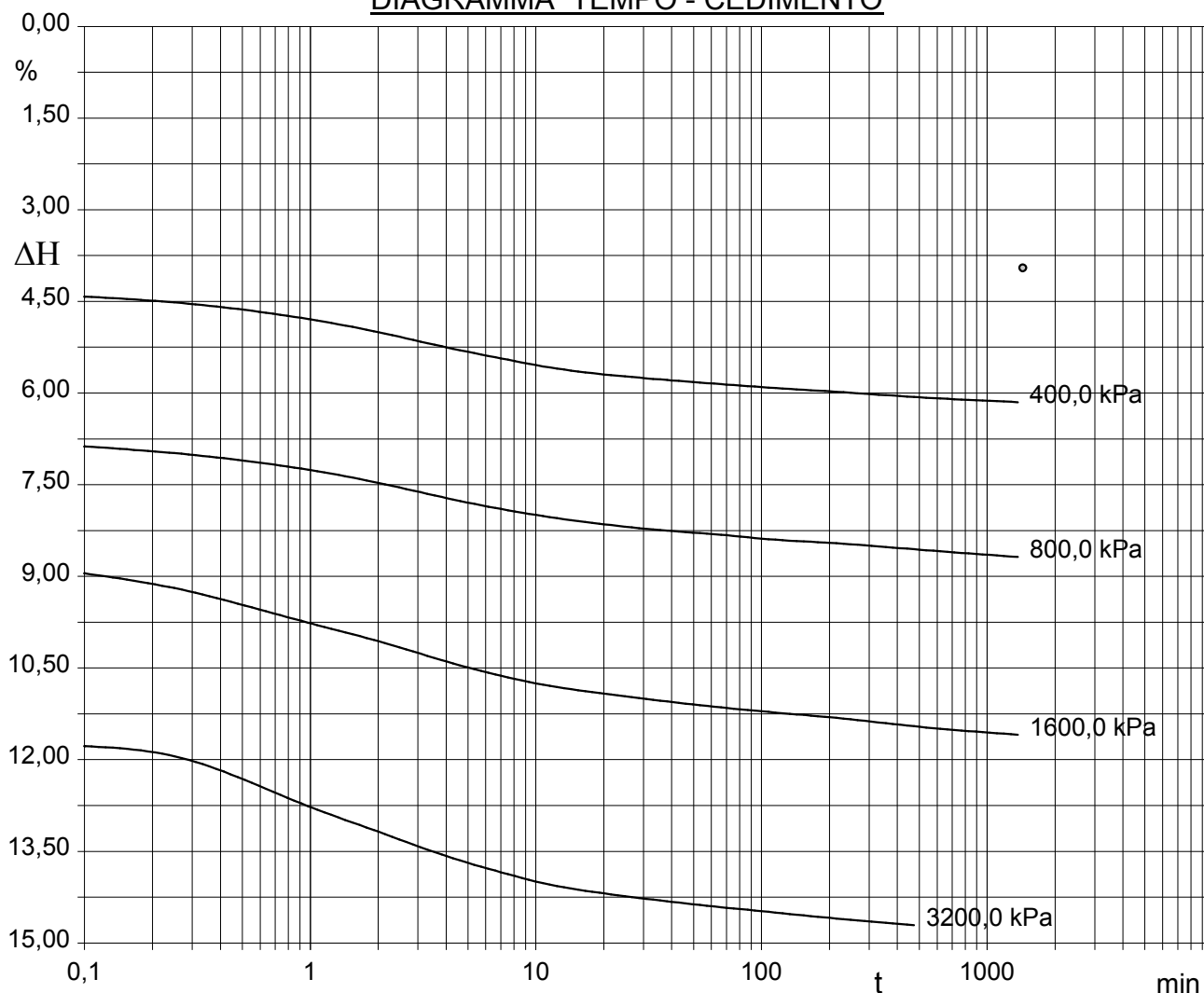
DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 12/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.50-6.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00031	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.50-6.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	79,0	0,00	123,0	0,00	173,7	0,00	231,9
0,10	88,4	0,10	137,4	0,10	179,0	0,10	235,5
0,25	90,3	0,25	139,7	0,25	183,8	0,25	238,9
1,00	95,9	1,00	145,2	1,00	195,4	1,00	255,5
2,00	100,0	2,00	149,4	2,00	201,2	2,00	263,5
4,00	105,0	4,00	154,3	4,00	207,8	4,00	271,6
7,00	108,6	7,00	157,9	7,00	212,5	7,00	276,8
10,00	110,8	10,00	159,9	10,00	215,0	10,00	279,9
20,00	113,9	20,00	162,9	20,00	218,4	20,00	283,8
40,00	115,8	40,00	165,2	40,00	221,1	40,00	286,5
70,00	117,2	70,00	166,5	70,00	223,1	70,00	288,5
100,00	118,0	100,00	167,6	100,00	224,2	100,00	289,6
200,00	119,4	200,00	169,0	200,00	226,1	200,00	291,8
500,00	121,4	500,00	171,2	500,00	229,2	500,00	294,3
1440,00	123,0	1440,00	173,7	1440,00	231,9		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00032	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 5.50-6.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	70	113	162
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,29 -0,11	3,24 -0,20	4,15 -0,37
Umidità iniziale e umidità finale (%):	14,3 14,7	14,5 14,9	14,0 14,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,1 20,2	20,2 20,2	20,3 20,3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	95,8 98,2	97,4 99,5	98,8 98,9

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

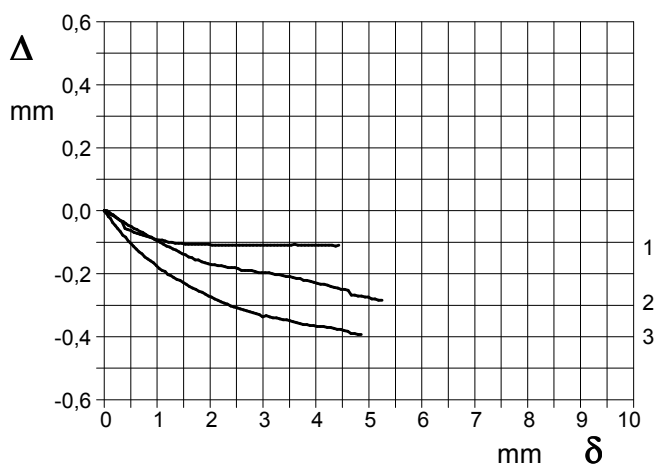
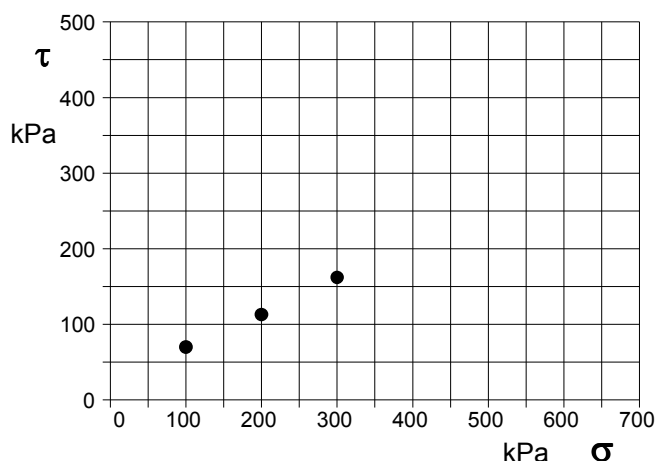


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

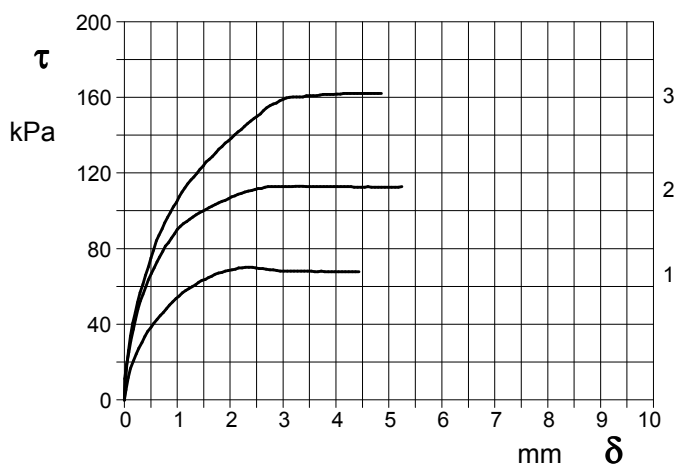


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00032	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

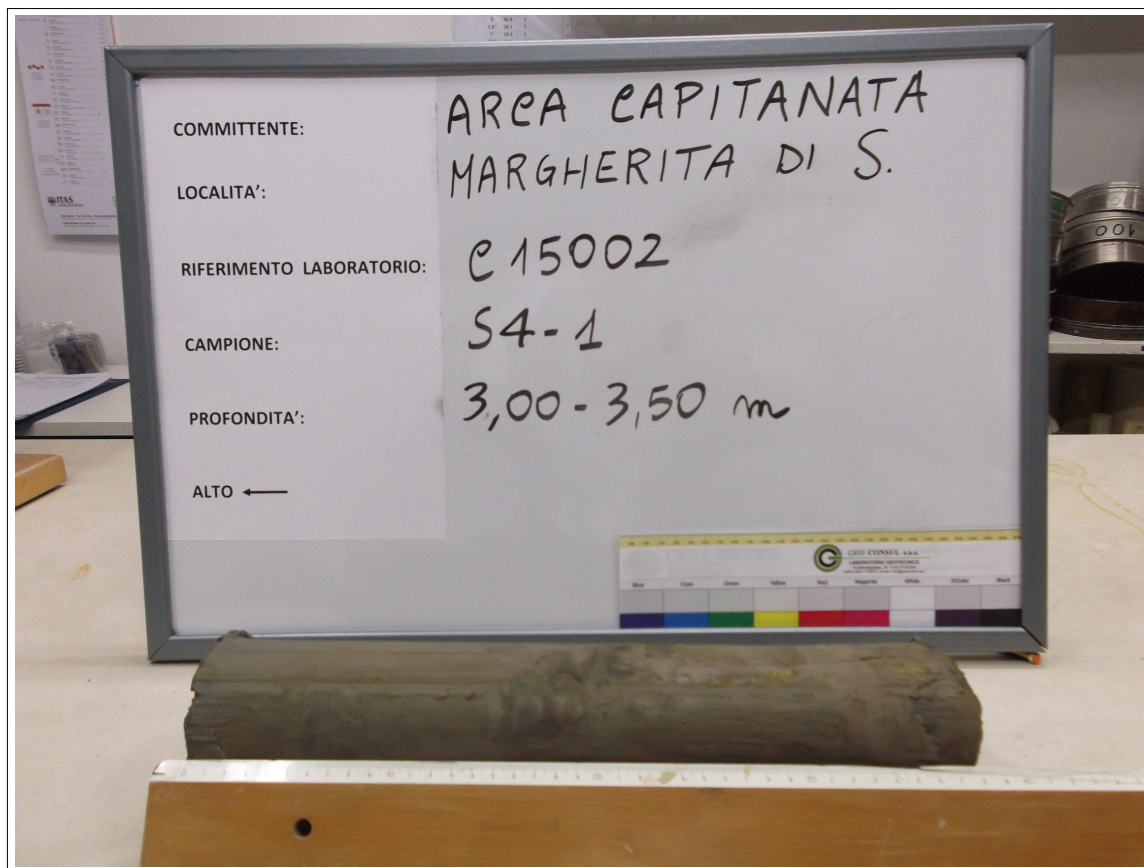
COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	5.50-6.00	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,035	5	0,00	0,010	11	0,00	0,019	7	-0,01
0,118	17	-0,01	0,125	31	-0,01	0,080	26	-0,02
0,224	24	-0,02	0,256	48	-0,02	0,160	40	-0,04
0,335	30	-0,03	0,406	60	-0,04	0,252	51	-0,06
0,444	36	-0,06	0,565	70	-0,06	0,351	61	-0,08
0,559	41	-0,07	0,725	79	-0,07	0,454	70	-0,10
0,677	44	-0,07	0,891	86	-0,08	0,553	79	-0,11
0,795	48	-0,08	1,060	92	-0,10	0,658	87	-0,13
0,914	52	-0,09	1,236	96	-0,12	0,767	94	-0,15
1,035	55	-0,09	1,415	99	-0,13	0,875	99	-0,16
1,156	58	-0,10	1,597	102	-0,15	0,984	104	-0,17
1,281	60	-0,10	1,779	104	-0,16	1,092	110	-0,19
1,405	62	-0,10	1,964	106	-0,17	1,201	114	-0,20
1,530	64	-0,11	2,150	109	-0,17	1,313	118	-0,21
1,655	65	-0,11	2,341	110	-0,18	1,431	122	-0,22
1,779	67	-0,11	2,530	112	-0,18	1,546	126	-0,23
1,904	68	-0,11	2,718	113	-0,19	1,667	129	-0,25
2,035	69	-0,11	2,916	113	-0,20	1,789	133	-0,26
2,163	70	-0,11	3,111	113	-0,20	1,910	136	-0,26
2,290	70	-0,11	3,306	113	-0,20	2,028	138	-0,27
2,418	70	-0,11	3,504	113	-0,21	2,150	142	-0,28
2,549	69	-0,11	3,702	113	-0,21	2,271	145	-0,29
2,683	69	-0,11	3,897	113	-0,22	2,389	148	-0,30
2,814	69	-0,11	4,089	113	-0,23	2,514	150	-0,31
2,948	68	-0,11	4,284	113	-0,24	2,629	153	-0,31
3,079	68	-0,11	4,475	112	-0,25	2,750	156	-0,32
3,210	68	-0,11	4,670	112	-0,27	2,875	157	-0,33
3,338	68	-0,11	4,862	112	-0,27	2,996	159	-0,34
3,469	68	-0,11	5,053	112	-0,28	3,124	160	-0,34
3,597	68	-0,11	5,245	113	-0,28	3,252	160	-0,34
3,725	68	-0,11				3,380	160	-0,35
3,855	68	-0,11				3,507	161	-0,35
3,983	68	-0,11				3,635	161	-0,36
4,114	68	-0,11				3,760	161	-0,36
4,242	68	-0,11				3,891	161	-0,36
4,370	68	-0,11				4,018	162	-0,37
						4,146	162	-0,37
						4,274	162	-0,37
						4,405	162	-0,38
						4,536	162	-0,38
						4,660	162	-0,39
						4,791	162	-0,39

COMMITTENTE: Dott. Sorbello		
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia		
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.00-3.50





CERTIFICATO DI PROVA N°: 00033	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 51,5 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA**

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.00-3.50	

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 16,8 kN/m³

SGEO - Laboratorio 3.0 - 2012

Sperimentatore
Ing. Laura Sorbello

Il Direttore del laboratorio
Geol. Isidoro Sorbello

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00035	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,04

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,00

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,6 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00036	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 16/03/15
Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4		CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.00-3.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

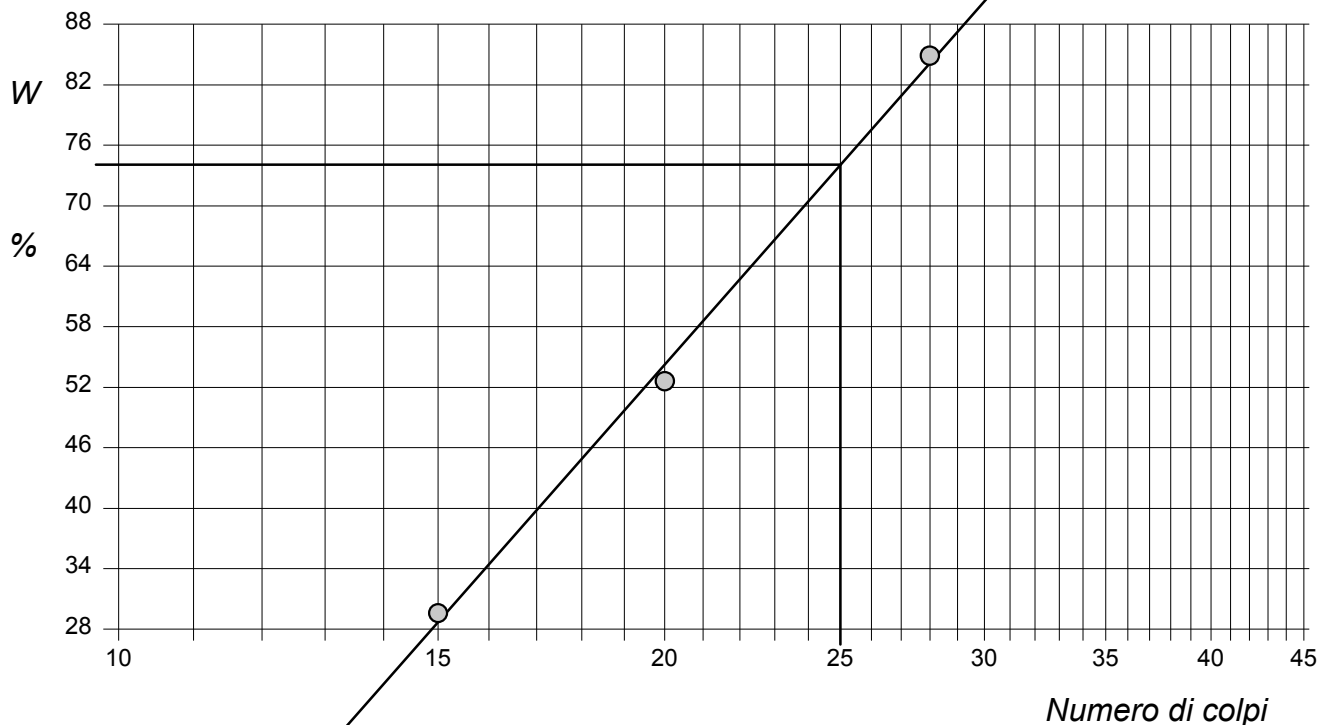
Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	74,2 %
Limite di plasticità	37,5 %
Indice di plasticità	36,7 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
 granulometrica passante al setaccio
 n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	15	20	28		Umidità (%)	37,5	
Umidità (%)	29,6	52,6	84,9		Umidità media (%)	18,8	

Determinazione del Limite di liquidità



**GEO CONSUL S.p.A.**LABORATORIO GEOTECNICO
Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.euAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIACertificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00036** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 16/03/15

Apertura campione: 12/03/2015

Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

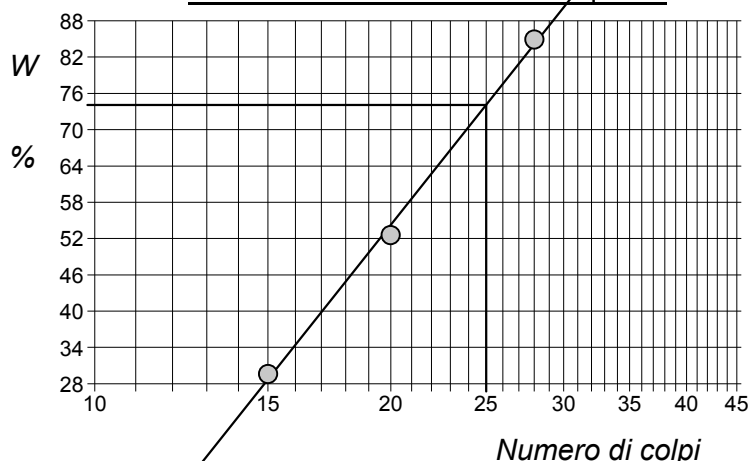
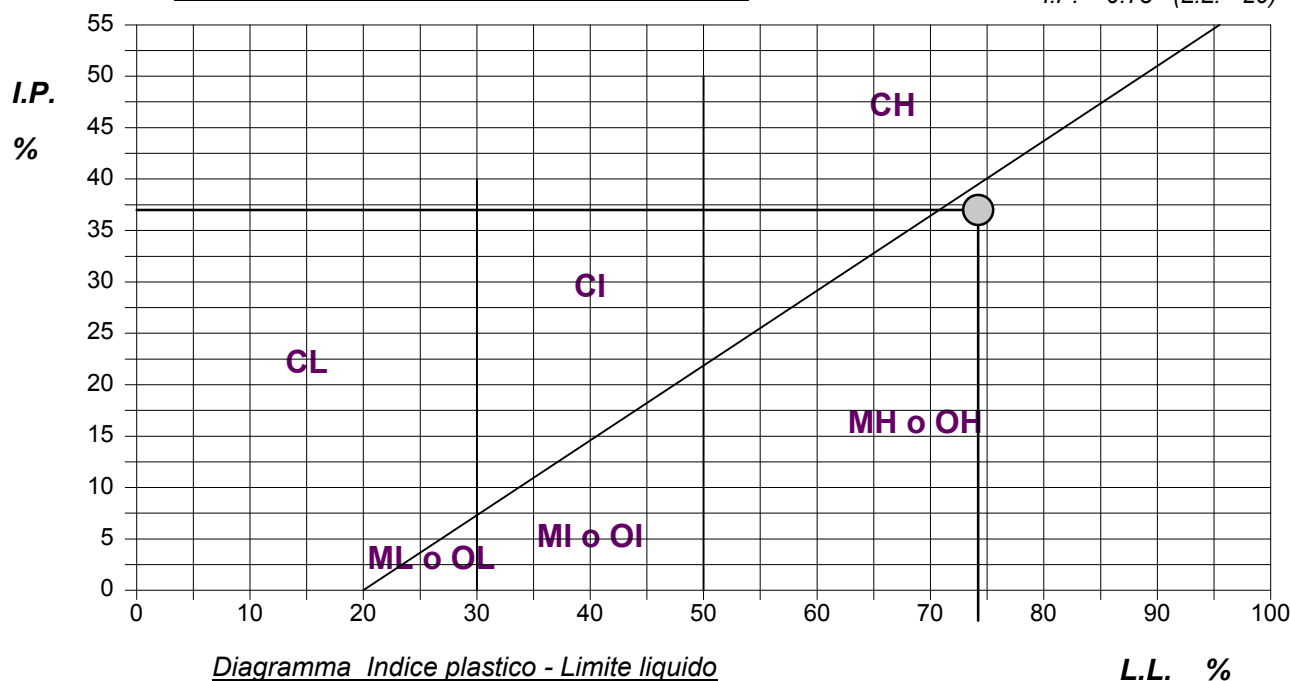
Limite di liquidità	74,2	
Limite di plasticità	37,5	
Indice di plasticità	36,7	%
Indice di consistenza	0,62	%
Passante al set. n° 40	SI	%

C - Argille inorganiche

L - Bassa compressibilità

M - Limi inorganici

I - Media compressibilità

O - Argille e limi organici**H - Alta compressibilità****Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

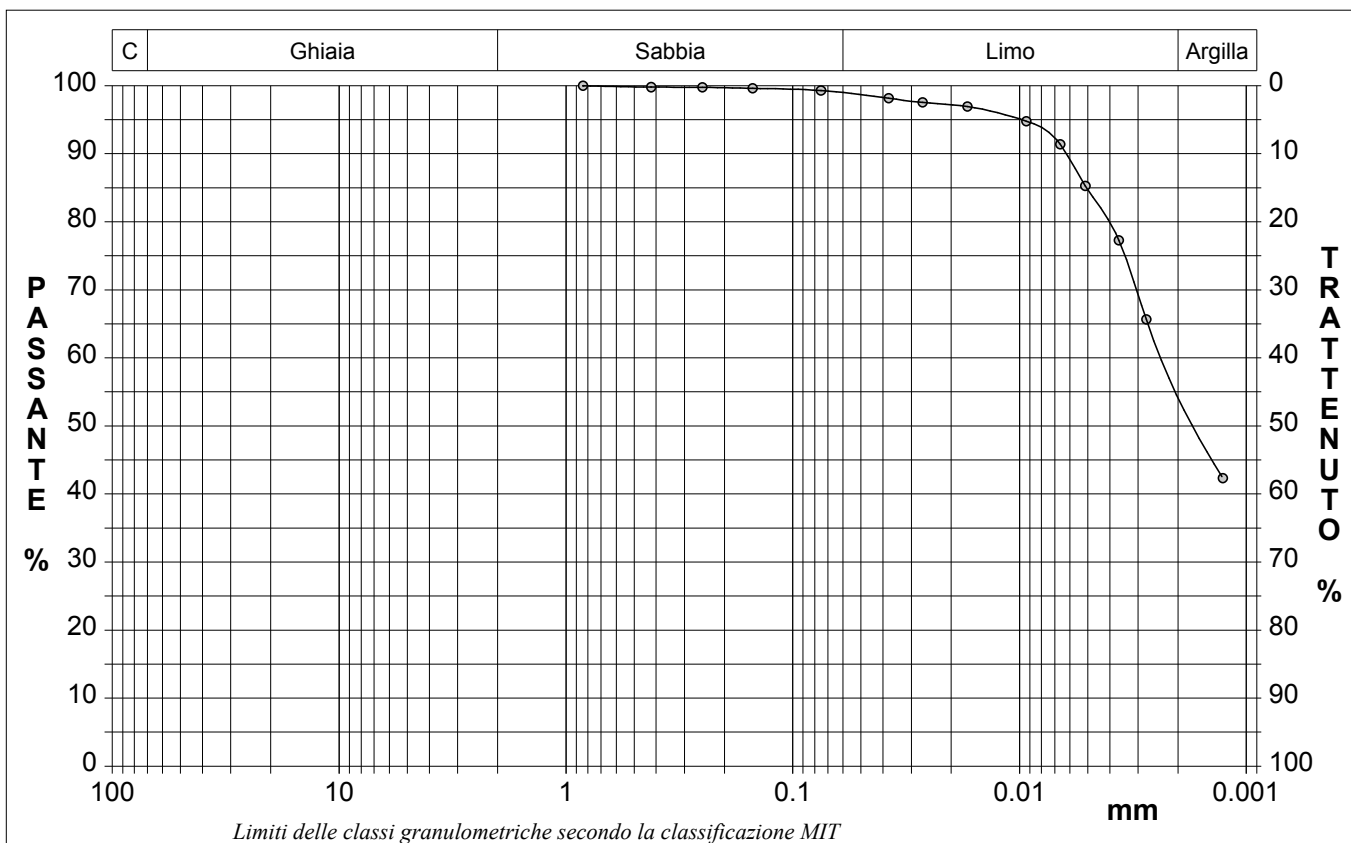
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00037	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	1,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,8 %	D30	---	mm
Limo	42,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,3 %	D50	0,00164	mm
Argilla	56,0 %			D60	0,00229	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,00624	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8410	100,00	0,0377	98,15	0,0051	85,27				
0,4200	99,79	0,0268	97,54	0,0036	77,29				
0,2500	99,75	0,0170	96,93	0,0028	65,64				
0,1500	99,62	0,0093	94,78	0,0013	42,33				
0,0750	99,27	0,0066	91,40						



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00037	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.00-3.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

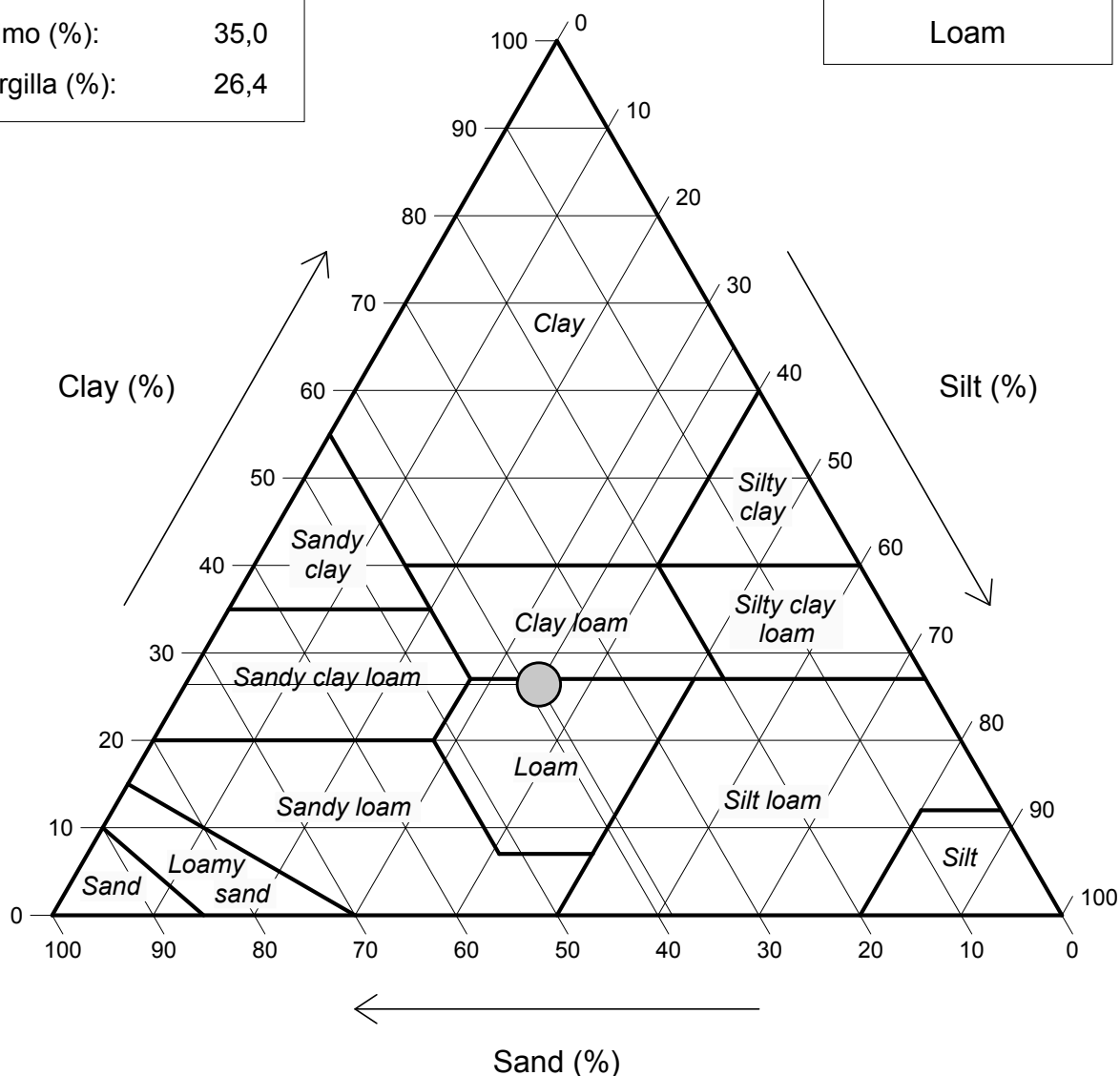
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 38,6

Limo (%): 35,0

Argilla (%): 26,4

Loam



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00038	Pagina 1/3
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4		CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.00-3.50

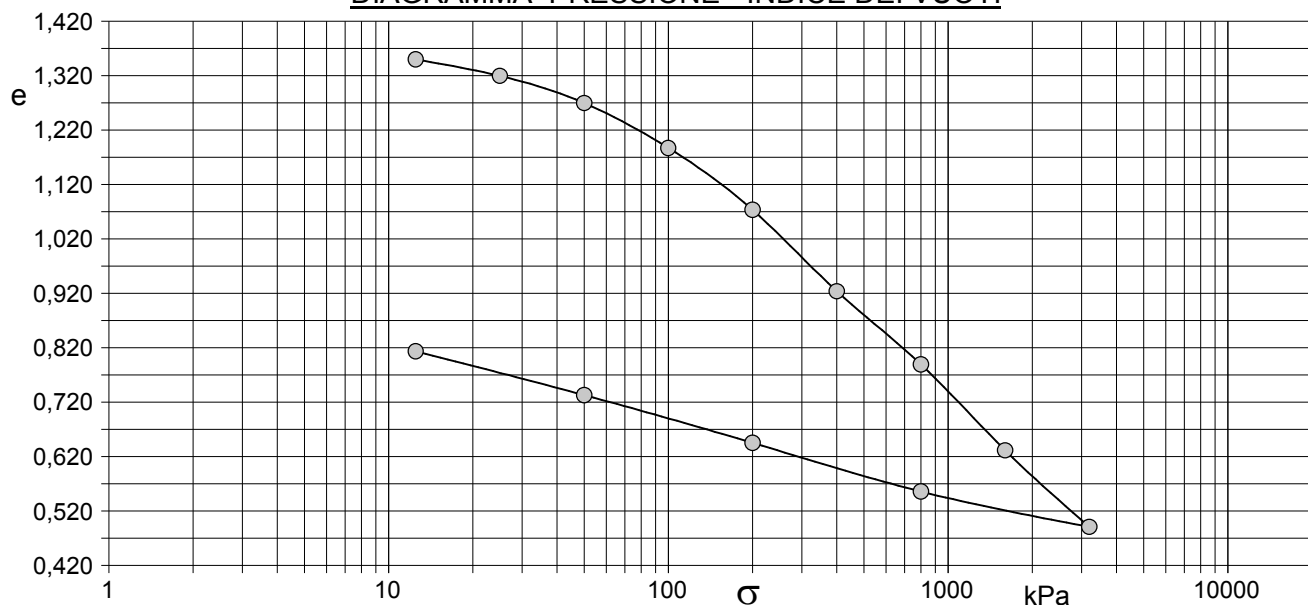
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

Caratteristiche del campione

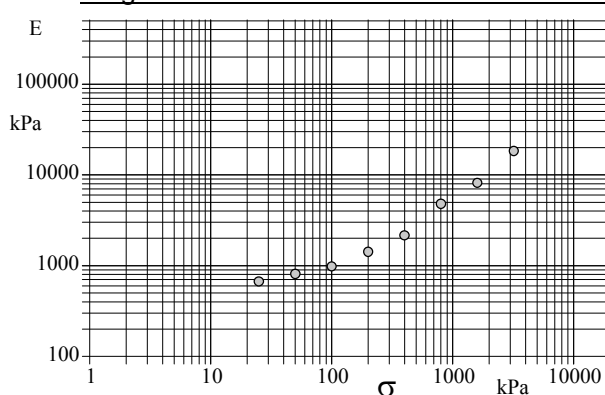
Peso di volume (kN/m³)	16,77	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	1,37
Umidità (%)	52,8	Volume provino (cm³)	80,08	Porosità (%)	57,84
Peso specifico (kN/m³)	26,04	Volume dei vuoti (cm³)	46,32	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,5	18,9	1,350		
25,0	44,3	1,320	0,100	984
50,0	86,3	1,270	0,165	1190
100,0	155,9	1,187	0,274	1437
200,0	251,8	1,073	0,378	2086
400,0	377,8	0,924	0,496	3175
800,0	491,2	0,790	0,447	7056
1600,0	624,2	0,632	0,524	12030
3200,0	742,8	0,491	0,467	26974
800,0	688,0	0,556		
200,0	612,7	0,645		
50,0	538,7	0,733		
12,5	470,8	0,814		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico





GEO CONSUL s.a.s.

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.eu

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00038 Pagina 2/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 12/03/15

Apertura campione: 12/03/2015

Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S4

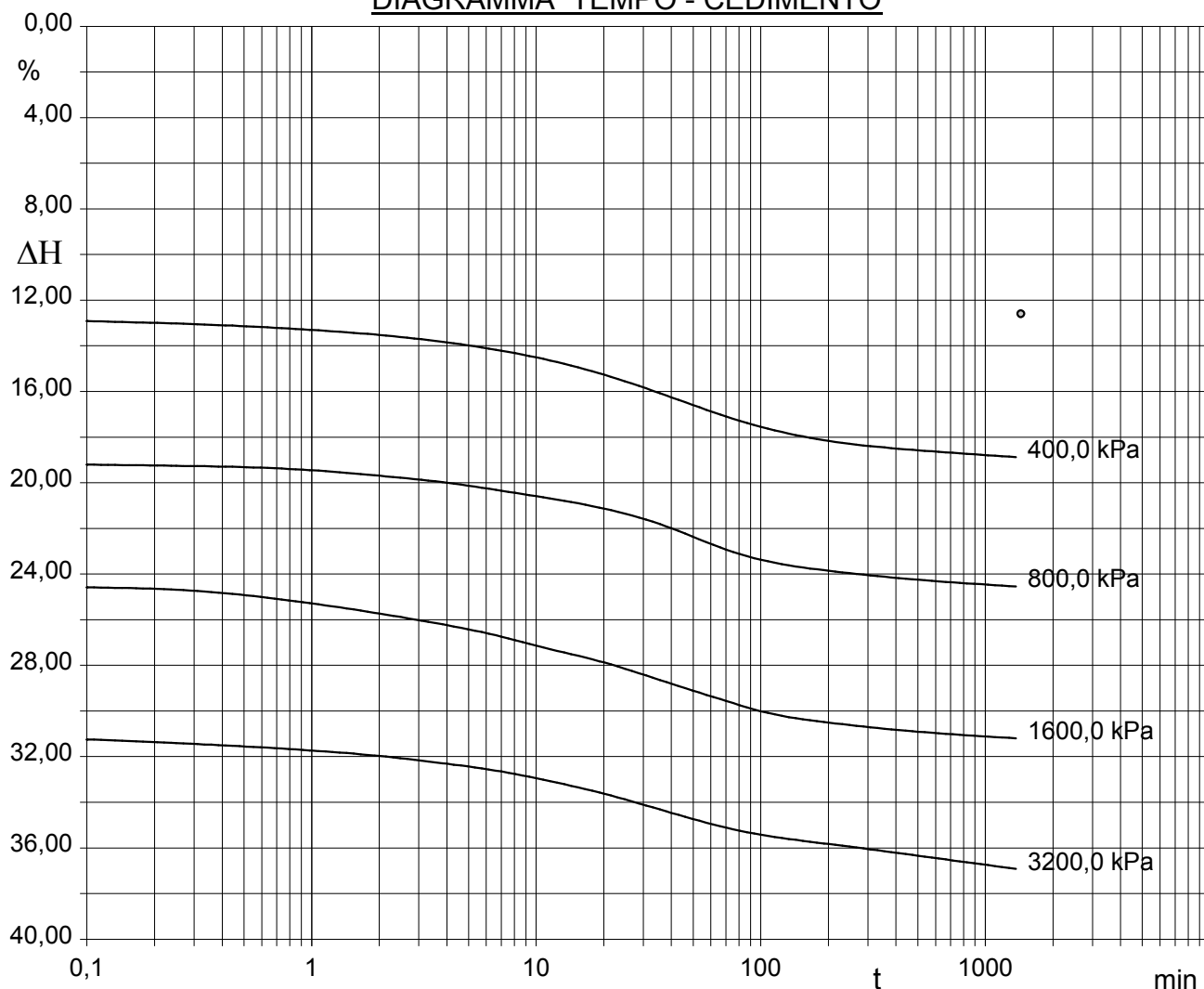
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00038	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.00-3.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	251,8	0,00	377,8	0,00	491,2	0,00	624,2
0,10	258,3	0,10	384,1	0,10	491,6	0,10	624,9
0,25	260,4	0,25	385,1	0,25	493,7	0,25	628,3
1,00	266,0	1,00	389,0	1,00	505,7	1,00	635,0
2,00	270,4	2,00	393,9	2,00	514,6	2,00	639,9
4,00	277,0	4,00	400,0	4,00	524,8	4,00	647,0
7,00	284,2	7,00	407,0	7,00	534,8	7,00	654,0
10,00	290,0	10,00	411,7	10,00	542,7	10,00	660,1
20,00	305,2	20,00	422,5	20,00	557,4	20,00	674,1
40,00	325,0	40,00	439,8	40,00	576,1	40,00	691,4
70,00	341,8	70,00	458,5	70,00	591,2	70,00	704,8
100,00	351,0	100,00	467,5	100,00	600,2	100,00	711,2
200,00	363,3	200,00	477,1	200,00	610,2	200,00	719,6
500,00	371,5	500,00	484,9	500,00	618,2	500,00	730,3
1440,00	377,8	1440,00	491,2	1440,00	624,2	1440,00	742,8

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00039 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 19/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 22/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	250	400
Tensione a rottura (kPa):	42	83	132
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,39 -0,20	2,85 -0,32	4,81 -0,37
Umidità iniziale e umidità finale (%):	36,5 37,9	37,1 37,6	37,7 37,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,7 17,9	17,8 17,8	17,9 17,9
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	96,1 99,7	97,4 98,9	99,7 99,9

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

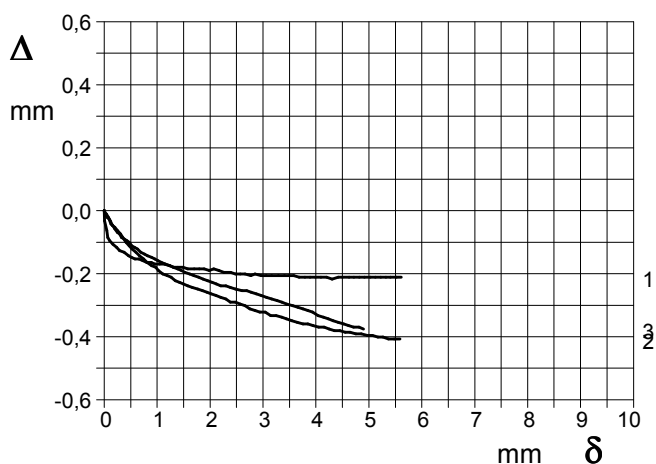
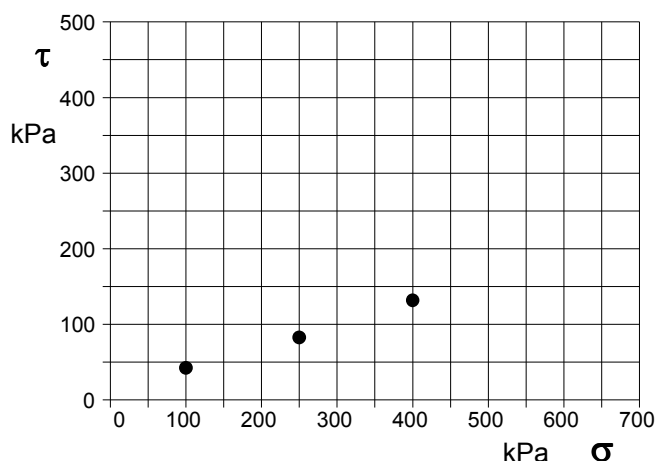


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

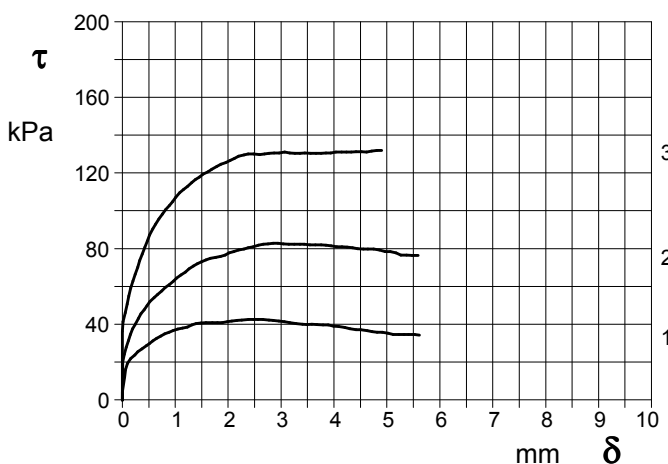


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00039	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:27/03/2015	Inizio analisi: 19/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 22/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.00-3.50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00040	Pagina 0/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DELLA PROVA

PROVINO	1	2	3	PROVINO	1	2	3
Condizioni	Ricostituito	Indisturbato	Indisturbato	Pressioni iniziali			
Caratteristiche iniziali dei provini				Pressione di cella (kPa)	100	200	300
Massa (g)	144,86	146,86	151,88	Back pressure (kPa)			
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Pressione efficace (kPa)	100	200	300
Diametro (cm)	3,81	3,81	3,81	Valori finali o a rottura			
Sezione (cm²)	11,40	11,40	11,40	Deformazione verticale (%)	13,4	12,5	11,9
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	102	125	165
Peso di volume (kN/m³)	16,4	16,6	17,1	Pressione interstiziale (kPa)	-	-	-
Umidità (%)	51,2	49,2	45,9	$(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ (kPa)	151	262	383
Peso specifico	26,0	26,0	26,0	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	151	262	383
Peso di volume secco (kN/m³)	10,8	11,1	11,8	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	51	62	83
Grado di saturazione (%)	96,6	97,2	100,0	Calcolo della velocità di prova			
Parametri di saturazione				T100 (minuti)	0,0	0,0	0,0
Coefficiente B				Deformazione stimata (mm)	7	7	7
Caratteristiche dopo la consolidazione				Velocità di prova (mm/min)	0,000	0,000	0,000
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Velocità di prova (mm/min)	0,006		
Variazione altezza (%)	0,0	0,0	0,0				
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87				
Variazione volume (%)	0,0	0,0	0,0				
Peso di volume (kN/m³)	13,5	13,6	14,3				
Umidità (%)	24,86	22,55	21,99				
Grado di saturazione (%)	46,9	44,6	48,0				
Caratteristiche dopo la rottura							
Altezza (cm)	5,96	5,98	5,97				
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87				
Peso di volume (kN/m³)	13,5	13,6	14,3				
Umidità (%)	24,86	22,55	21,99				
Grado di saturazione (%)	46,9	44,6	48,0				

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00040 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

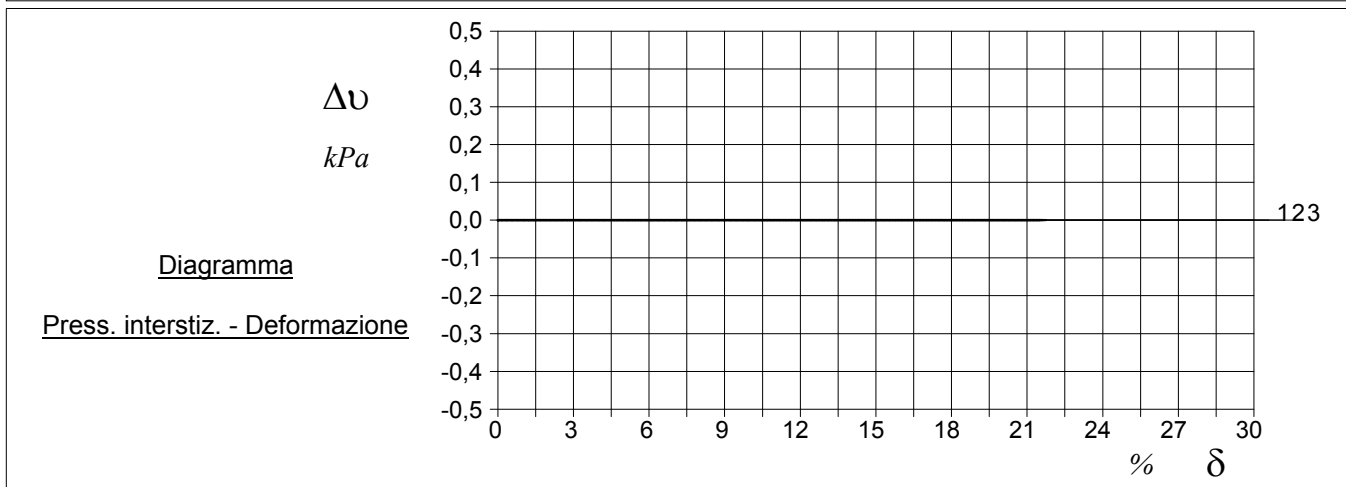
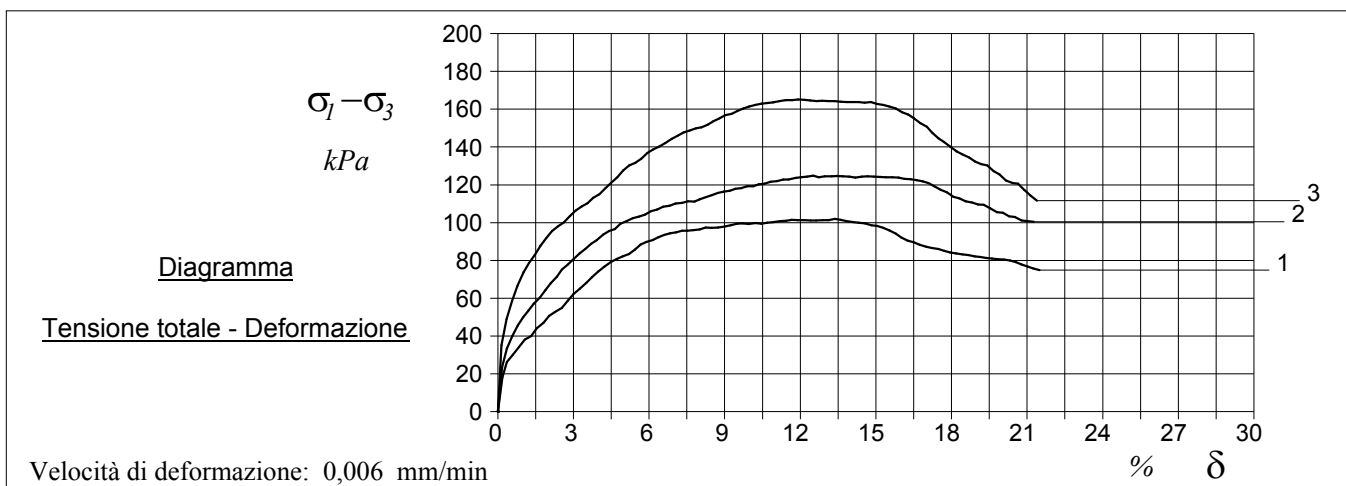
DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 12/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura						
n	H _o	φ	γ	γ _s	w _o	S _o	σ ₃	u _o	σ' ₃	ΔV/V	ΔH/H	w _f	δ _f	σ ₁ -σ ₃	u	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$	$\frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2}$	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$
	cm	cm	kN/m³	kN/m³	%	%	kPa	kPa	kPa	%	%	%	%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
1	7,62	3,81	16,4	26,0	51,2	96,6	100	0	100	0,0	0,0	24,9	13,4	102	0	151	151	51
2	7,62	3,81	16,6	26,0	49,2	97,2	200	0	200	0,0	0,0	22,6	12,5	125	0	262	262	62
3	7,62	3,81	17,1	26,0	45,9	100,0	300	0	300	0,0	0,0	22,0	11,9	165	0	383	383	83
H _o φ - Altezza e diametro provini w _o w _f - Umidità iniziale e finale						γ γ _s - Peso di volume e peso spec. S _o - Grado di saturazione iniziale				ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume σ ₃ /u _o - Press. di cella/Back pressure				δ _f - Deformazione a rottura σ σ' - Tensioni totali e efficaci				



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00040 Pagina 0/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 12/03/15
Apertura campione: 12/03/2015 Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

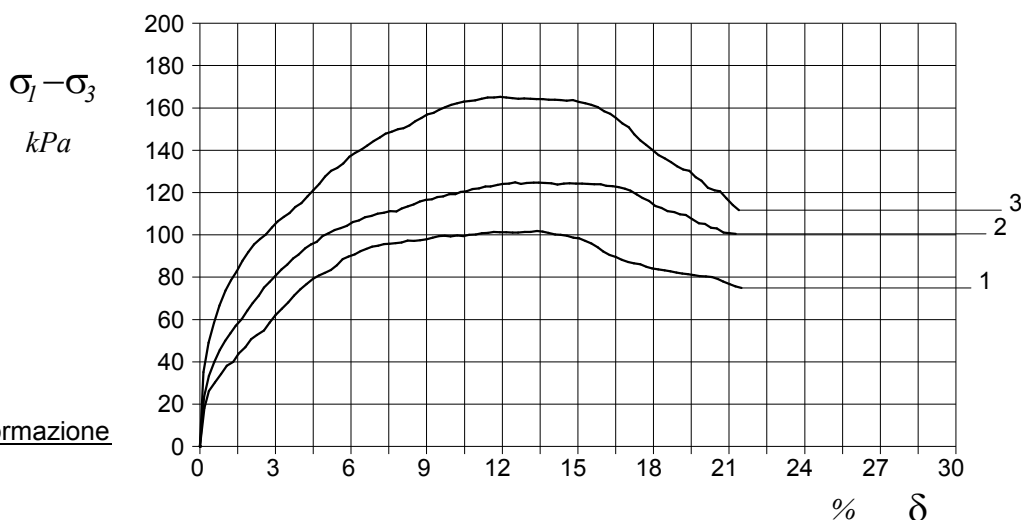
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m ³	γ _s kN/m ³	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa
1	7,62	3,81	16,4	26,0	51,2	96,6	100	0	100	0,0	0,0	24,9	13,4	102	0
2	7,62	3,81	16,6	26,0	49,2	97,2	200	0	200	0,0	0,0	22,6	12,5	125	0
3	7,62	3,81	17,1	26,0	45,9	100,0	300	0	300	0,0	0,0	22,0	11,9	165	0

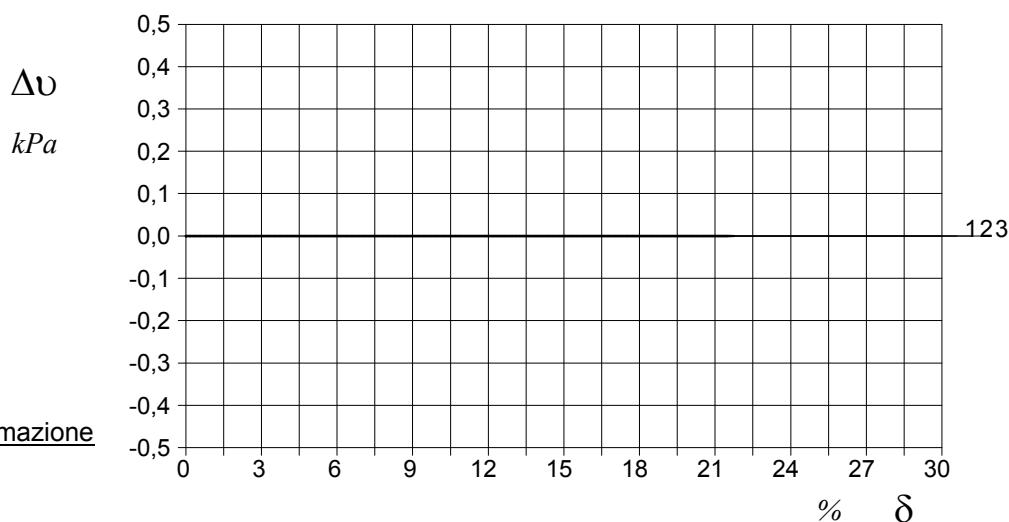
Diagramma

Tensione totale - Deformazione



Diagramma

Press. interstiz. - deformazione



**GEO CONSUL s.a.s.****LABORATORIO GEOTECNICO**Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.euAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIACertificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00040	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 12/03/2015	Fine analisi: 15/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-95 , Racc. AGI 1994

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,14	0,18	18,2		0,13	0,17	23,6		0,11	0,15	35,2	
0,28	0,36	26,3		0,27	0,36	33,4		0,26	0,35	49,0	
0,45	0,59	30,3		0,43	0,57	40,0		0,43	0,56	58,4	
0,64	0,84	34,2		0,60	0,79	45,6		0,59	0,78	66,6	
0,82	1,07	38,1		0,76	1,00	50,1		0,77	1,01	73,8	
1,01	1,32	40,1		0,92	1,21	53,5		0,94	1,24	78,6	
1,18	1,54	44,0		1,08	1,42	57,1		1,12	1,47	82,8	
1,37	1,80	47,0		1,27	1,67	60,3		1,29	1,69	87,8	
1,55	2,03	50,7		1,43	1,88	64,2		1,47	1,92	91,9	
1,73	2,27	52,8		1,60	2,10	67,9		1,64	2,15	95,5	
1,93	2,54	54,8		1,78	2,34	71,3		1,82	2,38	98,0	
2,11	2,77	58,7		1,94	2,55	75,1		2,00	2,62	100,1	
2,29	3,00	62,2		2,11	2,77	77,8		2,18	2,86	103,5	
2,48	3,26	65,1		2,29	3,01	80,8		2,36	3,09	106,4	
2,67	3,51	68,1		2,47	3,24	83,7		2,54	3,33	108,6	
2,85	3,74	71,2		2,64	3,47	86,0		2,72	3,56	110,3	
3,04	3,99	74,3		2,82	3,70	88,8		2,89	3,79	113,1	
3,23	4,24	76,7		2,99	3,92	90,7		3,07	4,02	115,1	
3,43	4,50	79,3		3,19	4,18	93,6		3,25	4,27	118,2	
3,60	4,73	80,9		3,36	4,41	95,5		3,43	4,49	121,1	
3,78	4,95	82,1		3,53	4,63	96,6		3,61	4,74	124,0	
3,96	5,20	83,4		3,71	4,87	99,4		3,79	4,97	127,6	
4,15	5,44	85,7		3,89	5,11	100,7		3,98	5,22	130,3	
4,32	5,67	88,5		4,07	5,35	102,3		4,16	5,45	131,5	
4,49	5,90	89,8		4,26	5,59	103,2		4,34	5,69	133,7	
4,86	6,38	92,3		4,63	6,07	106,0		4,70	6,17	138,7	
5,21	6,84	94,4		5,00	6,56	108,4		5,06	6,64	142,1	
5,57	7,31	95,7		5,38	7,06	110,0		5,44	7,14	146,1	
5,92	7,77	96,1		5,75	7,55	111,2		5,80	7,61	148,7	
6,29	8,25	97,4		6,10	8,01	112,4		6,16	8,08	150,4	
6,66	8,74	97,4		6,46	8,48	114,5		6,52	8,55	153,7	
7,04	9,23	98,6		6,83	8,96	116,5		6,88	9,02	156,9	
7,41	9,73	99,6		7,19	9,43	117,8		7,24	9,50	159,1	
7,78	10,21	99,7		7,54	9,90	119,2		7,60	9,98	161,4	
8,14	10,69	100,0		7,89	10,35	120,3		7,98	10,47	163,0	
8,53	11,19	100,7		8,25	10,82	121,7		8,33	10,93	163,6	
8,89	11,67	101,5		8,63	11,33	122,9		8,70	11,42	164,9	
9,26	12,15	101,3		9,00	11,81	123,7		9,08	11,91	165,2	
9,62	12,63	101,1		9,35	12,27	124,3		9,45	12,40	164,6	
10,00	13,13	101,4		9,70	12,73	124,0		9,80	12,87	164,4	
10,36	13,60	101,5		10,09	13,25	124,6		10,18	13,36	164,2	
10,74	14,10	100,2		10,44	13,70	124,5		10,55	13,84	163,9	
11,10	14,57	99,6		10,81	14,19	123,8		10,91	14,32	163,8	
11,47	15,06	98,3		11,19	14,68	124,4		11,28	14,80	163,8	
11,84	15,53	96,0		11,56	15,17	124,2		11,65	15,29	162,2	
12,20	16,01	92,2		11,92	15,65	123,9		12,03	15,79	160,4	
12,58	16,50	89,6		12,30	16,14	123,1		12,41	16,28	157,2	
12,95	16,99	87,2		12,66	16,62	122,6		12,77	16,76	152,6	
13,32	17,48	86,1		13,02	17,09	120,9		13,13	17,24	147,5	
13,67	17,94	84,1		13,39	17,57	117,4		13,49	17,71	142,6	
14,05	18,44	83,2		13,77	18,07	113,6		13,88	18,21	137,8	
14,42	18,92	82,2		14,14	18,56	111,3		14,25	18,70	134,4	
14,76	19,37	81,4		14,52	19,05	109,7		14,61	19,17	130,9	
15,11	19,83	80,6		14,88	19,53	107,5		14,99	19,67	127,3	
15,48	20,32	80,0		15,27	20,04	105,2		15,36	20,16	122,3	
15,83	20,77	77,9		15,63	20,51	103,0		15,73	20,65	120,5	
16,20	21,25	75,7		16,02	21,02	100,8		16,11	21,15	114,1	
16,57	21,75	73,3		16,38	21,50	98,7		16,48	21,63	110,8	



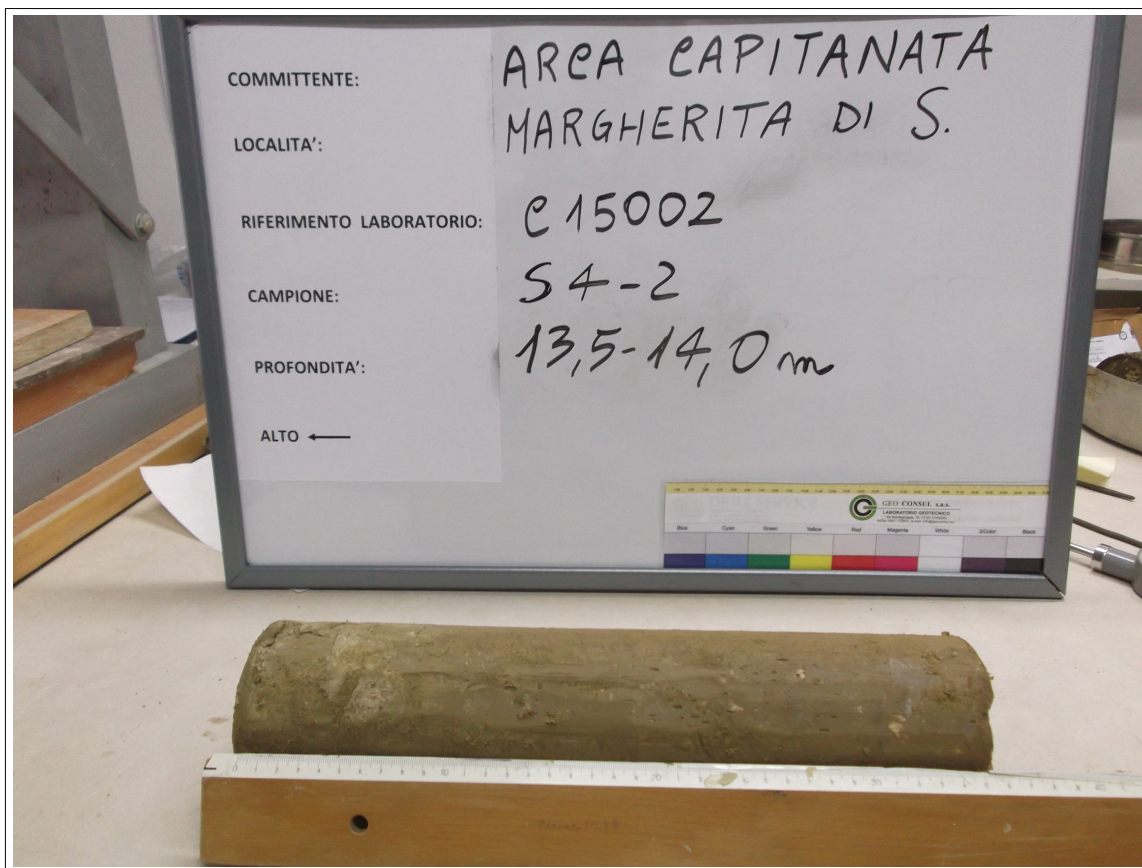
COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.50-14.00



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00041	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 14/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 13.50-14.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-80

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 28,3 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00042	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	13.50-14.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 20,8 kN/m³



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00043	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 17/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 13.50-14.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854-83

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,69

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,65

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,7 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00044	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 14/03/15
Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4		CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	13.50-14.00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

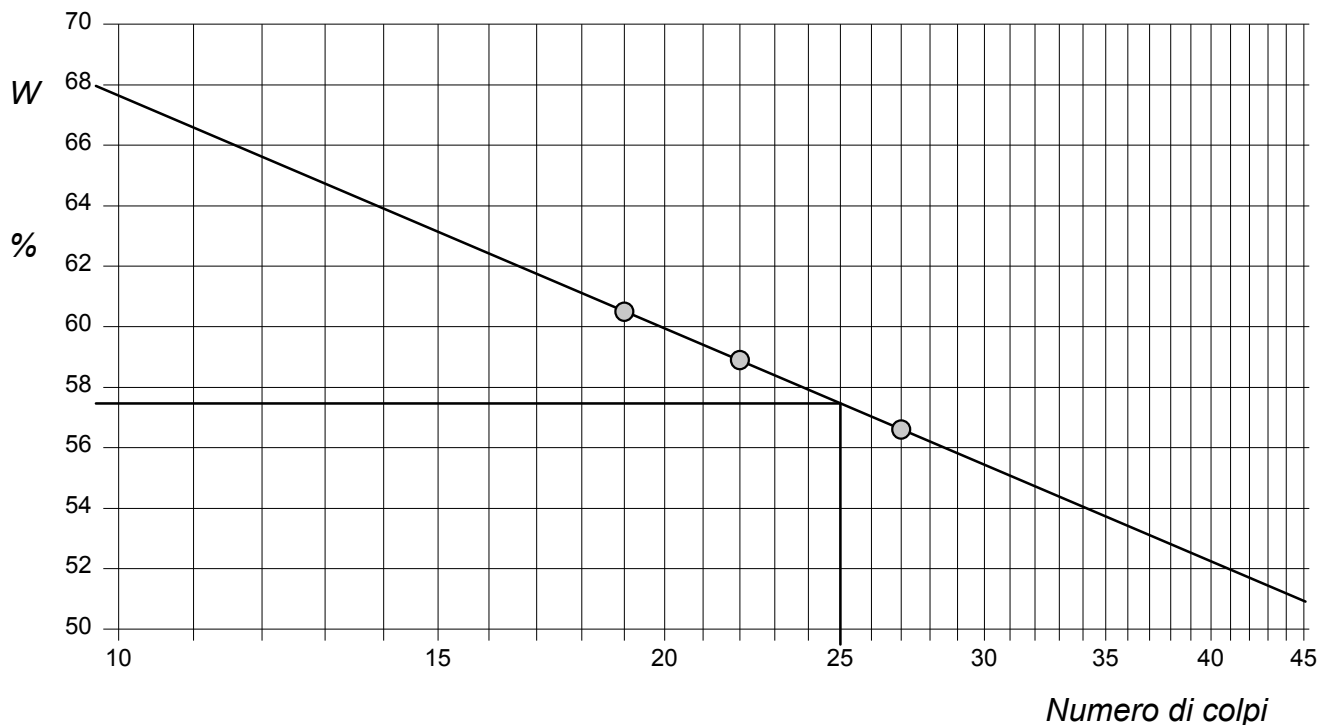
Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	57,5 %
Limite di plasticità	28,1 %
Indice di plasticità	29,4 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
 granulometrica passante al setaccio
 n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	22	27		Umidità (%)	28,1	
Umidità (%)	60,5	58,9	56,6		Umidità media (%)	14,1	

Determinazione del Limite di liquidità



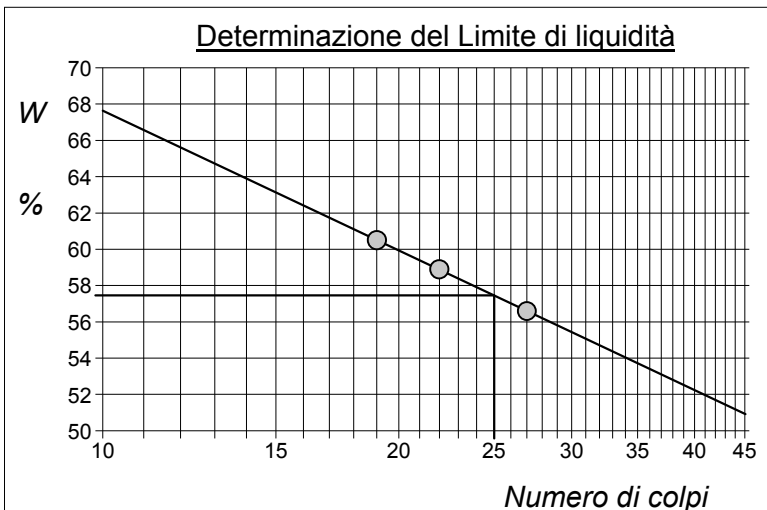
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00044	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 14/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 16/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello		
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia		
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 13.50-14.00

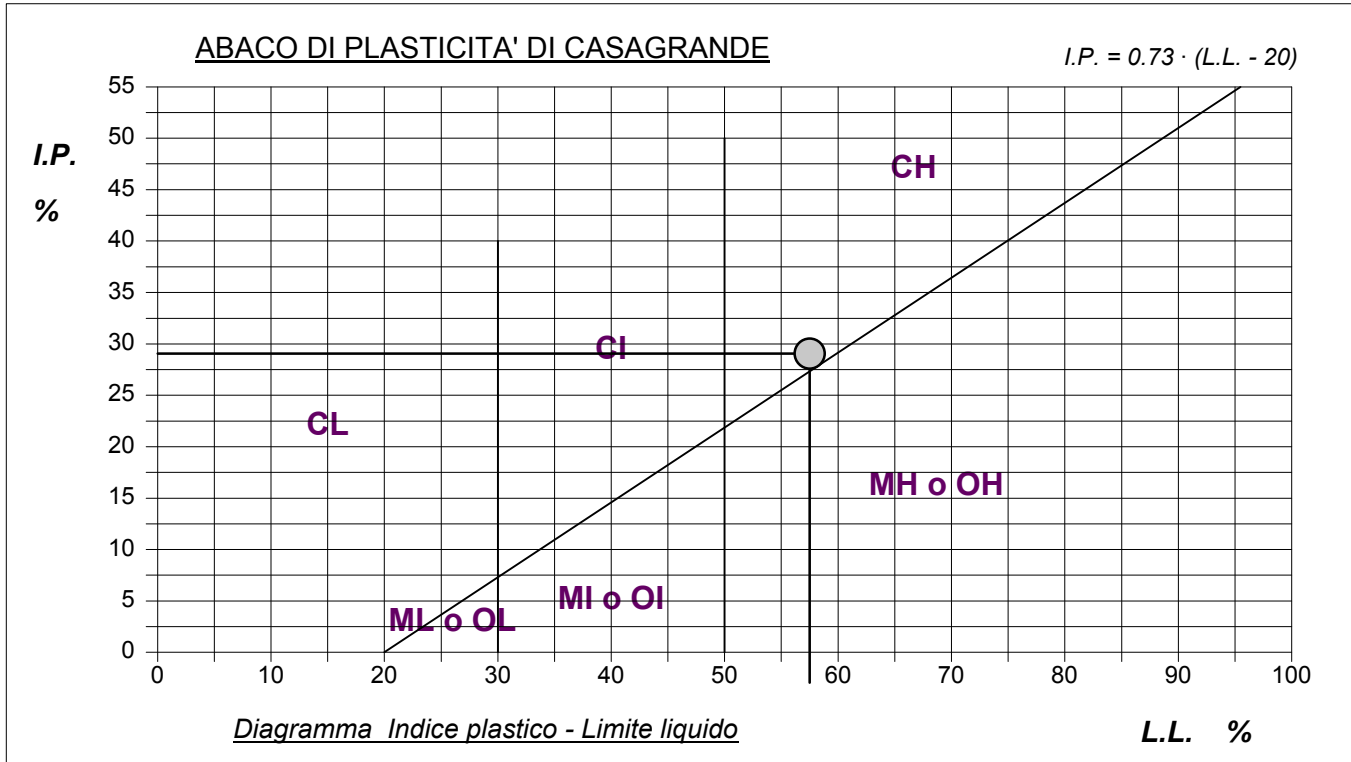
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-84

Limite di liquidità	57,5	
Limite di plasticità	28,1	
Indice di plasticità	29,4	%
Indice di consistenza	0,99	%
Passante al set. n° 40	SI	%



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



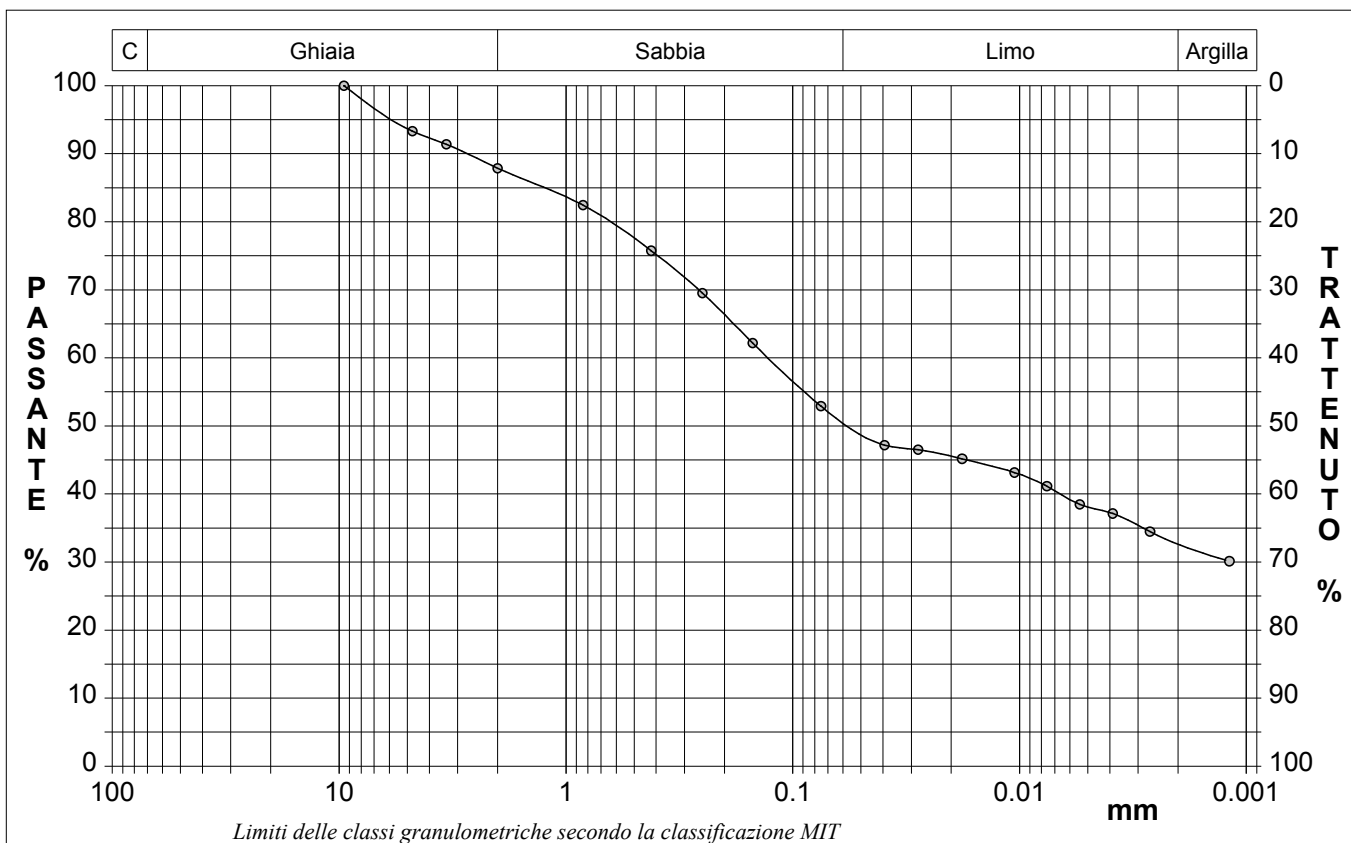
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00045	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 14/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 13.50-14.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Ghiaia	12,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87,9 %	D10	---	mm
Sabbia	37,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	75,2 %	D30	---	mm
Limo	18,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	52,9 %	D50	0,05412	mm
Argilla	32,9 %			D60	0,12750	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	2,73984 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,4200	75,74	0,0280	46,50	0,0039	37,13		
4,7500	93,30	0,2500	69,52	0,0179	45,16	0,0027	34,46		
3,3600	91,38	0,1500	62,17	0,0105	43,15	0,0012	30,11		
2,0000	87,87	0,0750	52,90	0,0076	41,15				
0,8410	82,45	0,0393	47,17	0,0054	38,47				



GEO CONSUL s.a.s.

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.eu

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00045 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 14/03/15

Apertura campione: 13/03/2015

Fine analisi: 17/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.50-14.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

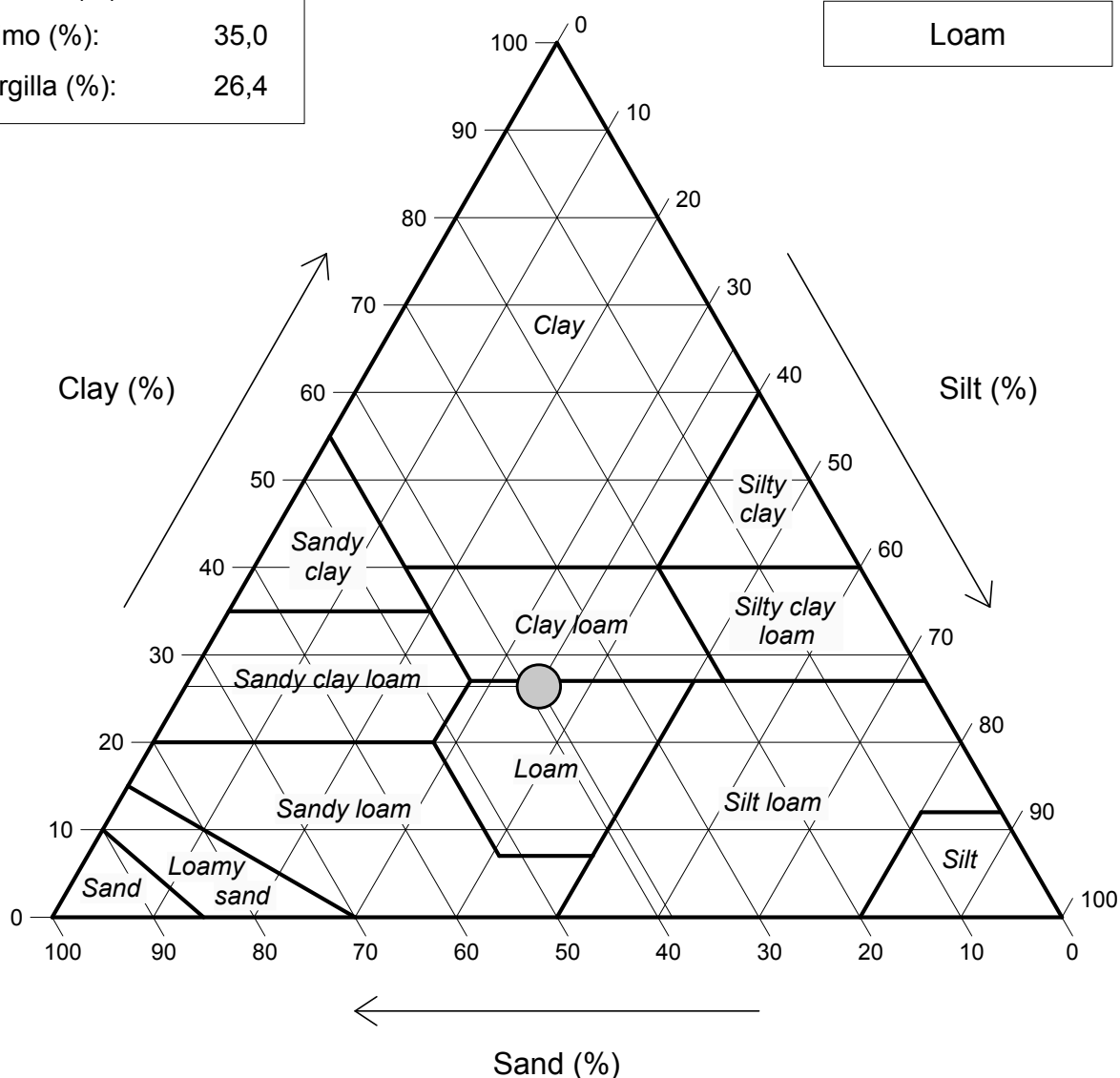
Modalità di prova: Norma ASTM D421-85, Racc. AGI 1994

Sabbia (%): 38,6

Limo (%): 35,0

Argilla (%): 26,4

Loam



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00046	Pagina 1/3
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15	

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 26/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello			
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	13.50-14.00

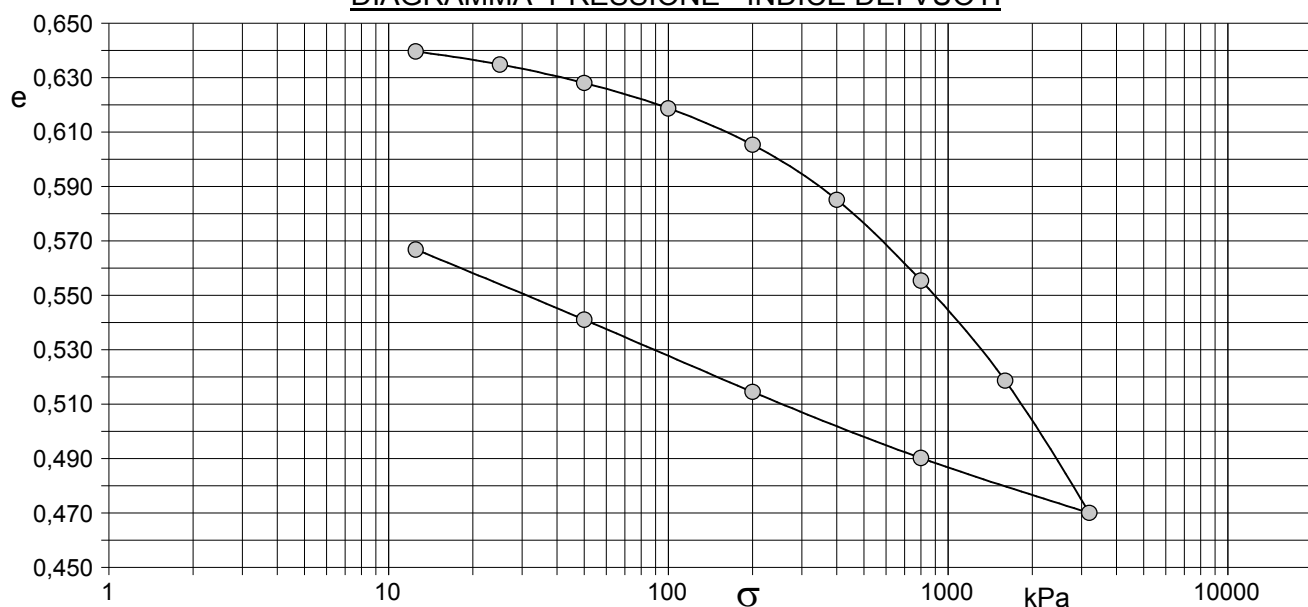
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

Caratteristiche del campione

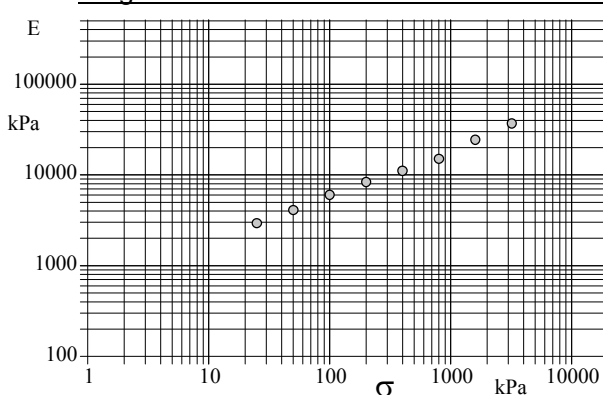
Peso di volume (kN/m³)	20,82	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,64
Umidità (%)	28,3	Volume provino (cm³)	79,97	Porosità (%)	39,20
Peso specifico (kN/m³)	26,69	Volume dei vuoti (cm³)	31,34	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,5	6,1	0,640		
25,0	11,9	0,635	0,016	4310
50,0	20,2	0,628	0,023	6024
100,0	31,5	0,619	0,031	8850
200,0	47,8	0,605	0,045	12270
400,0	72,3	0,585	0,067	16313
800,0	108,5	0,555	0,099	22124
1600,0	153,2	0,519	0,122	35781
3200,0	212,3	0,470	0,161	54170
800,0	187,7	0,490		
200,0	158,2	0,515		
50,0	125,9	0,541		
12,5	94,6	0,567		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico





GEO CONSUL s.a.s.

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Montegrappa, 79 71121 FOGGIA
tel/fax 0881-770870 e-mail: info@geoconsul.eu

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA: AENOR ITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore A - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
DECRETO n. 0007473/2012-art.59 D.P.R. n.380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00046 Pagina 2/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015

Inizio analisi: 13/03/15

Apertura campione: 13/03/2015

Fine analisi: 26/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello

RIFERIMENTO: Margherita di Savoia

SONDAGGIO: S4

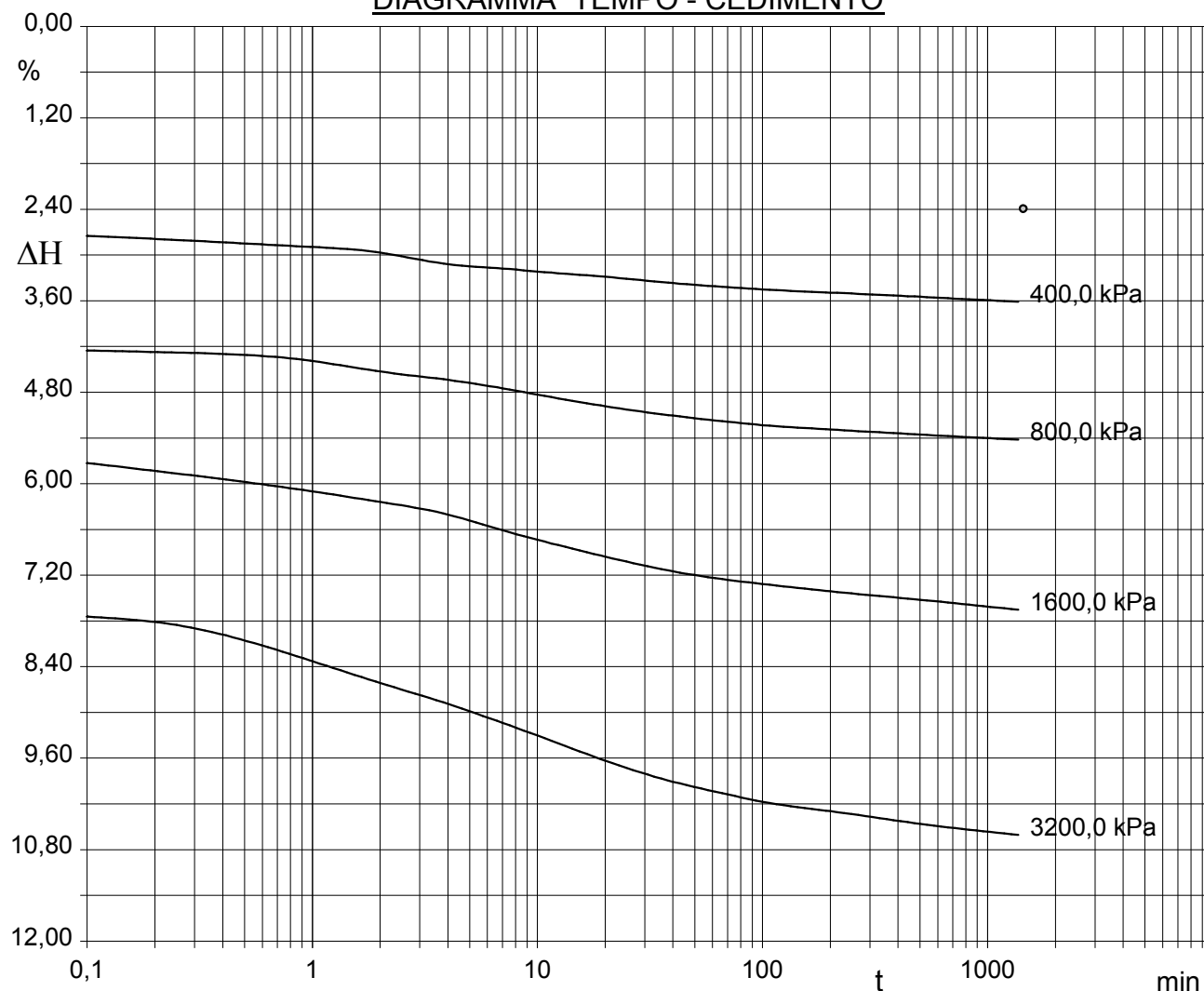
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.50-14.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00046	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015	Inizio analisi: 13/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15		Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 26/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 13.50-14.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435-80, Racc. AGI 1994

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	47,8	0,00	72,3	0,00	108,5	0,00	153,2
0,10	54,9	0,10	85,0	0,10	114,6	0,10	154,9
0,25	56,0	0,25	85,6	0,25	117,3	0,25	157,1
1,00	57,9	1,00	87,8	1,00	122,0	1,00	166,6
2,00	59,3	2,00	90,5	2,00	124,8	2,00	172,2
4,00	62,4	4,00	92,7	4,00	128,1	4,00	177,8
7,00	63,5	7,00	95,0	7,00	132,2	7,00	182,7
10,00	64,3	10,00	96,6	10,00	134,7	10,00	186,0
20,00	65,7	20,00	99,6	20,00	139,1	20,00	192,7
40,00	67,4	40,00	102,1	40,00	143,0	40,00	198,2
70,00	68,4	70,00	103,7	70,00	145,2	70,00	201,5
100,00	69,0	100,00	104,6	100,00	146,3	100,00	203,4
200,00	69,8	200,00	105,8	200,00	148,2	200,00	205,9
500,00	70,9	500,00	107,1	500,00	150,4	500,00	209,2
1440,00	72,3	1440,00	108,5	1440,00	153,2	1440,00	212,3

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00047 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002 del 12/03/15

DATA DI EMISSIONE: 27/03/2015 Inizio analisi: 15/03/15
Apertura campione: 13/03/2015 Fine analisi: 18/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 13.50-14.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	150	300	450
Tensione a rottura (kPa):	90	159	245
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,65 -0,23	2,43 -0,19	2,71 -0,17
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26,7 28,8	27,0 27,8	27,0 27,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,9 19,2	18,9 19,0	19,1 19,2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	91,7 98,8	92,7 95,3	95,5 97,1

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

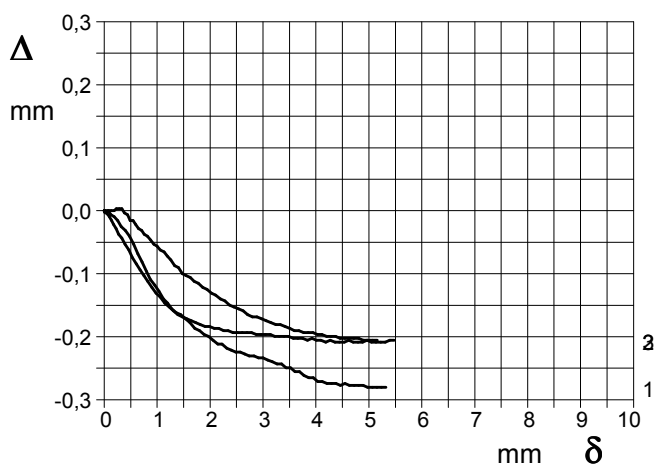
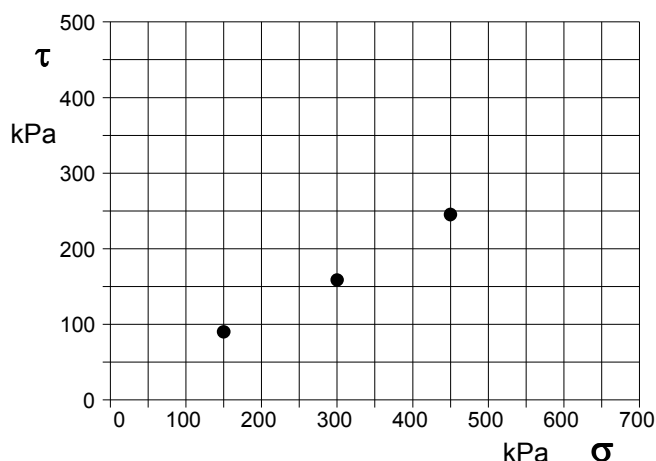


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

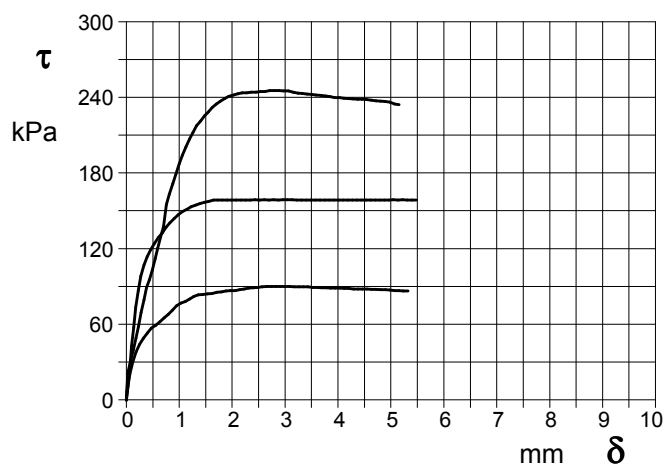


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00047	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:27/03/2015	Inizio analisi: 15/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 5002	del 12/03/15	Apertura campione: 13/03/2015	Fine analisi: 18/03/15

COMMITTENTE: Dott. Sorbello				
RIFERIMENTO: Margherita di Savoia				
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	13.50-14.00	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma D3080-72, Racc. AGI 1994

[illegible]