

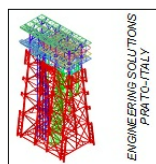


COMUNE DI SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO  
Provincia di Bologna

UFFICIO LAVORI PUBBLICI

ADEGUAMENTO SISMICO DELL'ISTITUTO  
COMPRENSIVO DI SAN BENEDETTO VAL DI  
SAMBRO IN VIA MARCONI N.48/B  
Scuola elementare/media e palestra

PROGETTO STRUTTURALE



STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI INGEGNERIA  
Ing. Claudio Consorti - Ing. Alessio Consigli

Via F. Ferrucci n°232 - 59100 Prato  
tel. e fax 0574/514173  
e-Mail studio-ac@libero.it

R.U.P. Geom. Moreno Santarini

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO ESECUTIVO

FASE

E

CARTELLA

03

ELABORATO

RG

PROG.

03

REVISIONE

0

FILE NAME:  
E\_03\_RG\_03\_0.pdf

NOTE:

PROT. 0520

SCALA: ...

5					
4					
3					
2					
1					
0	PER CONSEGNA	LUGLIO 2020	AC	CC	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Il presente progetto è proprietà del Committente. A termine di legge tutti i diritti sono riservati.  
E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza esplicita autorizzazione.

## SOMMARIO

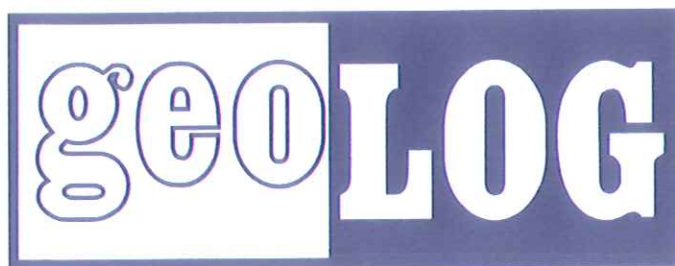
<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
----------	-----------------------	----------

## **1 PREMESSA**

Come indicato dal Committente, la relazione geologica allegata al presente progetto esecutivo è la medesima già redatta 2010 in occasione della realizzazione dell'ampliamento della scuola.

Luglio, 2020

I Progettisti  
Ing. Claudio Consorti  
Ing. Alessio Consigli



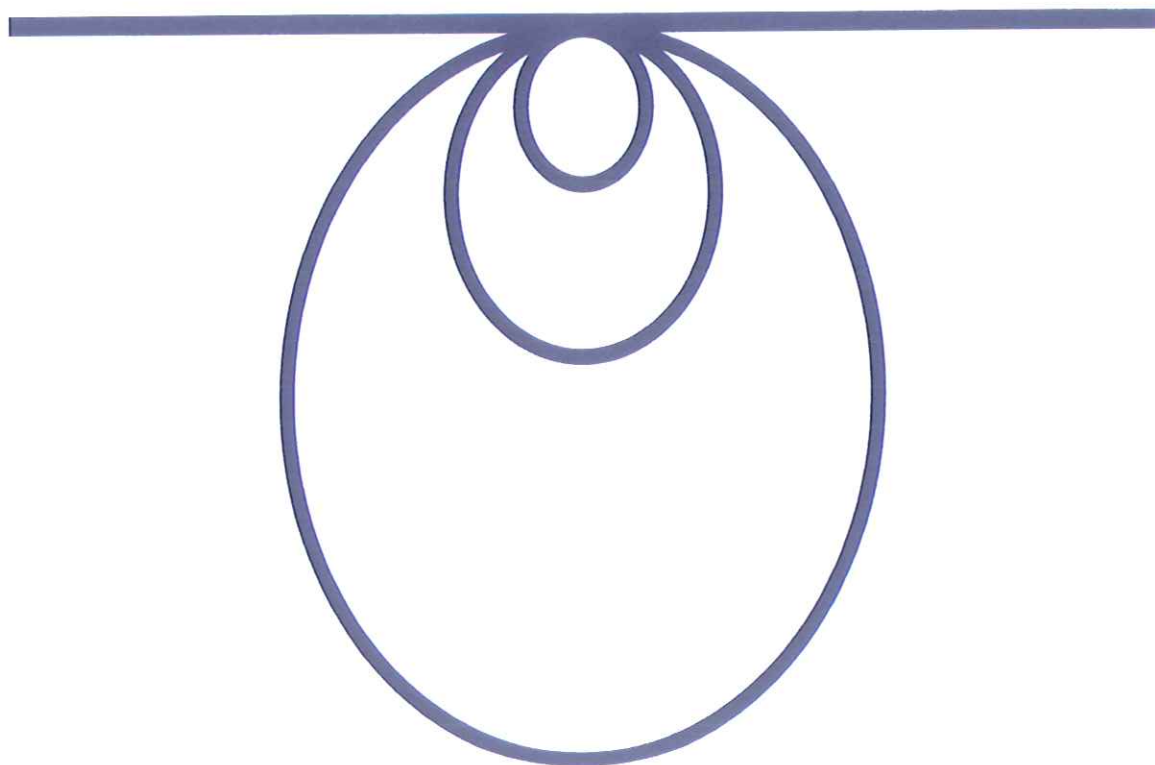
Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

**CAIRE**

**Ampliamento plesso scolastico**

Relazione geologica

Ottobre 2010







SOCIETÀ COOPERATIVA

40123 BOLOGNA - VIA D'AZEGLIO, 74

TEL: 051.331209 - FAX: 051.331209

42100 REGGIO EMILIA - VIA EMILIA ALL'ANGELO, 14

TEL: 0522.934730 - FAX: 0522.387989

N. iscriz. Albo Coop. A152436 – R.E.A. di BO 232167 - PART.IVA 00896920378



Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

**CAIRE**

**Ampliamento plesso scolastico**

Relazione geologica

Ottobre 2010

GEOLOGIA APPLICATA

## Indice

GEOFISICA

GEOTECNICA

IDROGEOLOGIA E  
IDROLOGIA

MODELLI MATEMATICI

1	NOTE INTRODUTTIVE .....	1
2	GEOLOGIA.....	1
3	MORFOLOGIA .....	3
4	SONDAGGI .....	3
4.1	Prove penetrometriche dinamiche pesanti .....	3
4.2	Sondaggio a rotazione.....	4
4.3	Prove penetrometriche statiche.....	4
4.4	Prospezione MASW .....	5
5	ANALISI DI LABORATORIO .....	6
6	MODELLO GEOLOGICO E CENNI DI IDROGEOLOGIA .....	6
7	QUADRO GEOMECCANICO .....	8
7.1	Copertura .....	10
7.2	Substrato .....	12
8	PARAMETRI CARATTERISTICI.....	13
8.1	Analisi nel caso di fondazioni dirette .....	13
8.2	Analisi nel caso di pali di fondazione.....	14
9	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	14
10	SPETTRI DI RISPOSTA .....	16
11	QUESTIONI GEOTECNICHE .....	19
12	VALUTAZIONI SULLA STABILITÀ DEL VERSANTE.....	21



SOCIETÀ COOPERATIVA

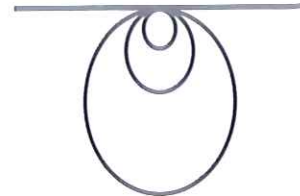
40123 BOLOGNA - VIA D'AZEGLIO, 74

TEL: 051.331209 - FAX: 051.331209

42100 REGGIO EMILIA - VIA EMILIA ALL'ANGELO, 14

TEL: 0522.934730 - FAX: 0522.387989

N. iscriz. Albo Coop. A152436 - R.E.A. di BO 232167 - PART.IVA 00896920378



## Tavole

1. Ubicazione sondaggi
- 2 - 4. Diagrammi penetrometrici dinamici
5. Stratigrafia sondaggio a rotazione S1
6. Caratteristiche del penetrometro
- 7 - 9. Diagrammi penetrometrici statici
- 10 - 12. Interpretazione dei CPT

GEOLOGIA APPLICATA

## Allegato

GEOFISICA

1. Prospezione sismica Masw
2. Certificati delle prove di laboratorio

GEOTECNICA

IDROGEOLOGIA E  
IDROLOGIA

MODELLI MATEMATICI



## 1 NOTE INTRODUTTIVE

In località San Benedetto Val di Sambro (BO) è previsto l'ampliamento della scuola che attualmente ospita le classi elementari e medie. La nuova struttura sarà realizzata a fianco di quella esistente nel cortile contrassegnato in figura 1.



*Figura 1*

Questo rapporto tratta gli aspetti geologico-applicativi di premessa allo studio geotecnico, che sarà condotto a supporto della progettazione esecutiva.

L'ambito normativo è il D.M. 14.01.2008.

L'edificio rientra nella classe d'uso III; la vita utile è 50 anni.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44.214°, 11.2353°.

## 2 GEOLOGIA

Secondo la nuova cartografia ufficiale<sup>1</sup>, di cui un estratto è in figura 2, il versante su cui insiste l'area di progetto è ritagliato entro la Formazione di Monte Venere (MOV).

---

<sup>1</sup> emessa dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – RER, prende origine dal programma CARG (Nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) e sfrutta nutrite serie di stratigrafie ed analisi di laboratorio, in prevalenza determinazioni biostratigrafiche e petrografiche.



Tale Unità è descritta come *“Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi fino a banchi di oltre 15 m, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P > 1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi .....”*.

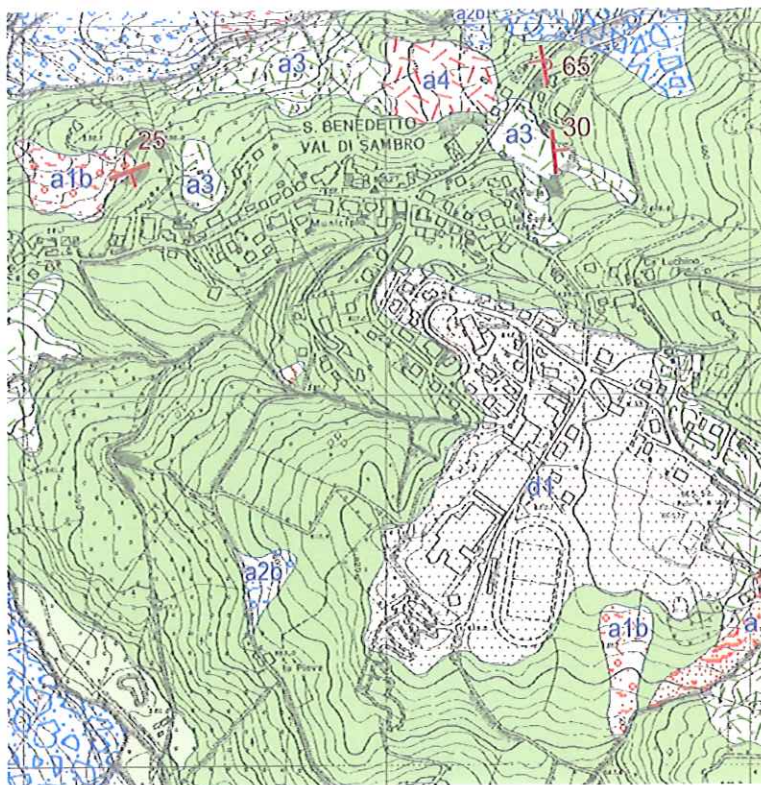


Figura 2

La variabilità giaciturale degli strati testimonia di vicissitudini tettoniche importanti, tanto che alcuni Autori hanno ipotizzato uno schema con anticlinale coricata, associata a sovrascorrimenti.

L'intenso disturbo subito dalla Formazione è evidenziato anche dall'incipiente fatturazione poliedrico-scheggiosa che i litotipi arenacei e calcareo-calcarenitici mostrano nei rari affioramenti locali.

Relativamente al settore d'interesse, la cartografia segnala una copertura a depositi eolici (d1) costituiti da *“sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleo superfici”*.

Anticipando i risultati della campagna geognostica, il materiale che ricopre il substrato è piuttosto un deposito argilloso-limoso ad elementi litici sparsi, probabilmente dovuto a fenomeni pedogenetici, che qui possono aver avuto effetti importanti proprio a causa dell'assetto scompaginato della roccia madre.

### 3 MORFOLOGIA

L'area di progetto fa parte di un ripiano morfologico che a larga scala si inserisce in un declivio di forma irregolare, a pendenza media prossima a  $13^\circ$ ; dunque occorrerà considerare la categoria topografica T1 per le valutazioni in ordine alla sismica.

Limitatamente al comparto di progetto, lo spiazzo su cui sorge la scuola deve essere in larga parte frutto dell'intervento umano, che ha operato secondo sbancamenti a monte e riporti a valle per allargare il cortile; la ristretta fascia alberata che raccorda quest'ultimo alla sottostante strada provinciale, è verosimilmente il fianco di quei rinterri.

### 4 SONDAGGI

Le indagini in campo furono intese a connotare i lineamenti geomeccanici del terreno di fondazione e la velocità delle onde di taglio nel pacco d'interesse sismico.

Relativamente al primo aspetto, si è provveduto ad eseguire tre sondaggi penetrometrici dinamici pesanti (DIN1 – DIN2 – DIN3), un carotaggio (S1) e tre prove penetrometriche (CPT1 – CPT2 – CPT3) con strumento statico-dinamico leggero<sup>2</sup>; riguardo al secondo, si è commissionata una prospezione MASW (Multichannel Acquisition Surf Wave) allo **Studio C.G.A.** (San Giovanni in Persiceto – BO), specializzato in indagini del genere.

L'ubicazione delle verticali è in tavola 1.

#### 4.1 Prove penetrometriche dinamiche pesanti

Lo strumento impiegato è del tipo tradizionale italiano (DPSH), con maglio da 73 kg, volata 75 cm, punta  $20\text{ cm}^2$ , numero dei colpi (N) per infissioni di 30 cm.

Le tavole 2, 3 e 4 riportano i risultati diagrammati secondo il nostro standard. Al grafico (profondità) / (N) è affiancato quello (profondità)/(resistenza dinamica), i cui valori sono tratti da un'elaborazione dei dati di campo mediante la classica "Formula degli olandesi".

In alcuni casi, come riportano le note al margine dei diagrammi, sugli ultimi tratti di prova si sono registrati attriti parassiti che di fatto falsano il dato reale. D'altra parte le prove SPT condotte in seguito, hanno permesso di trarre misure più attendibili e utili alla parametrizzazione geotecnica.

Entro i fori di prova non si è notata acqua libera.

---

<sup>2</sup> Ai tests dinamici ed al carotaggio ha provveduto Geoprogetti s.a.s., Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, titolare dell'autorizzazione n. 54420; per i restanti si è ricorsi ad un penetrometro di cui dispone la nostra società.



#### 4.2 Sondaggio a rotazione

Si è utilizzata una sonda Tecnotunnel TS 80, procedendo costantemente a secco fino al termine del sondaggio (-25m).

Le carote di terre coesive sono state saggiate in via speditiva con penetrometro tascabile (p.p.), la bancata ricca in elementi lapidei con prove SPT secondo le raccomandazioni A.G.I.

I materiali da inviare al laboratorio sono stati prelevati mediante campionatore Shelby.

La stratigrafia e le misure in campo sono riportate secondo la nostra modulistica in tavola 5; i certificati ufficiali sono comunque a disposizione.

#### 4.3 Prove penetrometriche statiche

Le caratteristiche dell'attrezzatura impiegata (*DINASTAR* / Tecnotest - MO) sono richiamate in tavola 6.

I valori della resistenza alla punta ( $q_c$ ), al manicotto di frizione ( $f_s$ ) e del rapporto  $q_c/f_s$  sono diagrammati nelle tavole 7 ÷ 9. Gli elaborati successivi (tavole 10 ÷ 12) propongono un'interpretazione dei dati penetrometrici, ricavata tramite uno specifico programma che restituisce in forma grafica quanto è ragionevolmente estraibile dalle misure.

La classificazione litologica è secondo Schmertmann, 1978.

La pressione litostatica efficace  $\sigma'_{v0}$  è ottenuta attribuendo alle singole litologie pesi di volume tipici.

Per ottenere i parametri di resistenza al taglio e della storia tensionale, il programma divide i materiali incoerenti da quelli coesivi con riferimento ad un valore discriminante del rapporto di frizione ( $FR = 100 \cdot f_s/q_c$ ); la validità dei risultati è pertanto limitata alle particolari condizioni che s'instaurano durante la prova penetrometrica.

Dunque la resistenza al taglio è data in termini di tensioni totali per gli strati verosimilmente a bassa permeabilità (argille e limi), mentre per quelli permeabili (ghiaie, sabbie e loams) essa riguarda le condizioni efficaci.

In pratica il calcolo fornisce:

- l'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  per le terre giudicate incoerenti;
- per le terre coesive, la coesione non-drenata  $c_u$  per  $\phi = 0$ ;
- la storia tensionale in termini di rapporto di sovraconsolidazione OCR laddove si dispone della  $c_u$ .

L'angolo  $\phi'$  è ottenuto in accordo con Durgunoglu e Mitchell (1975),  $c_u$  deriva dalle correlazioni di Sanglerat (1972), adattate ai terreni locali sulla scorta di nostre esperienze; in particolare, limitatamente all'unità di misura in bar:

$$c_u = \lambda (q_c - \sigma'_{v0}) / (q_c / 4 + 15) \quad \text{con} \quad \begin{aligned} \lambda &= 0.75 \text{ per i loams,} \\ \lambda &= 1.00 \text{ per le argille "magre",} \\ \lambda &= 1.25 \text{ per le argille "grasse"} \\ \lambda &= 1.50 \text{ per le torbe.} \end{aligned}$$

Relativamente ad OCR, è opportuno ricordare che per le argille esso esprime lo scostamento tra la consistenza misurata e quella che occorrerebbe attendersi qualora la consolidazione fosse avvenuta per effetto del semplice seppellimento. La relazione utilizzata per la stima del rapporto è la seguente:

$$c_u / \sigma'_{v0} = (0.23 \pm 0.04) \text{OCR}^{0.8} \quad (\text{Ladd e Foot, 1974})$$

I valori di OCR indicano un'evidente stato sovraconsolidato.

#### 4.4 Prospezione MASW

I dettagli circa la metodica impiegata ed i risultati sono in allegato 1; la figura 3 richiama i campi delle velocità  $V_s$  rilevate.

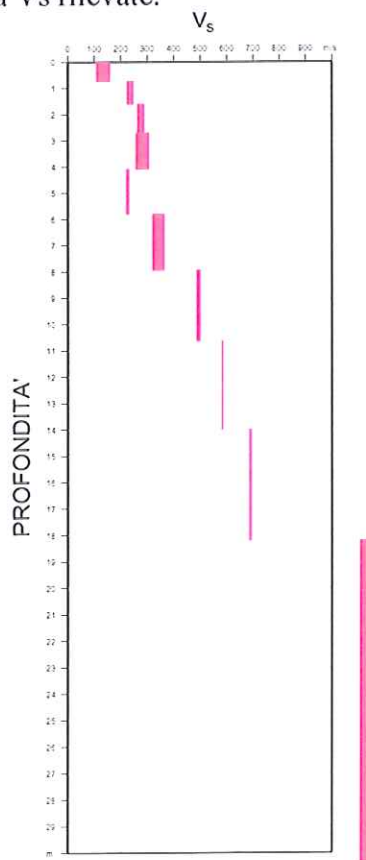


Figura 3

## 5 ANALISI DI LABORATORIO

I campioni indisturbati estratti durante le operazioni di carotaggio sono stati sottoposti a tests di taglio diretto Casagrande e di compressione all'edometro da parte del Laboratorio C.G.G. Geotechnical Analysis s.r.l., titolare della concessione ministeriale N. 52490 per le prove geotecniche sulle terre.

I certificati sono in allegato 2.

## 6 MODELLO GEOLOGICO E CENNI DI IDROGEOLOGIA

Se si escludono i riporti, il volume indagato può essere così suddiviso:

- fino a -9 m prevale una copertura argilloso limosa di colore nocciola con rari trovanti, prodotta dall'alterazione della roccia madre;
- da -9 a -25 m, il materiale è composto da calcareniti e calcari marnosi frammisti ad argilla; la compagine è attribuibile al bed rock marino rimaneggiato dalle ripetute dislocazioni tettoniche; le alternanze roccia-pelite tipiche delle torbiditi non sono distinguibili.

Le foto del materiale sono in figura 4.



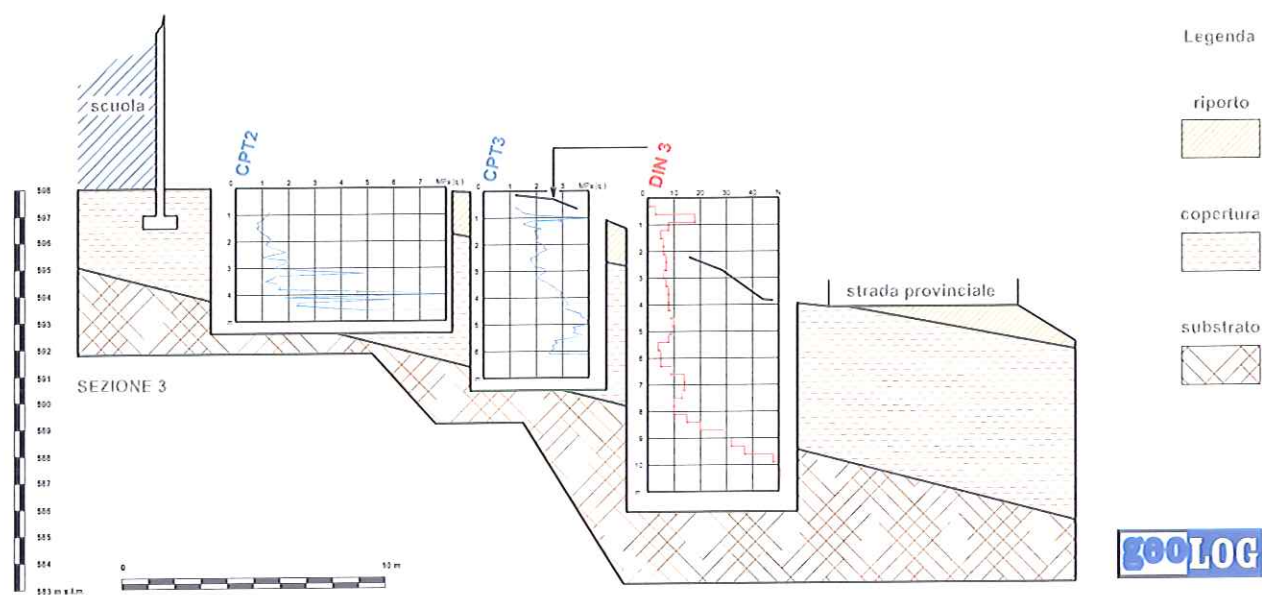
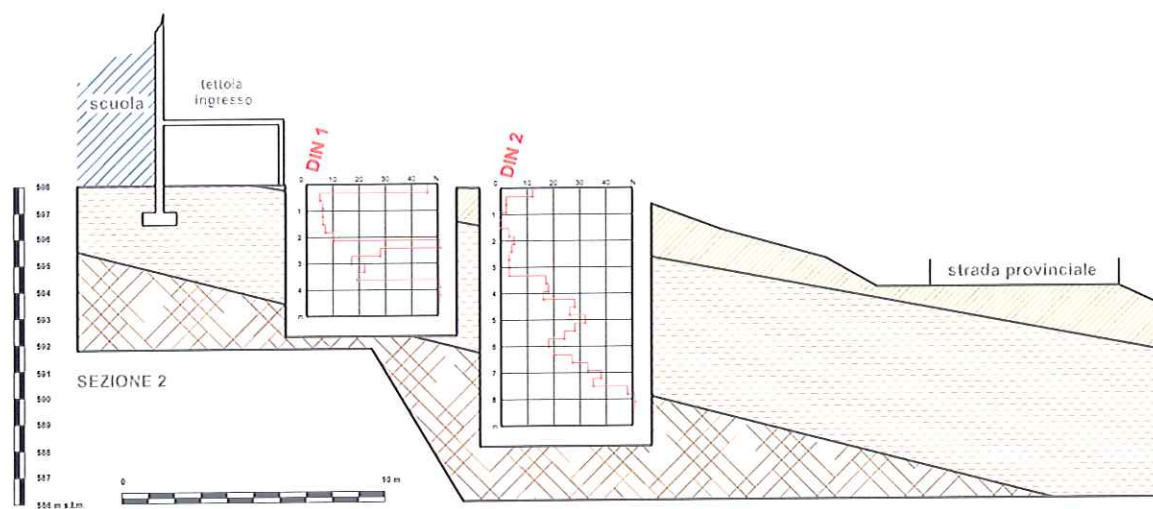
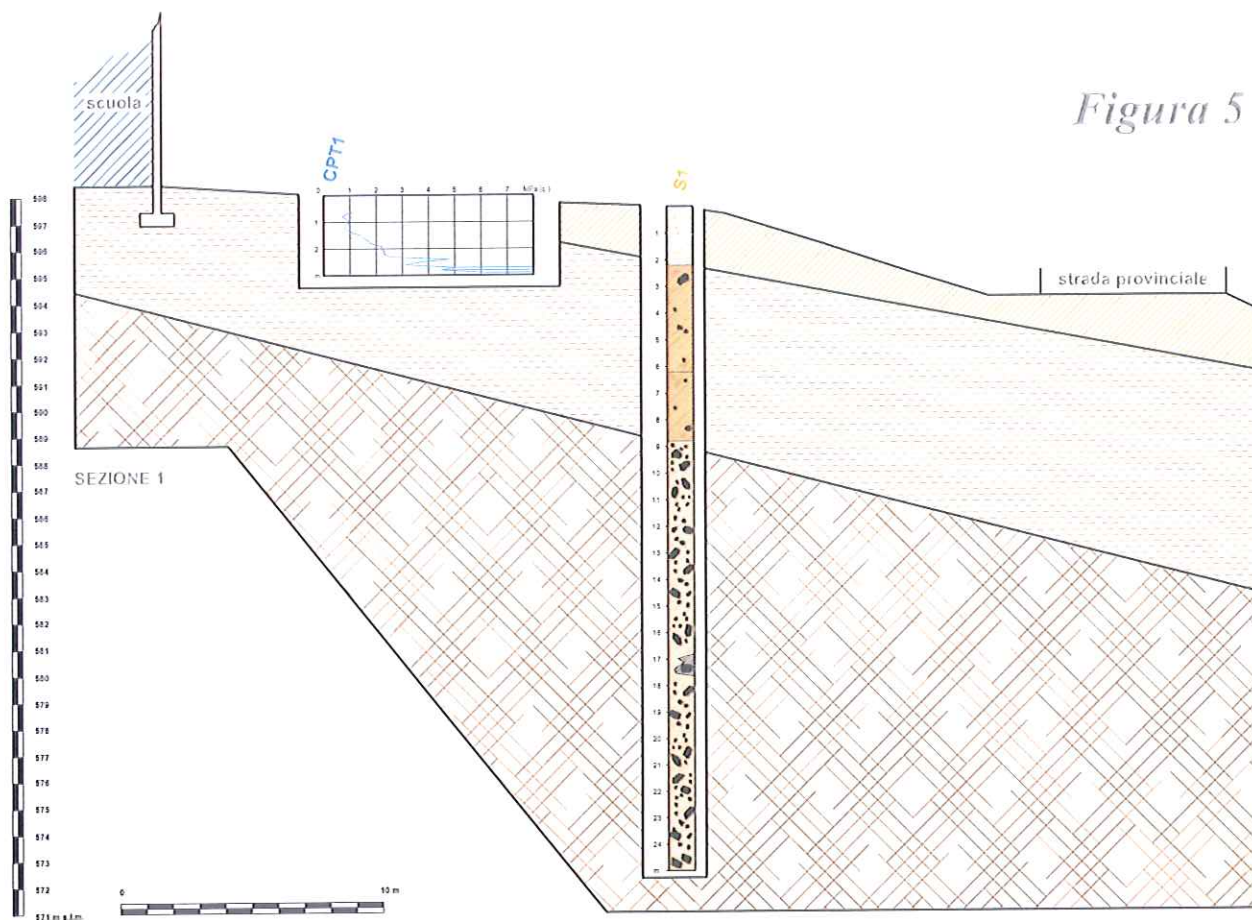
*Figura 4*

La stratigrafia testé descritta, si sottolinea, è quella definita in S1 (a bordo del piazzale).

Per le valutazioni di ordine applicativo converrà ovviamente riferirsi a tale condizione sebbene non sia da escludere che l'interfaccia substrato-copertura possa avvicinarsi localmente alla superficie topografica, come ad esempio ipotizzato nelle sezioni geologiche interpretative di figura 5 (v. tracce in tavola 1).



Figura 5



Il livello statico di falda è stato misurato nel corso della perforazione a -10.5 m. Considerato il carattere impermeabile della copertura, occorre presumere che l'alimentazione derivi da monte e che i flussi abbiano luogo nelle discontinuità del materiale fratturato.

## 7 QUADRO GEOMECCANICO

Per una panoramica iniziale sull'argomento torna utile la figura 6, dove ai grafici della prova dinamica 3 (colore nero) e della prova statica 3 (colore ocra) sono affiancati i campi in cui giocano le velocità S delle onde di taglio fino ad una profondità di -18 m.

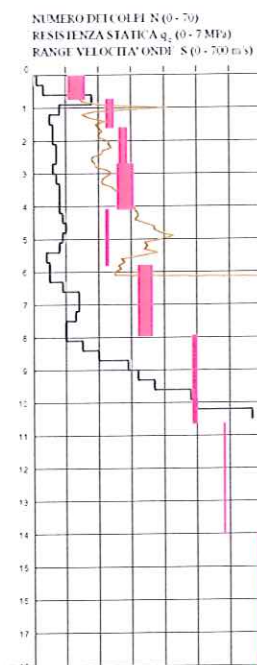


Figura 6

Il dato statico evidenzia che la copertura argillosa è caratterizzata da proprietà meccaniche discrete: fino a -5 m, il parametro  $q_c$  è in sostanziale crescita da 1.5 a 4 MPa ed il successivo calo (tra -5 e -6 m) non scende oltre 2.5 MPa. In questo tratto i risultati MASW mostrano lo stesso trend, a parte lo sfasamento in corrispondenza dei picchi penetrometrici, forse imputabile al fatto che il profilo sismico è posto qualche metro a monte rispetto alle verticali DIN 3 e CPT 3.

Da -6 a -8 m, dove l'avanzamento dinamico non è stato soggetto ad attriti parassiti, sfruttando le correlazioni  $N - q_c$  disponibili sui tratti iniziali, si può asserire che la resistenza statica subisce escursioni di rilievo restando comunque superiore a 3 ÷ 4 MPa.

Per quote inferiori, il repentino aumento del numero di colpi è dovuto in parte all'attrito sviluppato sulle aste dal terreno, in parte alle migliori prestazioni di quest'ultimo.

Riuscire a discernere l'aliquota di questo o quel fattore non è semplice, ad ogni buon conto si osserva che  $V_s$  quasi raddoppia i valori superficiali, passando da 300 a 600 m/s, il che fa supporre la presenza di materiali ancora più rigidi in profondità.

Lo schema che segue (figura 7) riunisce i dati ricavati da prove in sito<sup>3</sup> ed in laboratorio relativamente al volume sondato.

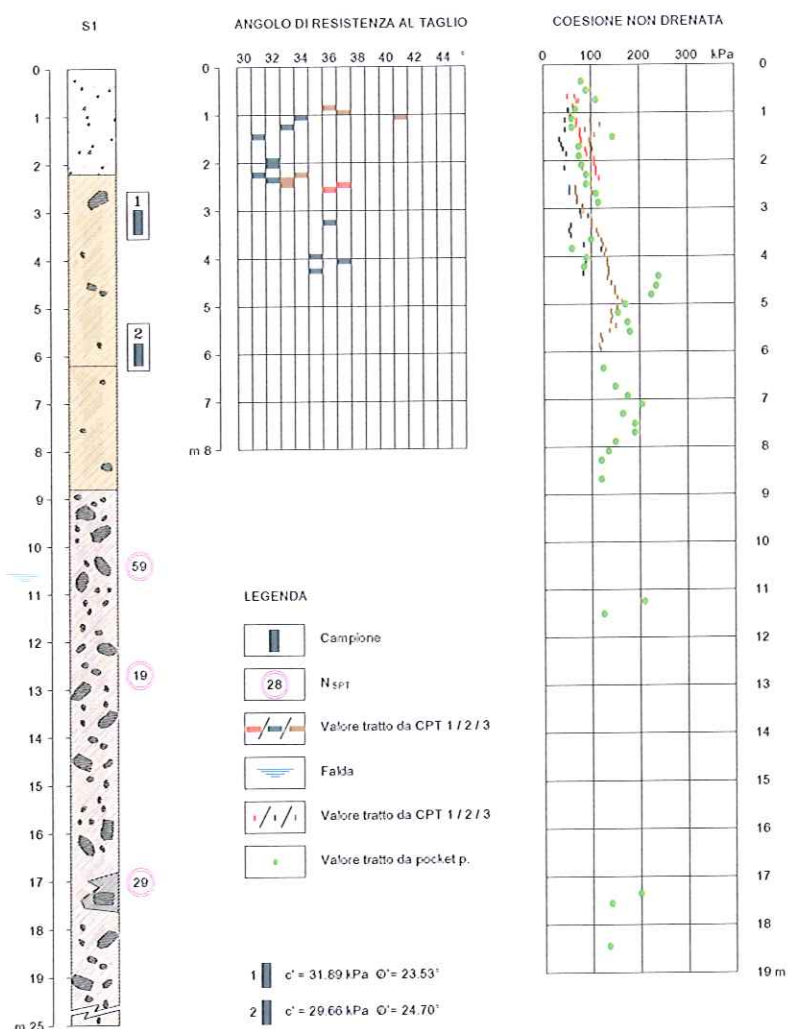


Figura 7

Segue una disamina circa i parametri geotecnici nominali della copertura e del substrato.

<sup>3</sup> Si ricorda che il termine  $c_u$  derivato dalla resistenza a compressione semplice  $q_u$  misurata al pocket penetrometer è pari a  $q_u / 2$ .



## 7.1 Copertura

I valori dell'angolo di resistenza a taglio desunti dalle penetrometrie sono pochi e di scarso interesse, essendo relativi a singoli trovanti sparsi nella matrice argillosa.

La coesione non drenata è soggetta ad escursioni notevoli ( $50 \text{ kPa} < c_u < 250 \text{ kPa}$ ) anche al di sotto dei riporti e della coltre che può aver risentito in misura differenziata delle variazioni termiche stagionali; probabilmente il motivo risiede nell'alterazione selettiva ad opera degli agenti meteorici.

I tests di laboratorio rendono valori dell'angolo d'attrito interno  $\varphi'$  congruenti con le caratteristiche granulometriche del deposito e palesano una coesione intercetta  $c'$  in linea con la consistenza del materiale.

Dai certificati si estraggono le seguenti coppie di valori:

campione S1C1	$c' = 31.89 \text{ kPa}$	$\varphi' = 23.53^\circ$
campione S1C2	$c' = 29.66 \text{ kPa}$	$\varphi' = 24.70^\circ$

Il peso di volume è valutabile in  $1.9 \text{ Mg/m}^3$

In ordine alla compressibilità, il trattamento dei dati penetrometrici indica valori OCR generalmente compresi tra 4 e 15, a conferma di una marcata sovraconsolidazione del deposito.

Come noto, tali stime derivano da un parametro che rende le caratteristiche del terreno a grandi deformazioni, dunque potrebbero fornire indicazioni poco attendibili del comportamento che precede la fase di rottura.

Disponendo di specifici tests di laboratorio è tuttavia possibile un controllo dei dati ottenuti per mezzo della correlazione empirica richiamata al termine del paragrafo 4.3.

Per l'elaborazione delle prove edometriche intesa a tracciare le curve vergini si è utilizzato il procedimento grafico di Schmertmann, 1955.

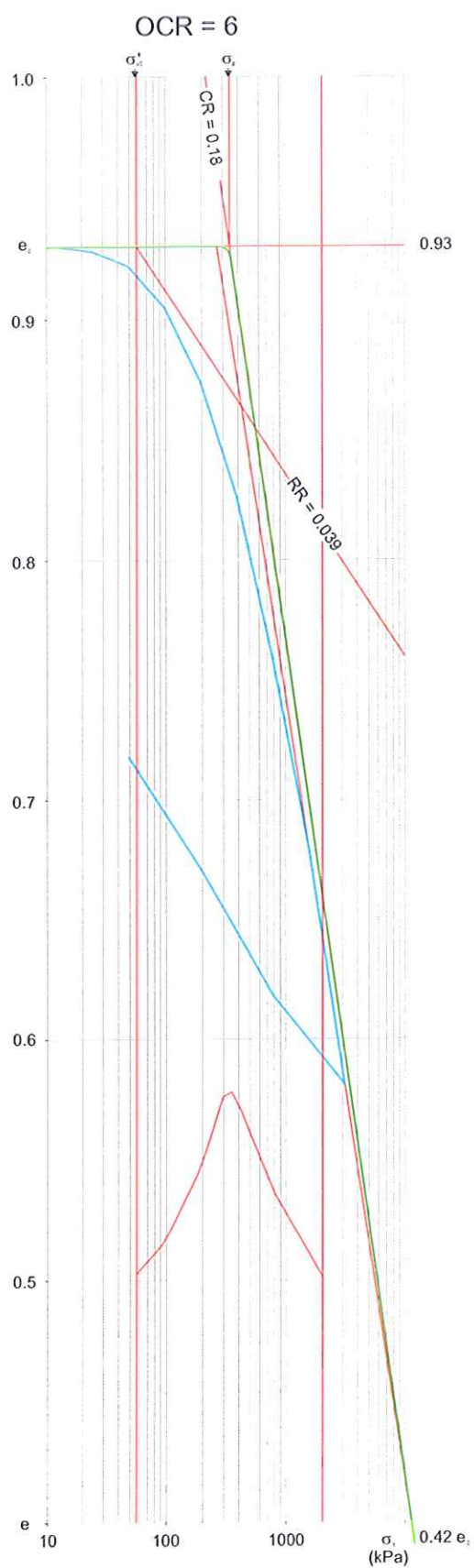
Come è noto, tali curve si differenziano da quelle di laboratorio, che riguardano il comportamento del campione, non del terreno nella sua sede naturale.

Il tentativo di ricostruzione ha lo scopo di determinare con la maggior cura possibile OCR, nonché CR (rapporto di compressione) ed RR (rapporto di ricomprensione), parametri necessari a descrivere il comportamento deformativo del suolo sottoposto a carico o a scarico tensionale laddove s'imponga nullo il rapporto di Poisson.

La figura 8 mostra il lavoro grafico svolto ed i relativi risultati numerici.

Confrontando i dati si osserva che OCR tratto dai CPT è sovrastimato di circa il 15% nel tratto superficiale, buona invece la correlazione tra il dato derivato dalle analisi specifiche e quelli estrapolati da CPT verso la base dello strato.

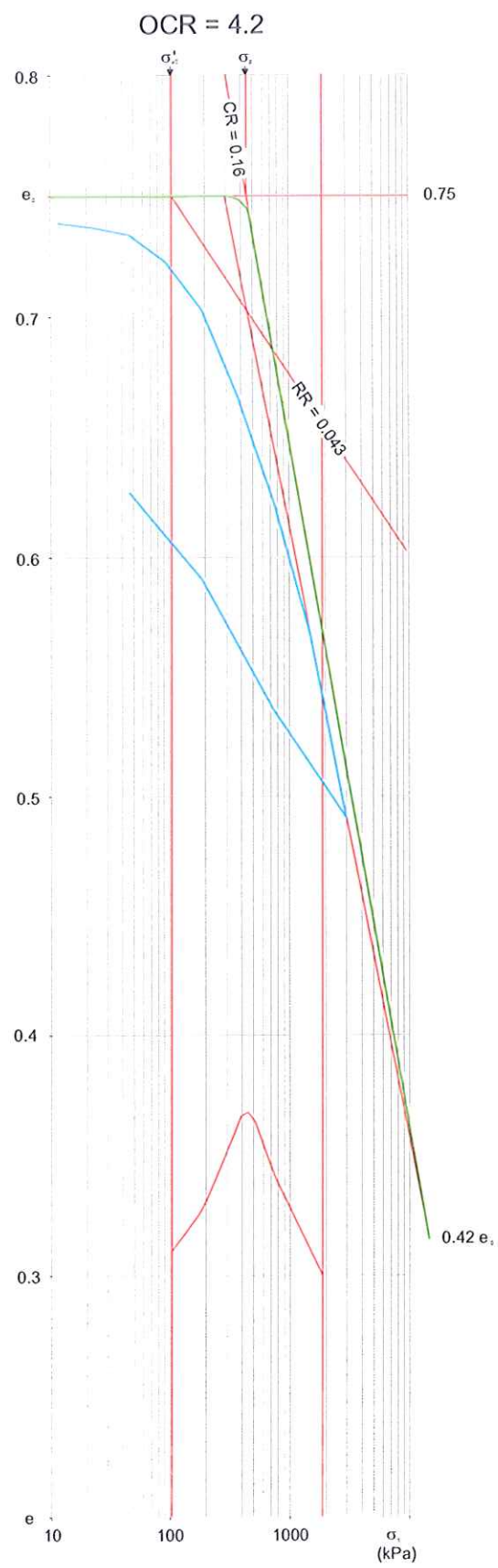
In definitiva, per la compagine superficiale, si ritengono congrui i valori richiamati in tabella 1.



S1-C1



Figura 8



S1-C2

strato	CR	RR	OCR
da -1 a -2 m	0.18	0.04	10
da -2 a -3 m	0.18	0.04	8
da -3 a -5 m	0.18	0.04	6
da -5 a -9 m	0.16	0.04	4

Tabella 1

Ai fini delle valutazioni sull'interazione terreno-struttura può tornare utile il valore del modulo edometrico  $E$ , che dalle prove di laboratorio e per le tensioni in gioco (circa 100 kPa) è quantificabile cautelativamente in 6 MPa per l'intera bancata.

## 7.2 Substrato

Le prove dinamiche in foro hanno reso valori  $N_{SPT}$  pari a 59,19 e 29; in questo caso la variabilità è da ascrivere alla natura del materiale sui tratti di prova: il valore più basso compete a porzioni pelitiche rimaneggiate, i restanti sono attribuibili a porzioni dello stesso materiale ancora integro ovvero alla presenza di frammenti di strato.

Se per tale compagine si ammette in via prudenziale un comportamento coesivo ed  $N_{SPT}$  pari a 19, con riferimento alla retta 4 di figura 9 si risale ad un valore  $c_u \approx 125$  kPa.

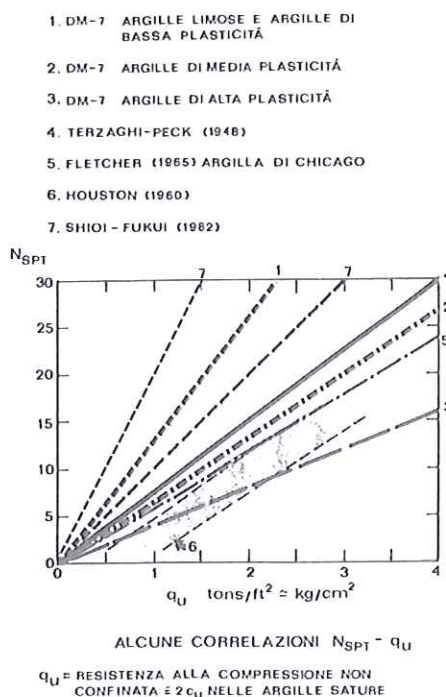


Figura 9



Un'idea di quanto il dato sia conservativo può trarsi per estrapolazione dai dati della tabella 3.2.II delle *Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008* (per  $N_{SPT}$  pari a 19 i valori del parametro  $V_{S30}$  sono grosso modo la metà di quelli definiti dalla prospezione MASW).

Nell'assunzione conservativa che le frazioni lapidee abbiano scarsa rilevanza ai fini della resistenza a taglio, e che il comportamento d'insieme sia quello che attiene ad un ammasso coesivo, per una valutazione in termini efficaci si stima la coppia di valori

$$c' = 50 \text{ kPa} \quad \varphi' = 27^\circ$$

Riguardo ai parametri di compressibilità, per mettere in conto che le porzioni litoidi non deformano, sembra ragionevole considerare:

$$\begin{aligned} OCR &= 6 \\ CR &= 0.05 \\ RR &= 0.005 \\ E &= 15 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Il peso di volume è da porsi intorno a  $2 \text{ Mg/m}^3$ .

## 8 PARAMETRI CARATTERISTICI

In questo capitolo si anticipano i contenuti della relazione geotecnica circa la definizione dei parametri che saranno impiegati per le verifiche SLU - SLE. Il fine è quello di consentire al Progettista le prime stime circa la scelta delle fondazioni ed il dimensionamento delle medesime.

### 8.1 Analisi nel caso di fondazioni dirette

Le considerazioni sono limitate alle terre argillose superficiali, essendo il substrato troppo profondo per essere interessato da plasticizzazione e da fenomeni deformativi di rilievo.

Trattando in forma statistica la serie dei valori  $c_u$  disponibili, relativi ad un volume soggetto a potenziale rottura compreso tra -1.7 e -3.1 m, con riferimento ad una distribuzione normale della popolazione dei dati, si ricava:

$$\begin{aligned} N^\circ \text{ dati} &= 33 \\ \text{media} &= 83.33 \\ \text{deviazione standard} &= 20.61 \\ c_{uk} &= 49 \text{ kPa (5}^\circ \text{ percentile)} \end{aligned}$$

Relativamente alle condizioni efficaci, sulla scorta dei risultati S1C1 ed ipotizzando che i medesimi rappresentino la media della popolazione, si definiscono i parametri<sup>4</sup>:

$$c'_k = 25.9 \text{ kPa} \quad \varphi'_k = 18.5^\circ$$

## 8.2 Analisi nel caso di pali di fondazione

Per le terre di copertura, trattando in forma statistica la serie dei valori  $c_u$  disponibili<sup>5</sup>, con riferimento ad una distribuzione normale della popolazione dei dati si ricava:

N° dati = 154

media = 111.34

deviazione standard = 39.92

$c_{uk} = 45 \text{ kPa}$  (5° percentile)

Relativamente alle condizioni efficaci, il trattamento statistico delle coppie di valori disponibili porta a stimare:

$$c'_k = 25 \text{ kPa} \quad \varphi'_k = 19^\circ$$

inserendo i medesimi valori riportati nella nota 4.

In virtù delle cautele adoperate nei calcoli, al substrato possono essere attribuiti i valori di resistenza a taglio definiti nel capitolo precedente, sia per le condizioni a breve termine, sia per quelle efficaci.

## 9 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Per quanto concerne la sismica, il Comune di San Benedetto Val di Sambro è compreso tra le zone 3 secondo D.G.R. n. 1677 del 24/10/2005.

La tabella 2 della pagina seguente, tratta dal CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI (CPTI04) e dal data base ISIDE, elenca gli eventi verificatisi nell'intorno a partire dal 1600.

---

<sup>4</sup> per il calcolo si sono inseriti valori di covarianza (COV) pari a 13 (rif. Phoon & Kulhawy, 1999) e 28 (rif. Baecher and Christian, 2003) rispettivamente per  $c'$  e  $\varphi'$ , oltre ad un coefficiente di correlazione tra questi ultimi parametri pari a -0.47 (Cherubini, 2000)

<sup>5</sup> Ai valori richiamati in figura 7 si sono aggiunti 30 termini (fissati in via cautelativa pari a 130 kPa) relativi all'intervallo tra -6 e -9 m. La stima è tratta per analogia, sulla base dei risultati DIN 3 – CPT 3



Anno	Località	Magnitudo macrosismica
1600	Palazzuolo	5.37
1611	Scarperia	5.13
1762	Borgo S. Lorenzo	5.17
1771	Camugnano	4.83
1830	Treppio	4.83
1843	Vernio	5.22
1849	Casaglia	4.83
1864	Zocca	5.03
1864	Mugello	5.11
1869	Vergato	5.32
1874	Imolese	4.99
1878	Castel del Rio	5.17
1879	Valle del Senio	5.18
1881	Bolognese	5.14
1890	San Piero	4.63
1892	Castel del Rio	4.83
1896	Lizzano	4.83
1912	Vernio	4.63
1913	Lizzano	4.77
1929	Bolognese	5.55
1931	Firenzuola	5.09
1931	Borgo S. Lorenzo	5.00
1939	Marradi	5.17
1949	Firenzuola	4.78
1956	Passo Futa	4.95
1957	Zocca	5.06
1960	Mugello	4.93
1962	Camugnano	4.83
1964	Roncobilaccio	4.95
1969	Barberino	4.54
1973	Borgo S. Lorenzo	4.84
1975	Pracchia	4.51
1995	Appennino Bolognese	4.67
1999	Frignano	4.73
2008	Appennino Toscano	4.40
2008	Appennino Toscano	4.10
2008	Appennino Toscano	4.10
2009	Mugello	4.40

Tabella 2

La figura 10 (da Camassi e Stucchi, 1977) mostra gli epicentri, le intensità macrosismiche e le zone sismogenetiche (in grigio) dell'Italia centro-settentrionale.

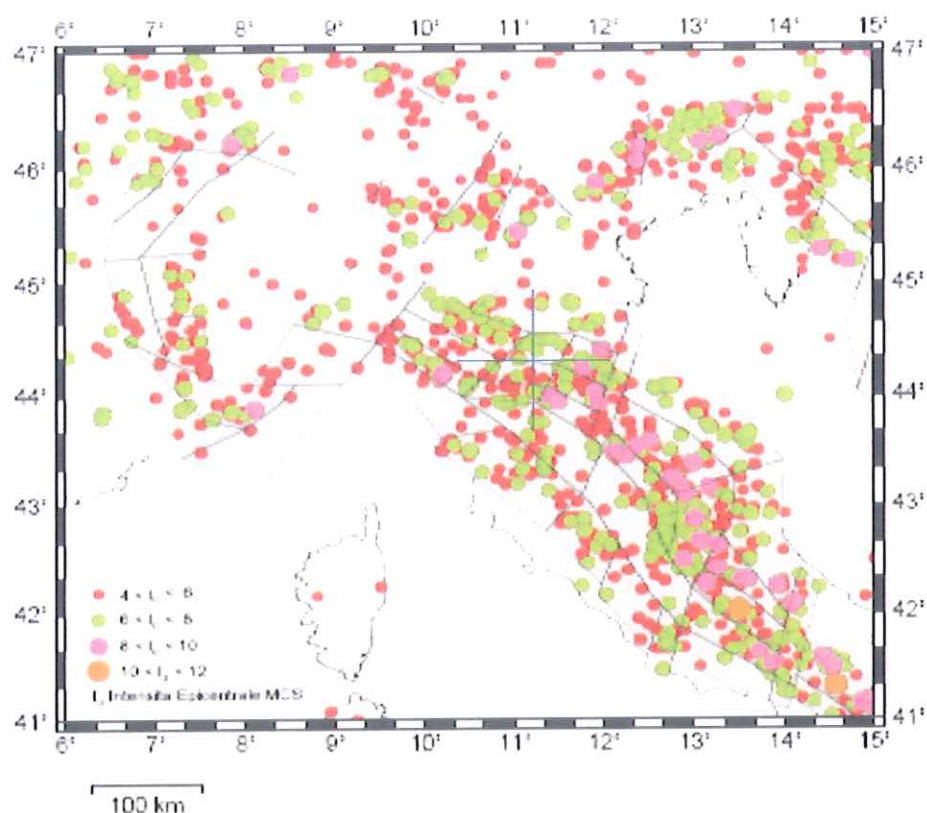


Figura 10

Relativamente a queste ultime, il Comune di San Benedetto Val di Sambro ricade sul confine delle zone 34 e 35, che fanno parte della zolla padano-adriatico-ionica in via di subduzione sotto la catena appenninica.

Vista la natura dei terreni fondali sono da escludersi fenomeni di liquefazione a seguito di un evento tellurico, dunque è confermata la categoria sismica B.

## 10 SPETTRI DI RISPOSTA

Note le coordinate geografiche del sito, la vita nominale dell'opera, la classe d'uso, la categoria del sottosuolo e quella topografica, si possono tracciare gli spettri di risposta elastica relativi ai diversi stati limite contemplati dalle *Norme*.

Di seguito si richiamano alcuni valori di input e di output (figura 11), nonché i diagrammi che risultano per fattore di struttura unitario e smorzamento viscoso convenzionale pari al 5% (figure 12, 13, 14).

Classe d'uso:	3	Categoria sottosuolo:	B	Numero decimali per : $T_R$ (anni)	0
Vita nominale:	50	Categoria topografica:	T1	$a_g$ (g)	4
Latitudine:	44.214	Smorzamento viscoso % H	5	$F_0$	3
Longitudine:	11.2353			$T_C^*$ (s)	3
P <sub>VR</sub> %	SLO	81	1	Fattori di riduzione	
	SLD	63	1		
	SLV	10	1		
	SLC	5	1		

Punti della maglia di riferimento utilizzati

	ID	Longitudine	Latitudine	Distanza (km)
Primo	18061	11.258	44.214	1.81
Secondo	18060	11.189	44.212	3.7
Terzo	17839	11.257	44.264	5.82
Quarto	17838	11.187	44.262	6.58

Note:

Risultati

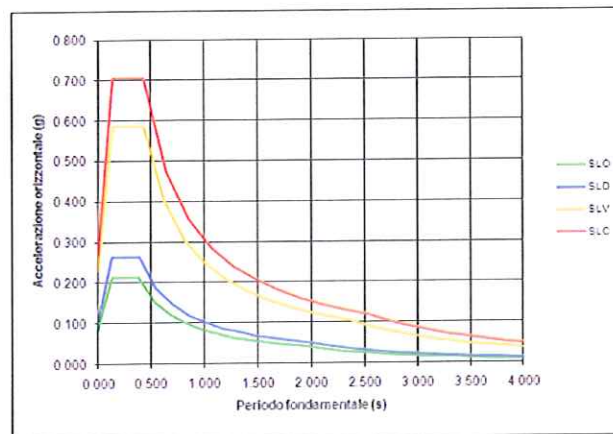
	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T_C^*$ (s)
Stato limite operativo	45	0.0721	2.470	0.268
Stato limite di danno	75	0.0888	2.470	0.273
Stato limite di salvaguardia della vita	712	0.1907	2.558	0.306
Stato limite di collasso	1462	0.2351	2.596	0.314

Spostamenti e velocità orizzontali del terreno

	$T_R$ (anni)	$d_g$ (cm)	$V_g$ (cm/s)
SLO	45	0.16	0.53
SLD	75	0.20	0.66
SLV	712	0.58	1.56
SLC	1462	0.75	1.89

	Ss	St	H
SLO	1.20	1.00	1.00
SLD	1.20	1.00	1.00
SLV	1.20	1.00	1.00
SLC	1.16	1.00	1.00

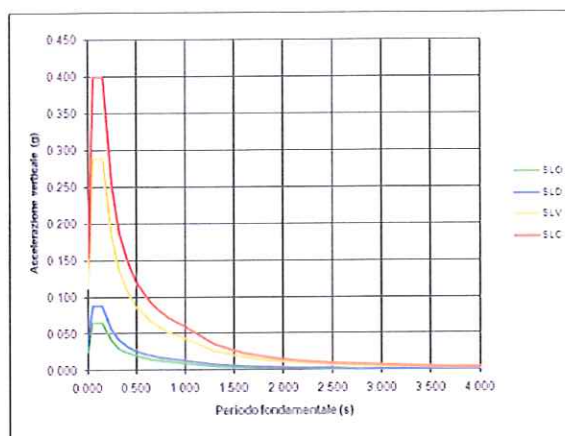
Figura 11



Valori per  $T_0$

	$S_e$ (g)
SLO	0.086
SLD	0.107
SLV	0.229
SLC	0.272

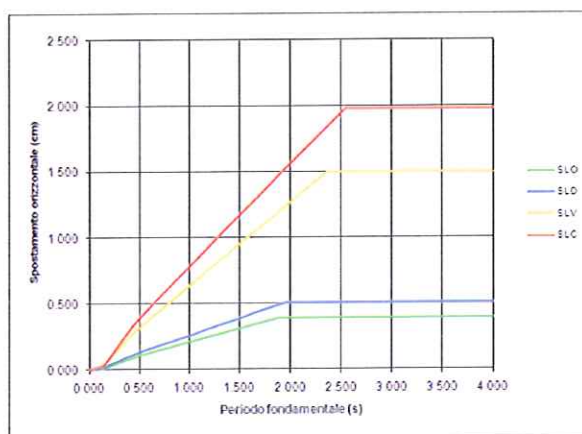
Figura 12



**Valori per  $T_0$**

	Sve (g)
SLO	0.026
SLD	0.036
SLV	0.112
SLC	0.154

*Figura 13*



*Figura 14*



## 11 QUESTIONI GEOTECNICHE

Il substrato non è raggiungibile con normali fondazioni dirette, dunque un appoggio tradizionale graverebbe sulle terre argillose di copertura.

Considerato che la nuova struttura sorgerà in aderenza ad un'opera preesistente, sembra il caso di esporre qualche valutazione circa le deformazioni indotte per effetto dei carichi strutturali, dal momento che per l'interferenza tra corpi di carico, anche il manufatto in essere potrebbe in qualche misura risentire del fenomeno.

Pertanto si osserva che proprio l'attuale sede scolastica è interessata da lesioni diffuse, con ogni probabilità imputabili a ritiri ed espansioni alternate che si verificano nelle argille superficiali al variare delle stagioni.

Per avere un'idea delle deformazioni si è effettuata una valutazione parametrica intesa ad orientare la scelta degli appoggi e le relative verifiche degli Stati Limite Ultimi e d'Esercizio, che saranno argomento della Relazione geotecnica.

Il calcolo riguarda una trave lunga 17 m, di larghezza variabile tra 1 e 2.5 m, scaricante sovrappressioni comprese tra 40 e 190 kPa.

Si ammette deformabile il volume compreso fino a -15 m, la stratigrafia di riferimento è quella desunta dal sondaggio carotato.

Nell'ambito della consolidazione primaria, il cedimento  $\Delta h$  dello strato iesimo di spessore  $h$  è dato da

$$\Delta h = h (RR \cdot \log (\sigma'_p / \sigma'_{v0}) + CR \cdot \log ((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v) / \sigma'_p))$$

Per quanto attiene il calcolo della sovra-tensione verticale indotta  $\Delta \sigma_v$ , limitando la casistica al corpo di carico relativamente rigido rispetto al terreno, in accordo con Voitus Van Hamme si considera la proiezione sul punto di coordinate  $0.577 b_x/2$ ,  $0.577 b_y/2$  rispetto al centro dell'impronta, così da sfruttare la soluzione della piastra flessibile; in particolare:

$$\Delta \sigma_v = p/2/\pi (\arctg (a b/z/(a^2+b^2+z^2)^{1/2} + (1/(a^2 + z^2)+1/(b^2+z^2)) a b z /(a^2+b^2+z^2)^{1/2})$$

Poiché detta equazione (Steinbrenner) fornisce  $\Delta \sigma_v$  alla profondità  $z$  sotto lo spigolo della lastra caricata  $p$ , i valori ricercati si ottengono sovrapponendo gli effetti delle quattro parti d'impronta con vertice comune nel punto d'interesse (Ohde, 1939).

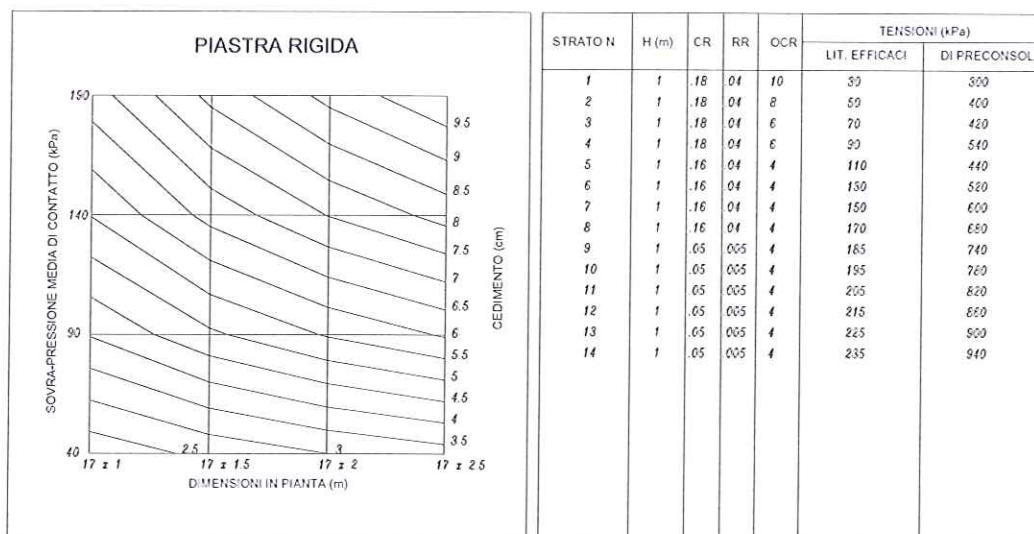
Detti algoritmi e correlazioni costituiscono la base di un nostro codice di calcolo che fornisce le isolinee del cedimento per ogni combinazione d'impronta e sovrappressione indotta.

La figura 15 riporta i risultati, questa la chiave di lettura:

- scelta la profondità di posa, si incrocia la verticale proiettata da una dimensione in pianta con l'orizzontale proiettata dalla sovra pressione media di contatto;

- se il punto d'incontro cade in corrispondenza di una delle isolinee comprese nel campo, il cedimento è il valore che contrassegna la linea medesima; se esso cade tra due curve occorre procedere per interpolazione;
- sempre per interpolazione si definiscono deformazioni per profondità di posa comprese nel range considerato.

### PROFONDITA' DI FONDAZIONE m 1



### PROFONDITA' DI FONDAZIONE m 2

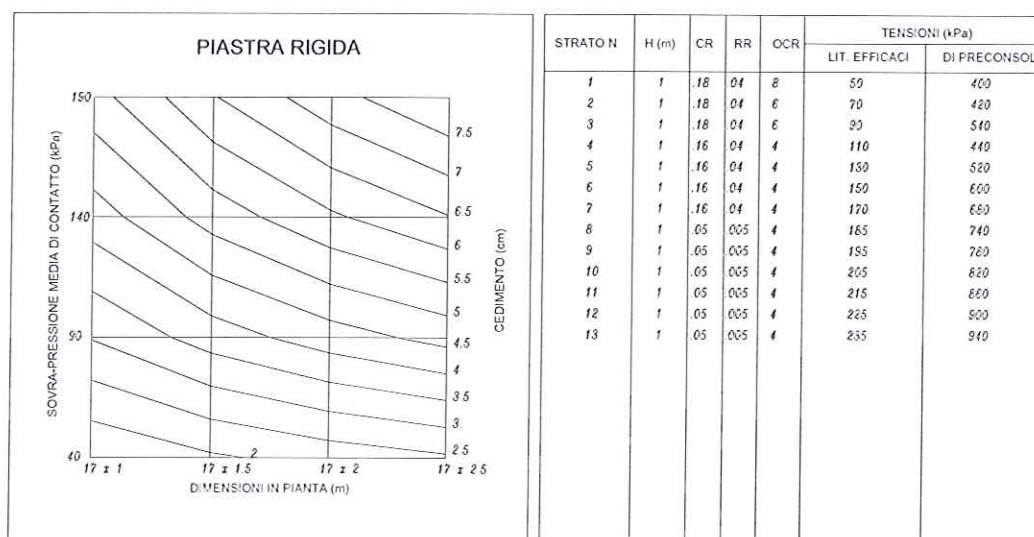


Figura 15

## 12 VALUTAZIONI SULLA STABILITÀ DEL VERSANTE

Per l'analisi si è impiegato il metodo Bishop-Modificato imponendo superfici di potenziale rottura ad andamento circolare; il codice di calcolo è STABL della Purdue University – Indiana.

La sezione di riferimento è secondo la traccia a direzione E-W passante per il sito di nuova edificazione, limitata tra le quote 675 e 550 m s.l.m.

Rispetto alla superficie topografica, l'interfaccia copertura-substrato e la piezometrica sono ipotizzate parallele e poste rispettivamente a -8 m e -10 m.

Ai materiali sono attribuiti i valori di resistenza al taglio caratteristici definiti al capitolo 8; ci si riferisce alle sole condizioni efficaci, dato che in tale ambito si opera a favore della sicurezza.

Due le analisi effettuate: la prima è relativa alle condizioni geostatiche attuali, la seconda evidenzia quanto cambia ad opera ultimata, assumendo un carico di 1.430 t (calcolato secondo i coefficienti amplificativi A2 previsti dalle Norme) distribuito su un'area di 322 m<sup>2</sup>.

Delle edificazioni in essere lungo la sezione di riferimento si considera solo quella della scuola esistente.

L'azione sismica di progetto è calcolata a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, pari a 0.272 g.

In un approccio di tipo pseudo statico, le componenti orizzontale e verticale della sollecitazione sono espresse come  $F_h = W \cdot k_h$  ed  $F_v = W \cdot k_v$

dove

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

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Per la categoria di suolo B, il coefficiente di riduzione  $\beta_s$  nel caso di accelerazioni comprese tra 0.2 e 0.4 è pari a 0.28, quindi

$$k_h = 0.076$$

$$k_v = \pm 0.038$$

Di seguito sono esposti i dati in ingresso, i risultati e due disegni (figure 16 e 17) di cui quello superiore mostra tutte le superfici di verifica e quello inferiore riporta le 10 più critiche con evidenziato il piano di rottura a fattore minimo.

Delle verifiche effettuate si evidenzia solo quella relativa alla combinazione più sfavorevole delle azioni sismiche.



PROBLEM DESCRIPTION SCUOLA SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO Input file : sambro2

# BOUNDARY COORDINATES

7 TOP BOUNDARIES

14 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	10.00	18.38	90.00	43.38	1
2	90.00	43.38	160.00	68.38	1
3	160.00	68.38	290.00	93.38	1
4	290.00	93.38	338.00	97.02	1
5	338.00	97.02	360.00	98.68	1
6	360.00	98.68	620.00	118.38	1
7	620.00	118.38	770.00	143.38	1
8	10.00	10.00	92.54	35.80	2
9	92.54	35.80	162.11	60.64	2
10	162.11	60.64	291.06	85.44	2
11	291.06	85.44	338.01	88.99	2
12	338.01	88.99	359.97	90.66	2
13	359.97	90.66	620.96	110.43	2
14	620.96	110.43	770.00	135.27	2

# ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	1.9	1.9	2.5	19.0	.00	.0	1
2	2.0	2.0	5.0	27.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (MT)	Y-WATER (MT)
1	10.00	8.00
2	92.54	33.80
3	162.11	58.64
4	291.06	83.44
5	338.01	86.99
6	359.97	88.66
7	620.96	108.43
8	770.00	133.27

# BOUNDARY LOAD(S)

1 LOAD(S) SPECIFIED

LOAD NO.	X-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	INTENSITY (T/MQ)	DEFLECTION (DEG)
1	360.01	376.06	4.0	.0

NOTE - INTENSITY IS SPECIFIED AS A UNIFORMLY DISTRIBUTED FORCE ACTING ON A HORIZONTALLY PROJECTED SURFACE.

A HORIZONTAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT

OF .076 HAS BEEN ASSIGNED

A VERTICAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT

OF -.038 HAS BEEN ASSIGNED

CAVITATION PRESSURE = .0 T/MQ

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED. 100 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

20 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 5 POINTS EQUALLY SPACED

ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 30.00 MT.

AND X = 180.00 MT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 300.00 MT.

AND X = 600.00 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

20.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.

THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF .0 AND 5.0 DEG.



FOLLOWING IS DISPLAYED THE MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 16 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	30.00	24.63
2	50.00	24.65
3	69.99	25.39
4	89.93	26.86
5	109.81	29.06
6	129.60	31.98
7	149.26	35.62
8	168.78	39.98
9	188.13	45.04
10	207.28	50.81
11	226.21	57.27
12	244.89	64.41
13	263.30	72.24
14	281.41	80.72
15	299.20	89.86
16	307.88	94.74

\*\*\* 1.478 \*\*\*

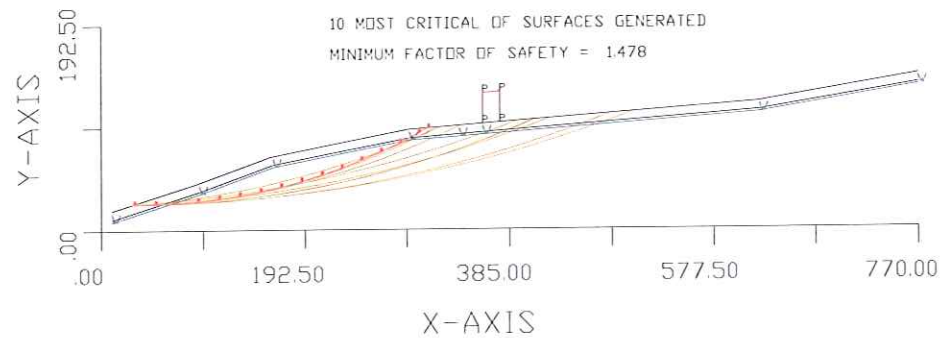
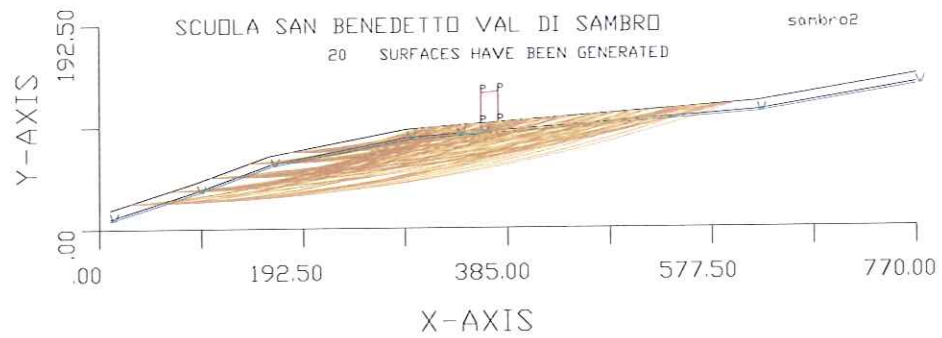


Figura 16

PROBLEM DESCRIPTION SCUOLA SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO Input file : sambro3

# BOUNDARY COORDINATES

7 TOP BOUNDARIES

14 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	10.00	18.38	90.00	43.38	1
2	90.00	43.38	160.00	68.38	1
3	160.00	68.38	290.00	93.38	1
4	290.00	93.38	338.00	97.02	1
5	338.00	97.02	360.00	98.68	1
6	360.00	98.68	620.00	118.38	1
7	620.00	118.38	770.00	143.38	1
8	10.00	10.00	92.54	35.80	2
9	92.54	35.80	162.11	60.64	2
10	162.11	60.64	291.06	85.44	2
11	291.06	85.44	338.01	88.99	2
12	338.01	88.99	359.97	90.66	2
13	359.97	90.66	620.96	110.43	2
14	620.96	110.43	770.00	135.27	2

# ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	1.9	1.9	2.5	19.0	.00	.0	1
2	2.0	2.0	5.0	27.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (MT)	Y-WATER (MT)
1	10.00	8.00
2	92.54	33.80
3	162.11	58.64
4	291.06	83.44
5	338.01	86.99
6	359.97	88.66
7	620.96	108.43
8	770.00	133.27

# BOUNDARY LOAD(S)

2 LOAD(S) SPECIFIED

LOAD NO.	X-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	INTENSITY (T/MQ)	DEFLECTION (DEG)
1	338.00	360.00	4.5	.0
2	360.01	376.06	4.0	.0

NOTE - INTENSITY IS SPECIFIED AS A UNIFORMLY DISTRIBUTED FORCE ACTING ON A HORIZONTALLY PROJECTED SURFACE.

A HORIZONTAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT

OF .076 HAS BEEN ASSIGNED

A VERTICAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT

OF-.038 HAS BEEN ASSIGNED

CAVITATION PRESSURE = .0 T/MQ

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

100 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

20 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 5 POINTS EQUALLY SPACED

ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 30.00 MT.

AND X = 180.00 MT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 300.00 MT.

AND X = 600.00 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION

AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

20.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.

THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF .0 AND 5.0 DEG.

FOLLOWING IS DISPLAYED THE MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 16 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	30.00	24.63
2	50.00	24.65
3	69.99	25.39
4	89.93	26.86
5	109.81	29.06
6	129.60	31.98
7	149.26	35.62
8	168.78	39.98
9	188.13	45.04
10	207.28	50.81
11	226.21	57.27
12	244.89	64.41
13	263.30	72.24
14	281.41	80.72
15	299.20	89.86
16	307.88	94.74

\*\*\* 1.478 \*\*\*

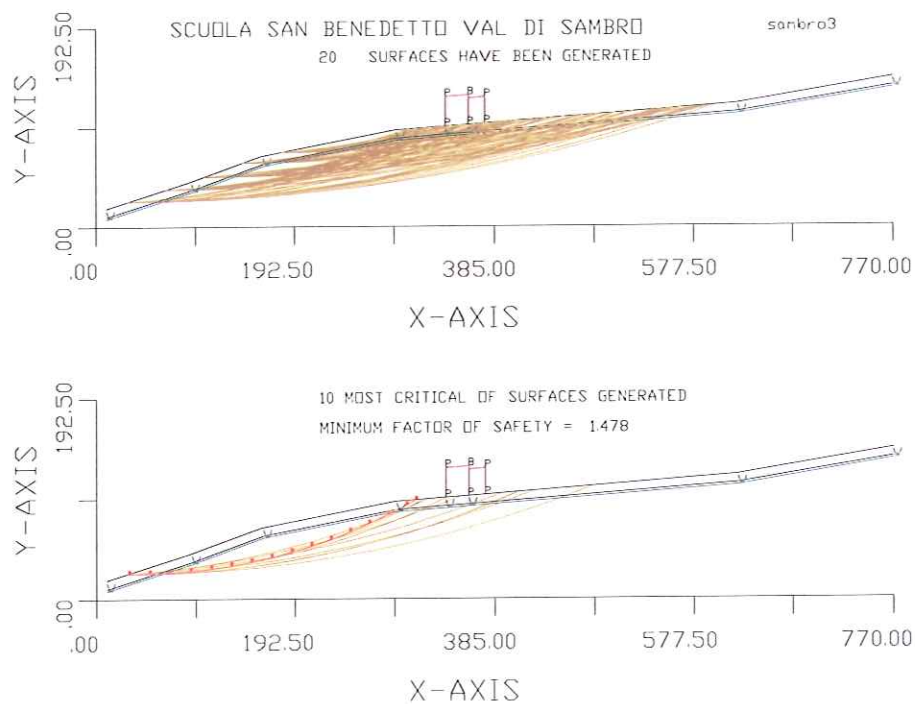
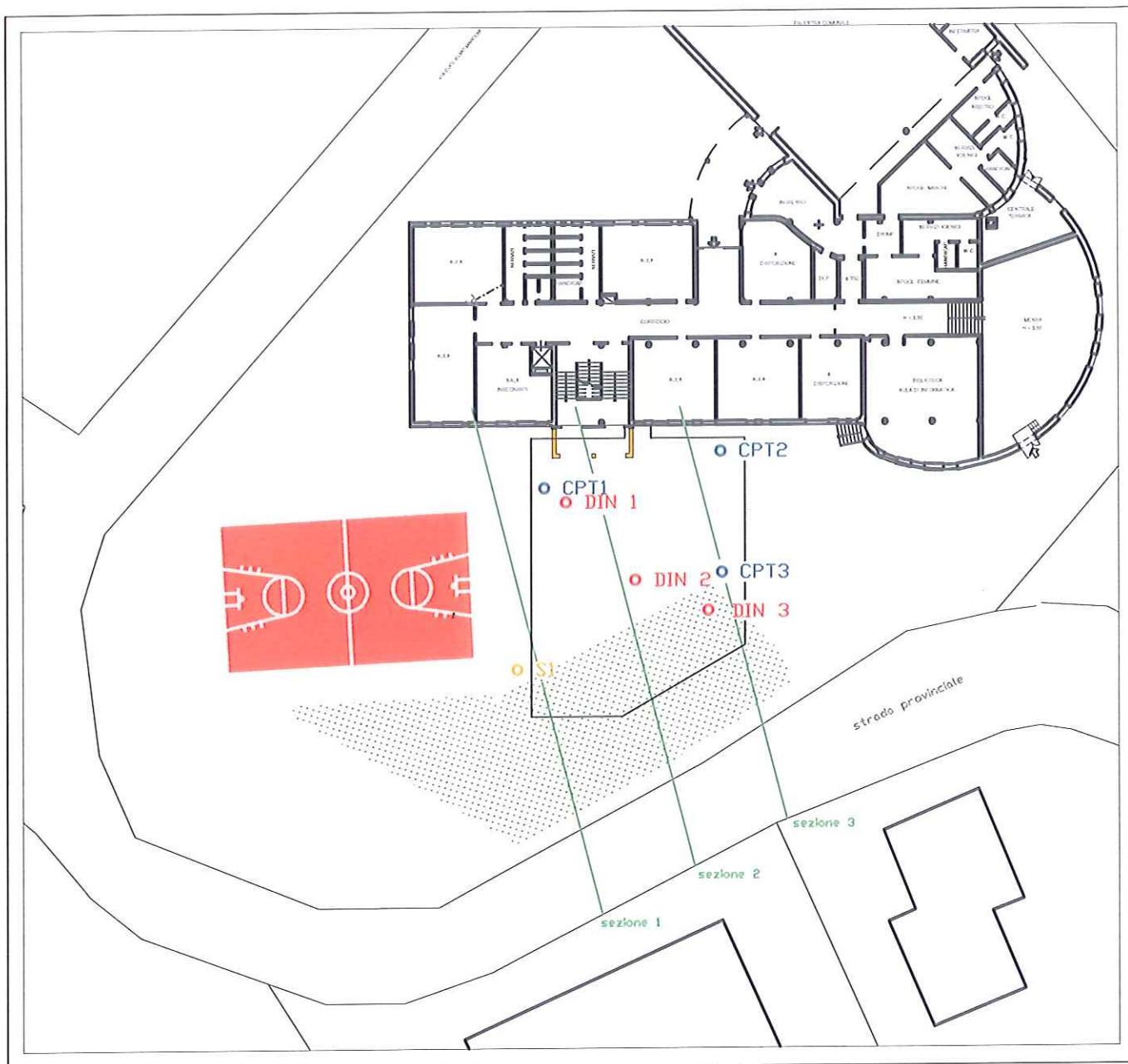


Figura 17

Le verifiche dimostrano che l'intervento non comporterà fattori di rischio relativamente alla stabilità generale del versante anche a fronte di un evento sismico.





## AMPLIAMENTO PLESSO SCOLASTICO SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO

COMUNE DI SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO (BOLOGNA)

Committente

CAIRE PRO

N° TAVOLA



UBICAZIONE SONDAGGI

SCALA DISEGNO: 1 : 200

## LEGENDA

	Prova penetrometrica dinamica
	Sondaggio a rotazione
	Prova penetrometrica statica
	Traccia di sezione



# SONDAGGIO PENETROMETRICO DINAMICO

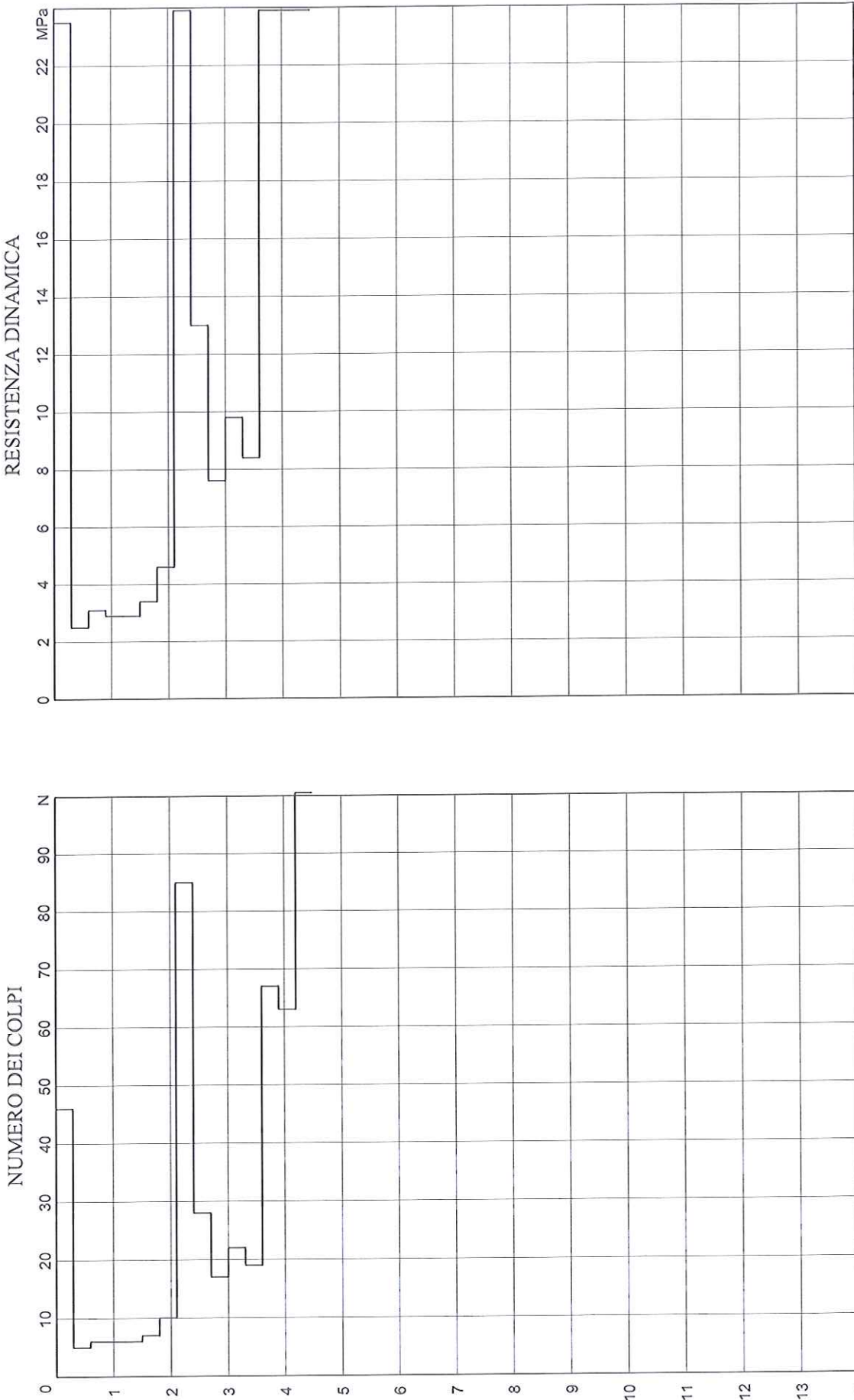


PROVA N. 1	ESECUTORE Geoprogetti S.A.S.	DATA 21/05/10
COMMITTENTE Comune S.Benedetto	LOCALITA' S.Benedetto	
CANTIERE Scuola Elementare	D.L. Dr.Cassinadri	TAV. 2

NOTE: la prova si è probabilmente arrestata contro un  
tronante.

PESO DEL MAGLIO kg 73.5  
VOLATA DEL MAGLIO cm 75  
SEZIONE DELLA PUNTA cm² 20  
PASSO DELLE MISURE cm 30  
PESO DELL'INCUDINE kg 50  
LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 90  
PESO DELL'ASTA kg 6.4

## CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



# SONDAGGIO PENETROMETRICO DINAMICO



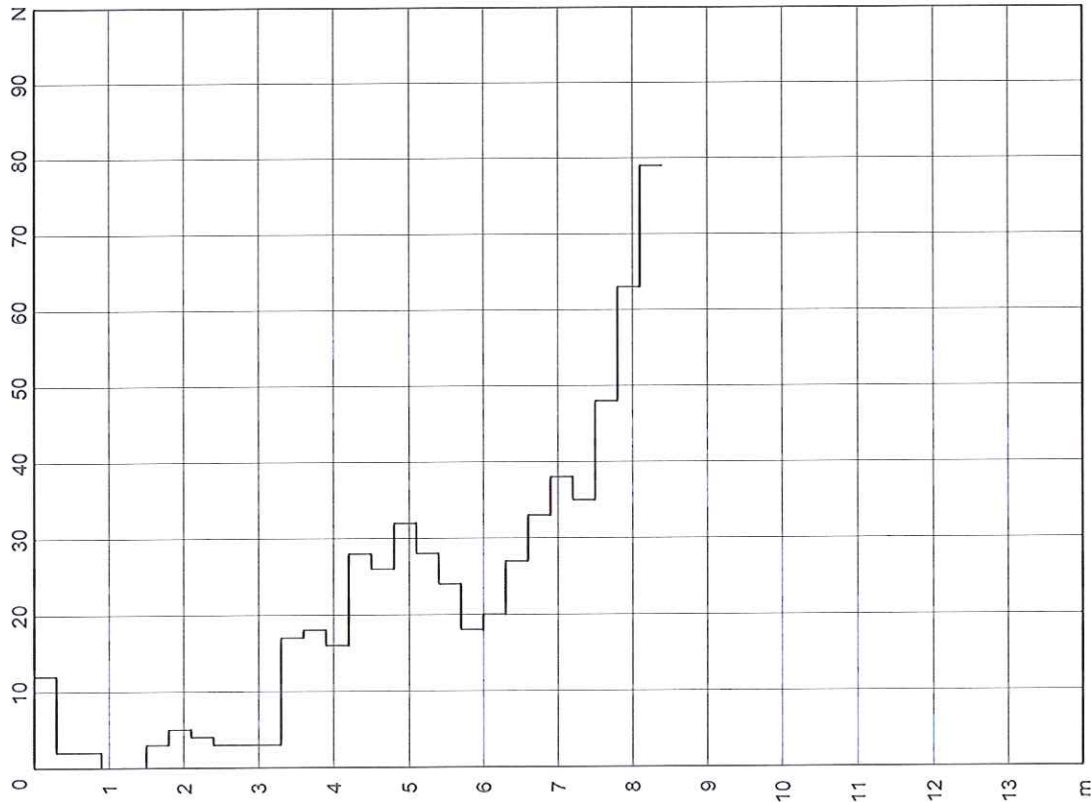
PROVA N. 2	ESECUTORE Geoprogetti S.A.S.	DATA 21/05/10
COMMITTENTE Comune S.Benedetto	LOCALITA' S.Benedetto	
CANTIERE Scuola Elementare	D.L. Dr.Cassinadri	TAV. 3

NOTE: attriti modesti a profondità comprese tra -4.8 m e -6.3m, elevati a profondità maggiori.

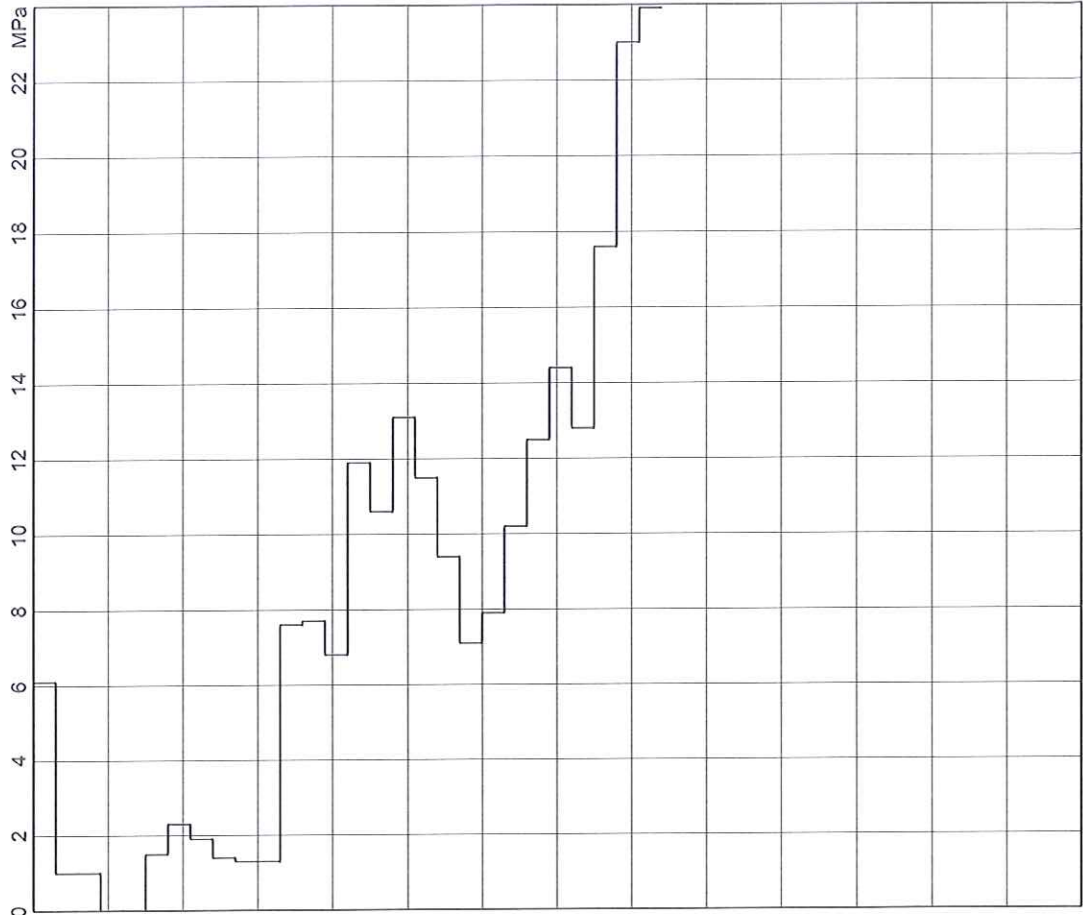
PESO DEL MAGLIO kg 73.5  
VOLATA DEL MAGLIO cm 75  
SEZIONE DELLA PUNTA cm² 20  
PASSO DELLE MISURE cm 30  
PESO DELL'INCUDINE kg 50  
LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 90  
PESO DELL'ASTA kg 6.4

## CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO

### NUMERO DEI COLPI



### RESISTENZA DINAMICA



# SONDAGGIO PENETROMETRICO DINAMICO

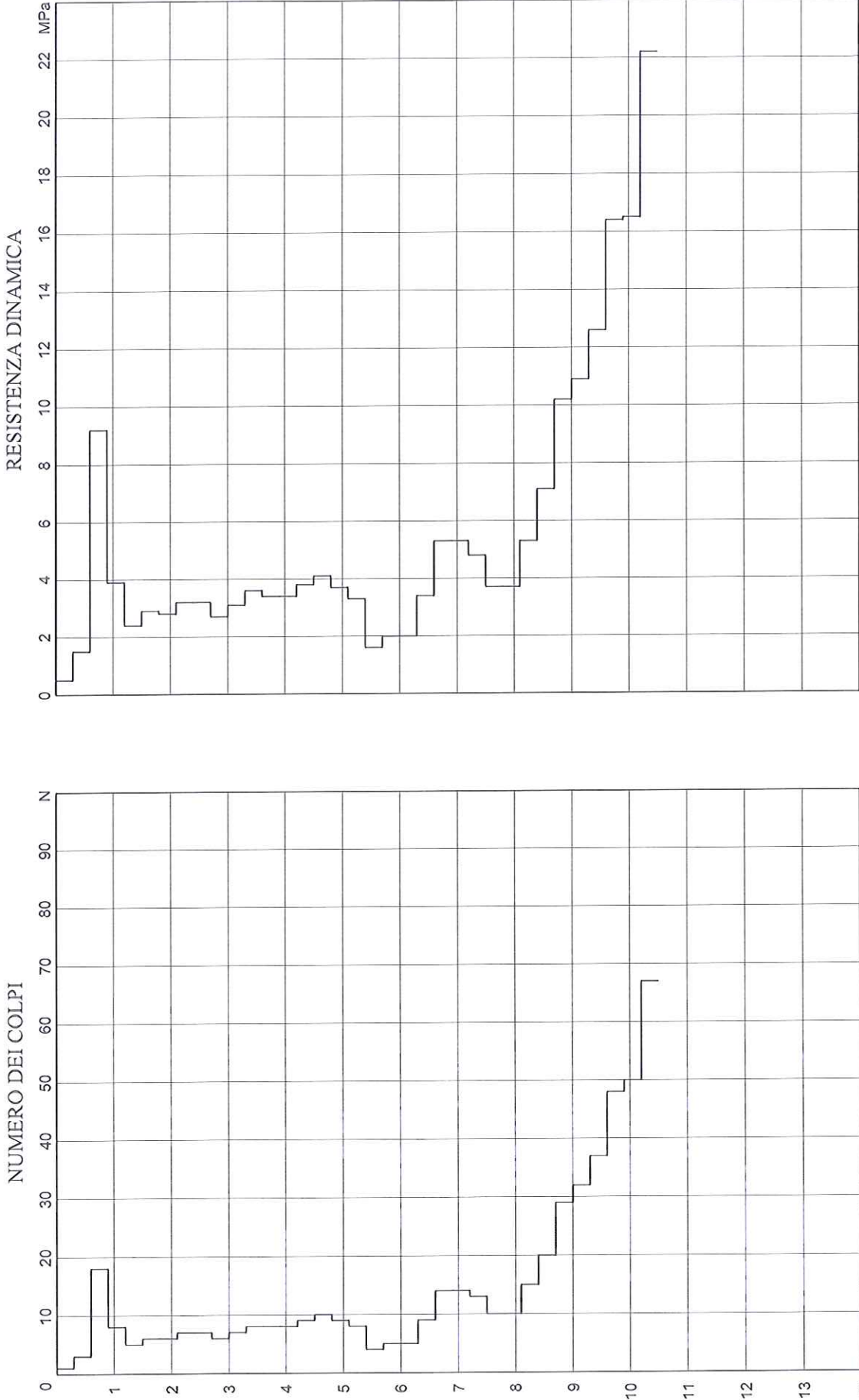


PROVA N. 3	ESECUTORE <i>Geoprogetti S.A.S.</i>	DATA 21/05/10
COMMITTENTE <i>Comune S.Benedetto</i>	LOCALITA' <i>S.Benedetto</i>	
CANTIERE <i>Scuola Elementare</i>	D.L. <i>Dr.Cassinadri</i>	TAV. 4

NOTE: *attriti modesti a profondità superiori a 8.1 m*

PESO DEL MAGLIO kg 73.5  
VOLATA DEL MAGLIO cm 75  
SEZIONE DELLA PUNTA cm² 20  
PASSO DELLE MISURE cm 30  
PESO DELL'INCUDINE kg 50  
LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 90  
PESO DELL'ASTA kg 6.4

## CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO





Comune di San Benedetto Val di Sambro			SONDAGGIO A ROTAZIONE N. 1			DATA INIZIO: 03.06.2010 DATA FINE: 09.06.2010			
Ampliamento plesso scolastico			DITTA ESECUTRICE GEOPROGETTI S.A.S.		MODALITA' ESECUTIVE: carotaggio continuo verticale SONDA: TECNOTUNNEL TS 80 CAROTIERE: <input checked="" type="checkbox"/> semplice <input type="checkbox"/> doppio $\phi$ 116 e 101 mm CASING: $\phi$ 128 e 113 mm	CAPO SONDA Sig. Emilio Montanari			
COORDINATE GEOGRAFICHE: 44.21492 - 11.23614			RIF. TAV. 1		QUOTA S.L.M. DEL PIANO CAMPAGNA: 597.5 m		TAV. 5		
PROF. DAL PIANO CAMPAGNA m	PERCENTUALE DI CAROTAGGIO % % %	INDICE RQD	CAMPIONI		SPT		ACQUA		
			Q2-Q3 SPEZZIONI DI CAROTA Q4-Q5 <input type="checkbox"/> OSTERBERG $\phi$ <input checked="" type="checkbox"/> SHELBY $\phi$	POCKET PENETROMETER kPa	VANE TEST (picco) kPa	VANE TEST (residuo) kPa			
					MARTINDALE A SCALANCIAMENTO AUTOMATICO MARCA NENZI FESSO A METRO LINEARE DELLE ASTE 7 kg CONTENITORE SPT BARREL STANDARD		LIVELLO PIEZOMETRICO		
			TRATTO DI PROVA POSIZIONE CAROTING PUNTA CONICA SCARIPETTA	COLPI	II TRIANTO III TRIANTO IV TRIANTO	INTESSORE PER 50 COLPI N SPT			
					LUNGHEZZA CAMPIONE				
					STRATIGRAFIA				
					NOTE: Da -7.95 a -8.9 m il materiale è uscito dal carotiere in fase di recupero, dunque si è resa necessaria una manovra aggiuntiva per portarlo in superficie ed i relativi valori al p.p. sono indicativi. Il secondo SPT è stato prolungato di 15 cm facendo registrare 14 colpi, di cui 2 per coprire 7 cm iniziali. A partire da -21.75 m, gli avanzamenti della sonda sono risultati ridotti (al massimo 70 cm) per una maggior compattezza del materiale. Utilizzo di carotiere doppio nel tratto da -23.45 a fine prova.				
					GEOLOG S.C.R.L. BOLOGNA, via D'Azeglio 74 - tel. 051/331209 REGGIO E., via E. all'Angelo 14 - tel. 0522/934730				
					DESCRIZIONE LITOLOGICA				
					Riporto in ghiaia nei primi 20 cm, quindi argilla giallastra con focature marroni, grigio e bianco latte. La compagine contiene ciottolotti, frammenti di calcarenite e frustoli carboniosi.				
					Argilla localmente limosa giallastra con focature grige, nuclei rugginosi e patine brune di natura ferromanganesifera. Sono presenti isolati elementi calcarenitici (-3.9 m, -4.4 m e nel tratto da -6.4 a -6.7 m) di dimensioni inferiori a 10 cm; in subordine si rilevano scaglie marnose marroni e frammenti di arenarie completamente alterate.				
					Argilla marrone chiaro con focature grige. Da -7.2 a -7.6 m orizzonte di argilla nocciola con rari calcinelli millimetrici e focature brune dovute alla presenza di ossidi ferromanganesi. Frammenti di calcareniti a -8.5 m				
					Calcareniti talora alterate e scaglie di marna grigia a patine di ossidazione ocra in subordinata matrice fine di colore nocciola-marrone. Sebbene l'avanzamento della sonda faccia in alcuni casi supporre alternanze di bancate dure (roccia) e tenere (argilla), le carote estratte mostrano un impasto eterogeneo, dove gli elementi lapidei sono ridotti a breccie di piccole dimensioni (solo di rado eccedono 10 - 15 cm), frammenti a scaglie marnose e inglobati con esse nella matrice argillosa. Da -16.8 a -17.7 si segnala un livello a più abbondante matrice fine caratterizzata da un colore nerastro.				



# CARATTERISTICHE DEL PENETROMETRO STATICO – DINAMICO “DINASTAR”

## ASSETTO DINAMICO

peso della massa battente (M)	30 kg	peso di ogni singola asta (P)	3.6 kg
corsa in caduta libera (H)	20 cm	sezione trasversale punta a perdere (A)	10 cm <sup>2</sup>
diametro delle aste di perforazione	28 mm	peso della testata d'infissione (m)	26 kg

- Nel corso della prova penetrometrica dinamica si registra il numero di colpi (N) necessario per produrre avanzamenti di 10 cm (h) della punta.
- Esiste la possibilità di ridurre gli attriti parassiti lungo le aste di sondaggio mediante iniezioni di liquidi tixotropici.

## ASSETTO STATICO

- Il contrasto necessario all'avanzamento della punta statica (“dutch mantle cone” standard) è dato dall'attrito che si sviluppa tra i terreni ed il particolare manicotto Dinastar.
- Nel corso della prova, tra una lettura statica e la successiva, l'infissione della batteria di sondaggio si effettua in modo dinamico.
- Vengono registrati due valori: il primo è relativo al numero di colpi (N<sub>m</sub>) per un approfondimento di 10 cm del manicotto; il secondo indica la resistenza statica alla punta (q<sub>c</sub>). Quest'ultimo è misurato da una cella di carico estensimetrica ad alta precisione da 2500 kg di portata ed è visualizzato sul display di una centralina elettronica.
- Il valore della resistenza di attrito laterale locale (f<sub>s</sub>) si misura a partire dal dato dinamico (N<sub>m</sub>) mediante la formula:

$$f_s = \frac{M^2 \cdot H \cdot N_m}{S \cdot 10 \cdot (M + m + T + \sum P)} \cdot 0.5$$

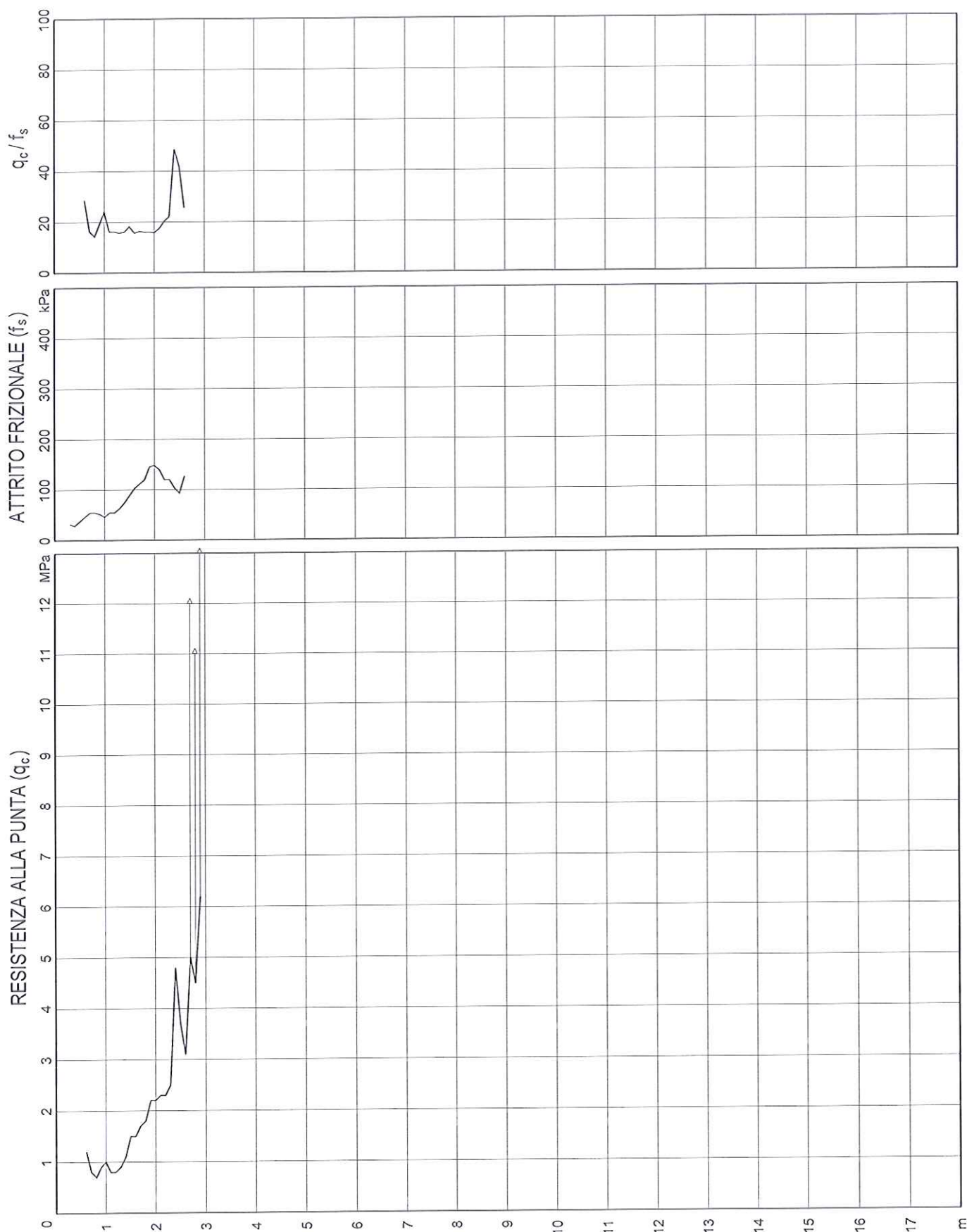
- dove S e T sono rispettivamente la superficie del manicotto di ancoraggio e il peso del puntale soggetto ad azione dinamica.
  - La superficie usuale del manicotto di ancoraggio, pari a 500 cm<sup>2</sup>, può essere aumentata di 200 o 400 cm<sup>2</sup> mediante apposite giunzioni. A lato si riportano i relativi pesi.
- |                       |   |     |    |
|-----------------------|---|-----|----|
| S 500 cm <sup>2</sup> | T | 6.7 | kg |
| S 700 cm <sup>2</sup> | T | 7.1 | kg |
| S 900 cm <sup>2</sup> | T | 7.5 | kg |
- Può accadere che l'attrito sviluppato sul manicotto sia insufficiente a contrastare la discesa della punta per cui il manicotto si disancora e risale nel foro. Il valore del parametro f<sub>s</sub> è allora quello che si legge sul display, mentre la resistenza alla punta è ovviamente maggiore di f<sub>s</sub>. In questi casi si procede a due letture dinamiche, misurando prima i colpi necessari per “richiudere” il puntale e poi quelli che occorrono per far avanzare il puntale “chiuso” di altri 10 cm. Particolari elaborazioni consentono di ottenere la resistenza dinamica (r<sub>d</sub>) dei terreni che hanno precluso l'avanzamento statico e di ottenere quindi q<sub>c</sub> in modo indiretto mediante il rapporto:

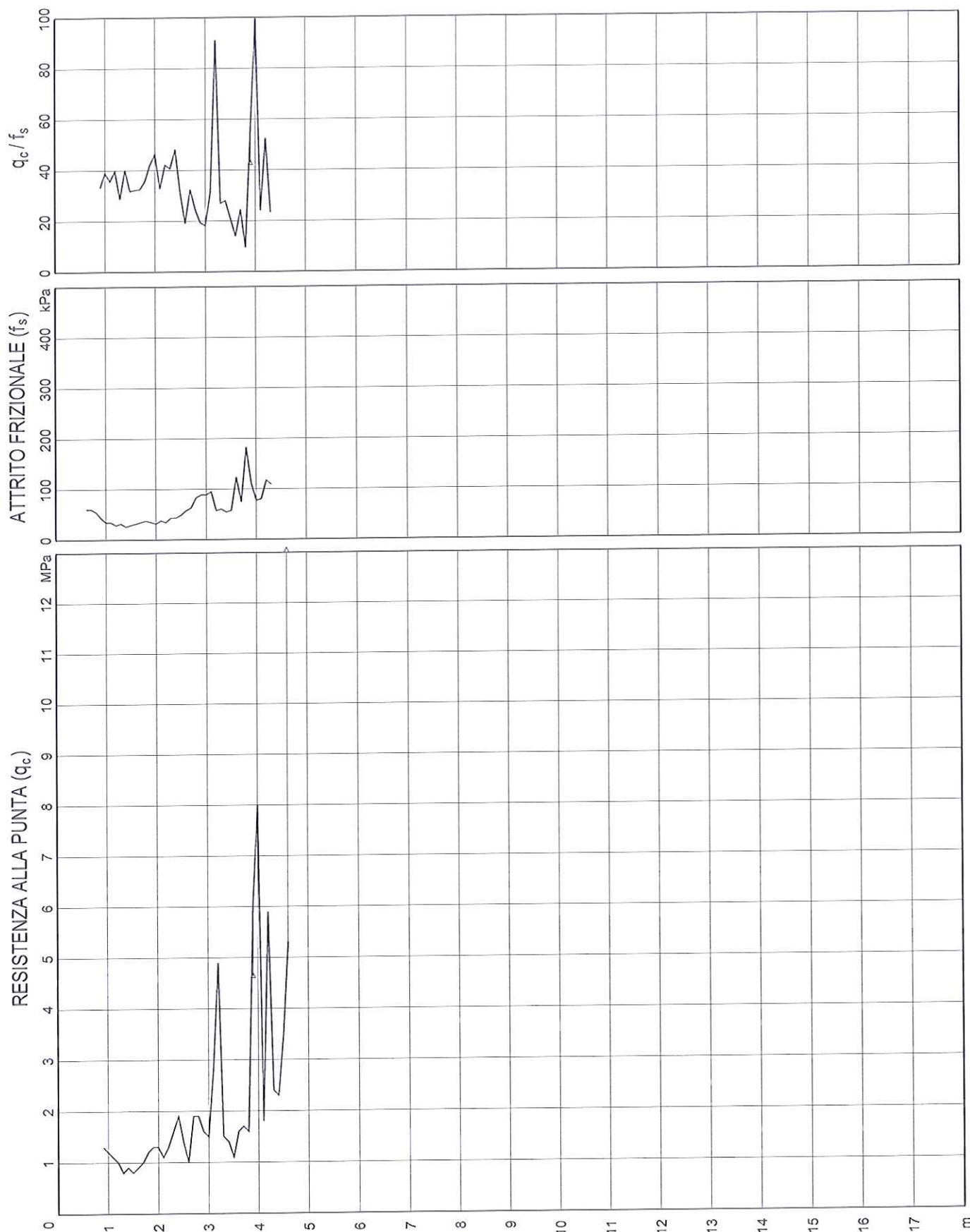
$$q_c = r_d / \beta$$

con β generalmente compreso tra 1.8 e 2.2

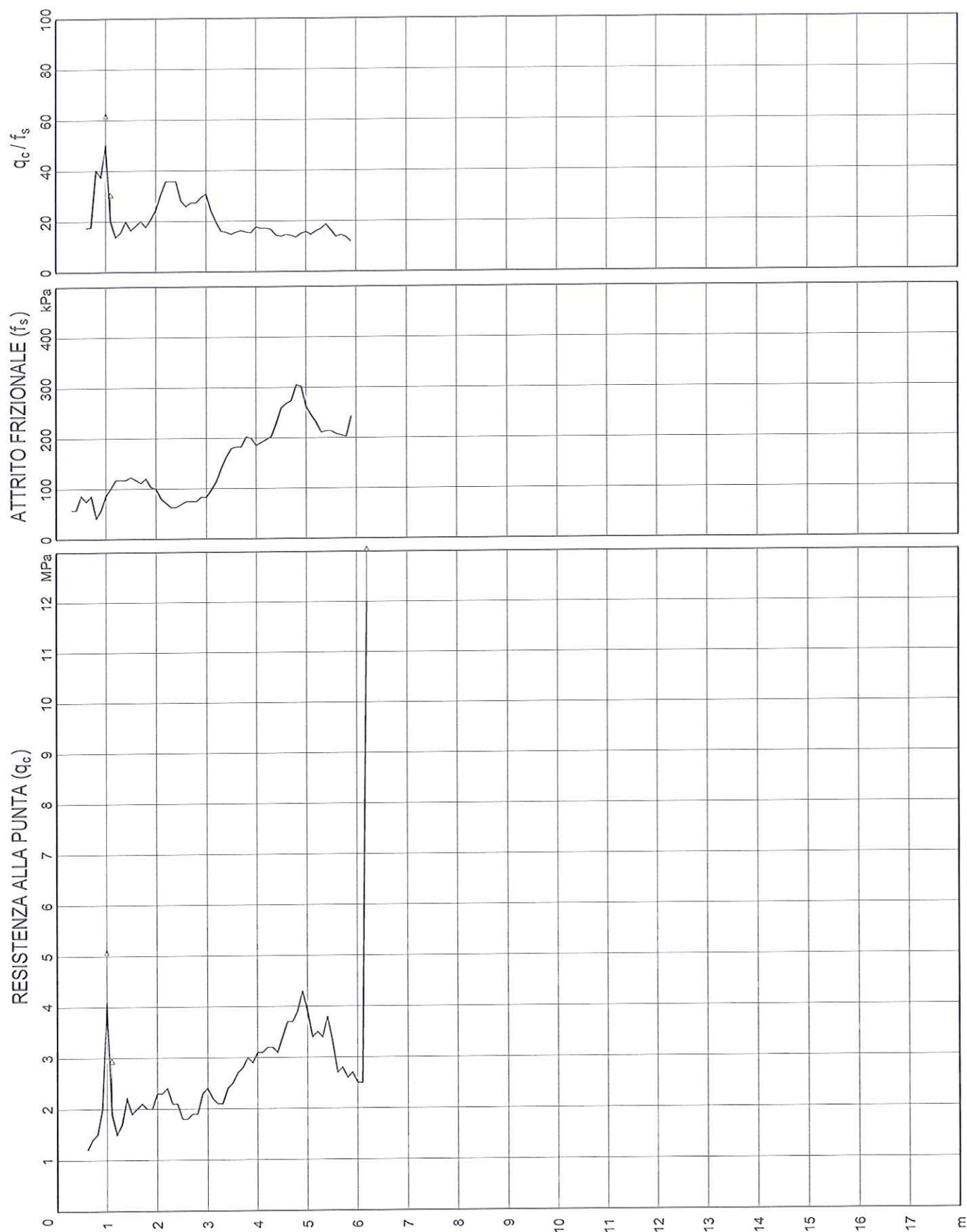
- Il fenomeno del disancoraggio è segnalato in corso di restituzione grafica con una freccia la cui lunghezza indica il valore di q<sub>c</sub> presunto.

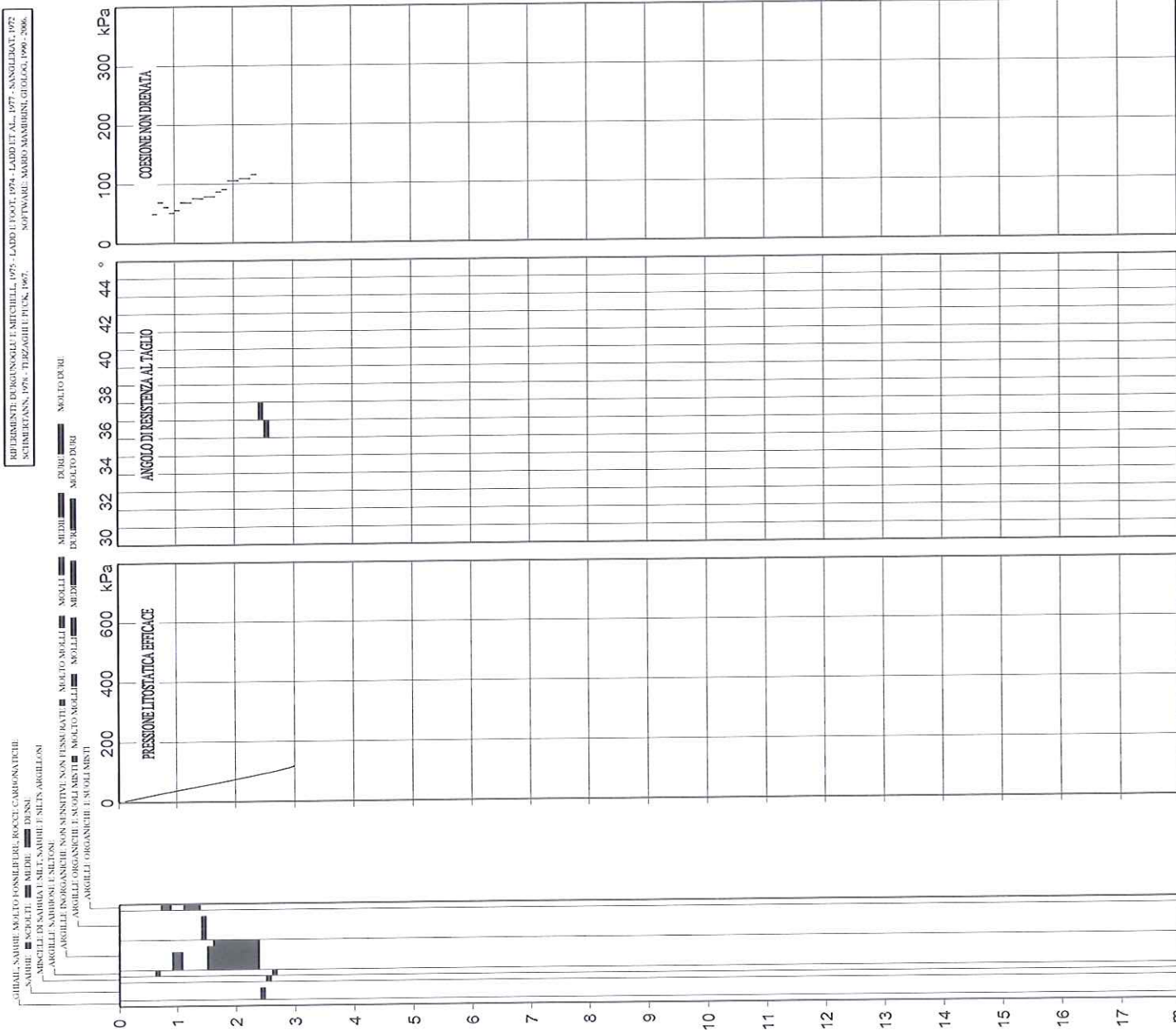
Note relative ai sondaggi svolti: è stato utilizzato il manicotto da 500 cm<sup>2</sup>; i dati di campo sono stati elaborati ponendo ΣP = 0.

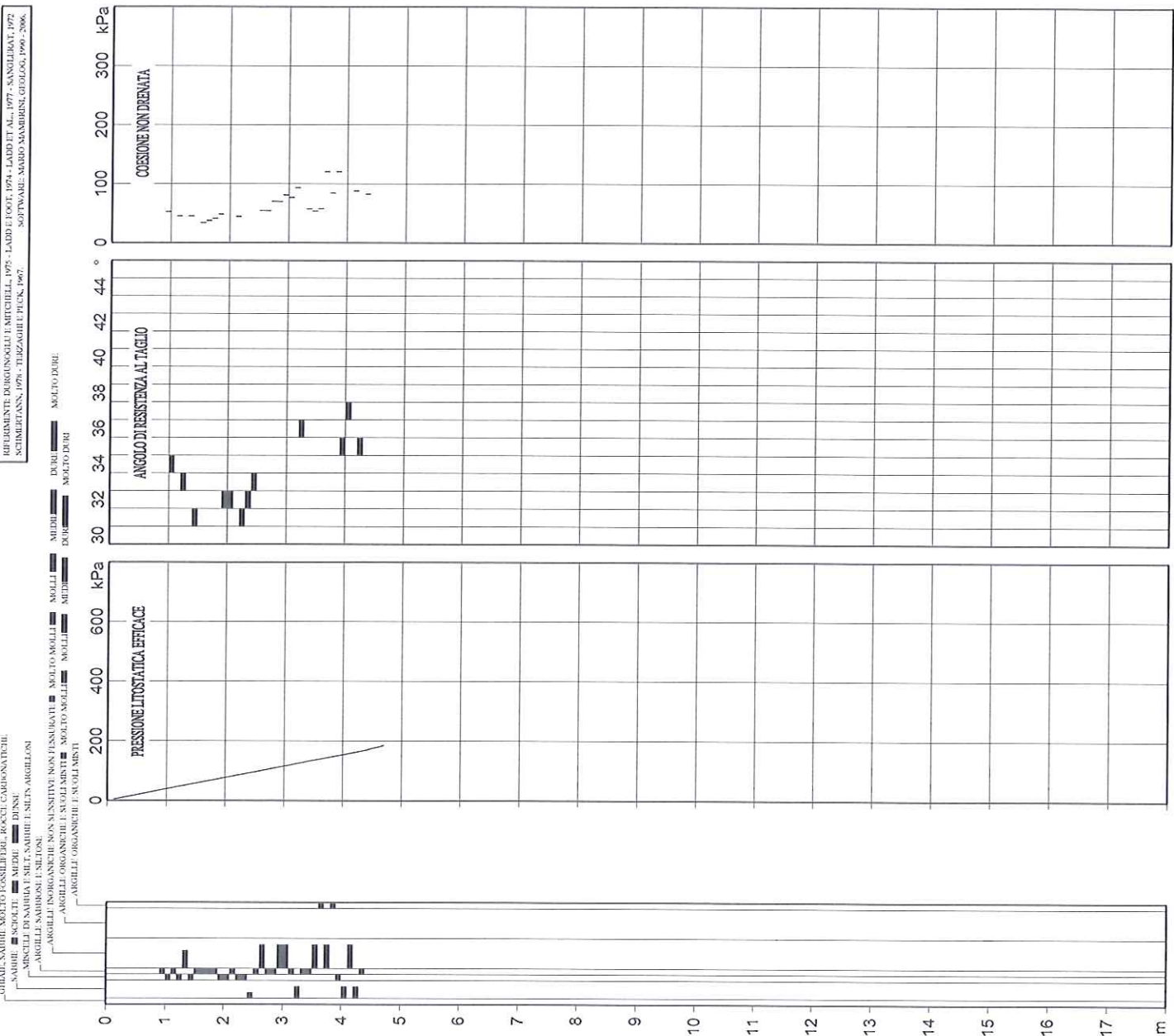




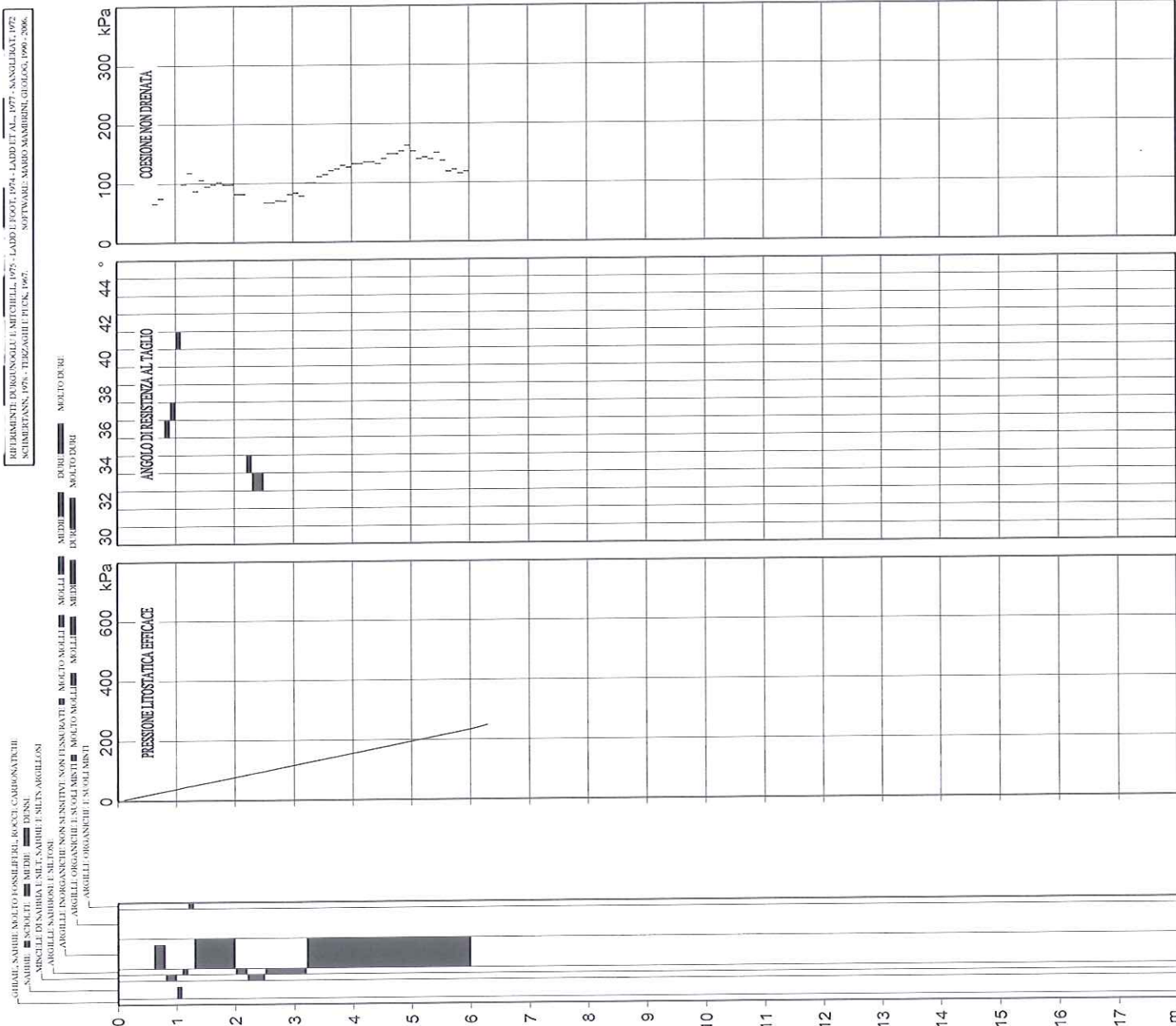










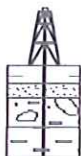




## **ALLEGATO 1**

### **Prospezione sismica MASW**

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa  
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28

## COMUNE DI SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO (BO)

Località: Via Marconi 48/B

Committente: GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI

Relazione geofisica per la valutazione della Vs30 per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO:	CODIFICA:	REVISIONE:	NOTE:
A 627	GF 166	0	

I GEOLOGI

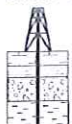
Dott. Geol. Filippo BARBIERI

Dott. Geol. Maurizio ROPA



21 giugno 2010





PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 1 di 11

L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc

## SOMMARIO

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>METODOLOGIA D'INDAGINE.....</b>	<b>3</b>
<i>Indagine sismica con metodologia MASW .....</i>	<i>3</i>
<b>ELABORAZIONE DATI .....</b>	<b>6</b>
<i>Sismica con metodologia MASW.....</i>	<i>6</i>
Analisi delle immagini di dispersione .....	6
Interpretazione .....	6
<b>PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....</b>	<b>9</b>
<i>Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (<math>V_{s30}</math>) .....</i>	<i>9</i>
LINEA MASW L1 .....	9
$V_{s30}$ LINEA MASW 1 .....	10
<i>Determinazione delle categorie di suolo di fondazione .....</i>	<i>11</i>

### APPENDICE 1 – FIGURE ED ELABORATI GRAFICI

### APPENDICE 2 – CERTIFICATI INDAGINE SISMICA MASW

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato  
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28  
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: [cgastudio@cgastudio.eu](mailto:cgastudio@cgastudio.eu)

**GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI**

Relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 2 di 11
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc			

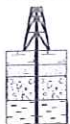
## INTRODUZIONE

Su incarico della GEOLOG Soc. Coop. (nella persona del Dott. R. Farioli) è stata redatta questa relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado, sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO).

L'ubicazione della zona di indagine è rappresentata in figura n° 1.

Lo studio ha seguito il seguente sviluppo:

- esecuzione di n° 1 sezione sismica con metodo MASW;
- elaborazione dei dati raccolti.



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 3 di 11
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc			

## METODOLOGIA D'INDAGINE

### INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (*Multichannel Acquisition Surf Wave*) ha come obiettivo quello di ricostruire il profilo sismostratigrafico di un sito, valutando in particolare la distribuzione della velocità delle onde "S" sia per la ricostruzione del profilo del sottosuolo che per la definizione *in situ* della  $V_{s30}$ .

Al fine di migliorare il rapporto segnale disturbo per ogni punto di offset vengo eseguiti, in modalità iterativa, tre shots.

Il metodo MASW prevede la costruzione di una curva di dispersione per le onde di superficie, attraverso l'elaborazione di un'immagine di dispersione derivata dall'analisi della propagazione delle onde di Rayleigh.

La tecnica di prospezione MASW utilizza quindi un'immagine rappresentativa delle frequenze delle onde superficiali, espressa in funzione della velocità di fase delle stesse. Nell'immagine di dispersione (*Over Tone Image*) viene inoltre enfatizzata cromaticamente l'ampiezza delle vibrazioni evidenziando così le aree corrispondenti al miglior rapporto segnale/disturbo.

Una volta individuata la sequenza di frequenze e velocità di fase corrispondenti alla più probabile distribuzione della dispersione nel sottosuolo esaminato (analisi della curva di dispersione) si procede alla ricostruzione delle stratigrafia rappresentativa della distribuzione delle velocità delle onde S tramite l'utilizzo di un algoritmo di inversione.

La tecnica di prospezione MASW può essere così schematizzata:

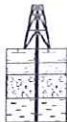
1. acquisizione delle onde superficiali;
2. costruzione delle curve di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

### Modalità esecutive

Le indagini MASW vengono eseguite disponendo sul terreno almeno 24 sensori (geofoni), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente vibrazioni impulsive ad alta frequenza in corrispondenza di un punto prestabilito lungo il profilo





**Studio Tecnico Associato  
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28  
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: [cgastudio@cgastudio.eu](mailto:cgastudio@cgastudio.eu)

**GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI**

Relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 4 di 11

L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc

(*punto di scoppio*): nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (*trigger*). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con intervallo di campionamento pari a 0.25 ms e tempo di registrazione pari ad almeno 1 secondo.

Ogni scoppio e ogni registrazione per ogni distanza di offset se necessario vengono ripetuti tre volte.

Lo strumento utilizzato è il sismografo digitale A6000-S di produzione M.A.E. s.r.l. caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale con dinamica a 24 bit.

Gli impulsi sismici sono stati generati con l'utilizzo di una massa battente da 6.0 Kg.

Nel caso specifico la geometria dell'array di indagine è riassunta nella seguente tabella:

Sezione	n° geofoni	Spacing (m)	Offset (m)	Avanzamento (m)	n° avanzamenti	Lunghezza array (m)	Lunghezza sezione (m)
L1	24	1.00	7.00	5.00	3	30.00	10.00

Tabella n° 1 - Array dello stendimento MASW.

Le caratteristiche del sismografo e dei geofoni utilizzati sono di seguito sinteticamente riassunte:

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato  
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28  
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: [cgastudio@cgastudio.eu](mailto:cgastudio@cgastudio.eu)

**GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI**

Relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per  
l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media  
Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B  
nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 5 di 11
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc			

**SISMOGRAFO M.A.E. - A6000S**

CPU NS Geode GXLV 233MHz
Memoria RAM 128 Mb PC100 Mhz
Hard Disk 512 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
Batteria di riserva al Litio
Monitoraggio Hardware Winbond W83781D
Display LCD 10,5" Tft Transflective a colori, touch screen
Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 2Ah
Valigia in copolimeri di polypropylene antisciacchiamento
Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
Dimensioni e peso L280 X H220 X P170 mm, 3 Kg

**GEOFONI GEOSPACE GS-11D**

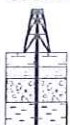
Natural Frequency	4,5 ± 0,75 Hz
Coil Resistance @ 25°C ± 5%	380 Ohms
Intrinsic Voltage Sensitivity with 380 Ohm Coil ± 10%	0,32 V/cm/s
Normalized Transduction Constant (V/in/sec)	0,42 (sq.root of Rc)
Open Circuit Damping	0,34 ± 20%
Damping Constant with 380 Ohm Coil	762
Optional Coil Resistances ± 5%	56,16 Ohms
Moving Mass ± 5%	23,6 g
Typical Case to Coil Motion P-P	0,18 cm
Harmonic Distortion with Driving Velocity of 0.7 in/sec (1.8 cm/sec) P-P	N/S

**Dimensioni**

Height (less terminals*)	3,35 cm
Diameter	3,18 cm
Weight	111 g

\* terminal height is 0,3429 cm

Tabella n° 2 - Tabella delle caratteristiche del sismografo e dei geofoni utilizzati.



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 6 di 11
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc			

## ELABORAZIONE DATI

### SISMICA CON METODOLOGIA MASW

#### Analisi delle immagini di dispersione

Le immagini di dispersione rappresentano, in forma grafica, lo spettro di dispersione delle onde di Rayleigh che si propagano nel sottosuolo dell'area indagata.

Le immagini illustrano la dispersione vera e propria intesa come variazione della velocità di fase in funzione delle frequenze dello spettro. Evidenziano inoltre l'ampiezza delle vibrazioni (energia associata) utilizzando variazioni di toni di colori.

L'obiettivo dell'analisi dell'immagine di dispersione è l'individuazione del "tono fondamentale" della vibrazione (fundamental mode), distinguendolo da tutti gli ipertoni associati (higher tone) e dai rumori di fondo (noise).

L'individuazione del "tono fondamentale" permette di giungere alla principale chiave di lettura della prospezione cioè all'individuazione della "curva di dispersione" e quindi, tramite inversione, alla ricostruzione della sequenza sismostratigrafica del sito indagato.

#### Interpretazione

Il profilo delle  $V_s$  è determinato sulla base di un algoritmo iterativo di inversione che utilizza i dati ottenuti dallo studio della curva di dispersione.

L'algoritmo si basa sulle seguenti considerazioni:

- 1) la frequenza è direttamente legata alla profondità di indagine (basse frequenze alte profondità);
- 2) la velocità di fase dipende essenzialmente dalle proprietà elastiche dei materiali interessati dal propagarsi della perturbazione.

L'algoritmo di inversione tiene inoltre conto della necessità di soddisfare la seguente relazione:

$$z_f = a \lambda_f$$

dove:

$z_f$  = profondità di propagazione della frequenza  $f$ ;

$a$  = coefficiente adimensionale;





PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 7 di 11
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc			

$\lambda_f$  = lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza  $f$ .

Le iterazioni necessarie per l'elaborazione in precedenza descritta avvengono tramite l'utilizzo di un programma di calcolo specifico (*Surfseis 2.0* del *Kansas Geological Survey*).

In Appendice 2 sono riportate sia le immagini di dispersione (*Over Tone Image*) relative alla somma di ogni shot effettuato con relative curve di dispersione, che la sezione stratigrafica per velocità di propagazione delle onde S ottenuta tramite inversione.

Per quanto concerne il calcolo dei parametri elastici sono state utilizzate le seguenti formule:

*Densità Dinamica:*

$$\gamma = 0.51V_p^{0.19}$$

Dove:

$\gamma$  = densità del mezzo attraversato;

$V_p$  = velocità onde di compressione;

*Modulo di taglio:*

$$G = \gamma V_s^2$$

Dove:

$\gamma$  = densità del mezzo attraversato;

$V_s$  = velocità onde di taglio;

*Modulo di Young:*

$$E = 2\gamma V_s^2(1 + \nu)$$

Dove:

$\nu$  = Coefficiente di Poisson



**Studio Tecnico Associato  
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28  
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: [cgastudio@cgastudio.eu](mailto:cgastudio@cgastudio.eu)

**GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI**

Relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 8 di 11

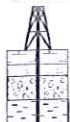
L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc

*Coefficiente di Poisson:*

Il coefficiente di Poisson è un valore di input per il calcolo dei parametri elastici, in assenza di prove Down Hole o Cross Hole di taratura esso viene definito utilizzando la seguente tabella:

Litologia	Vs	Poisson
Limi	80/100	0.50
Limi argillosi	100/150	0.45
Limi sabbiosi	80/150	0.50
Argilla	200/500	0.45
Sabbia	100/200	0.40
Ghiaia	250/500	0.35
Roccia fratturata	300/800	0.30
Roccia compatta	500/1500	0.20

*Tabella n° 3 – Valori caratteristici del Coefficiente di Poisson*



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 9 di 11

L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc

## PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

### DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE NEI PRIMI 30 m ( $V_{s30}$ )

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al paragrafo relativo alla metodologia MASW, è possibile individuare le seguenti sezioni sismica di sintesi:

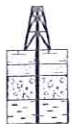
#### LINEA MASW L1

Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/s)
1	0,71	158,24
2	0,88	246,12
3	1,10	287,27
4	1,38	256,11
5	1,72	220,07
6	2,15	363,36
7	2,69	489,43
8	3,37	584,88
9	4,21	692,74
10	14,55	1122,73

Tabella n° 4 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica - geofono 1012

Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/s)
1	0,71	157,04
2	0,88	244,72
3	1,10	283,49
4	1,38	257,37
5	1,72	220,27
6	2,15	359,08
7	2,69	485,09
8	3,37	582,15
9	4,21	689,75
10	14,55	1107,92

Tabella n° 5 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica - geofono 1017



Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/s)
1	0,71	107,01
2	0,88	221,97
3	1,10	261,93
4	1,38	305,27
5	1,72	230,28
6	2,15	318,82
7	2,69	499,59
8	3,37	583,00
9	4,21	685,67
10	14,55	1146,85

Tabella n° 6 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica - geofono 1022

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della  $V_{s30}$  è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

$h_i$  = spessore dello strato iesimo

$V_{si}$  = Velocità orizzontale dello strato esimo

La  $V_{30}$ , senza specifiche indicazioni dei progettisti, è calcolata a partire dal piano di campagna.

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

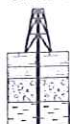
#### $V_{s30}$ LINEA MASW 1

Geofono	$V_{s30}$ m/s
1012	509,77
1017	506,44
1022	490,91
$V_{s30}$ media	502,37

 Tabella n° 7 – Valori calcolati di  $V_{s30}$ 

È opportuno segnalare come la velocità orizzontale del substrato ( $V_s > 1100$  m/s) è da considerarsi indicativa, in quanto direttamente legata alle scelte di picking.




**Studio Tecnico Associato  
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)  
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376  
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28  
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: [cgastudio@cgastudio.eu](mailto:cgastudio@cgastudio.eu)

**GEOLOG SOC. COOP. - DOTT. R. FARIOLI**

Relazione geofisica per la valutazione della  $V_{s30}$  per l'ampliamento dell'edificio scolastico della Scuola Media Primaria e Secondaria di Primo Grado sito in via Marconi 48/B nel Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 627	GF 166	0	Pagina 11 di 11

L:\A 627 - GF 166 - Geolog Soc. Coop. - Dott. R. Farioli - Scuola Media San Benedetto Val di Sambro (BO)\Modello MASW 3Shots 1 dicembre 2009\Modello Relazione 3 shots.doc

## *Determinazione delle categorie di suolo di fondazione*

Utilizzando la tabella di seguito riportata, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza dei terreni:

Categorie di suolo di fondazione:

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
<b>B</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 $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	<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 $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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 $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s.
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ , che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 8 – Definizione dei profili stratigrafici

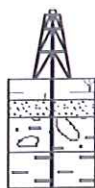
I terreni del sito appartengono alla Categoria **B**.

San Giovanni in Persiceto, 21 giugno 2010

I Geologi :



C.G.A.

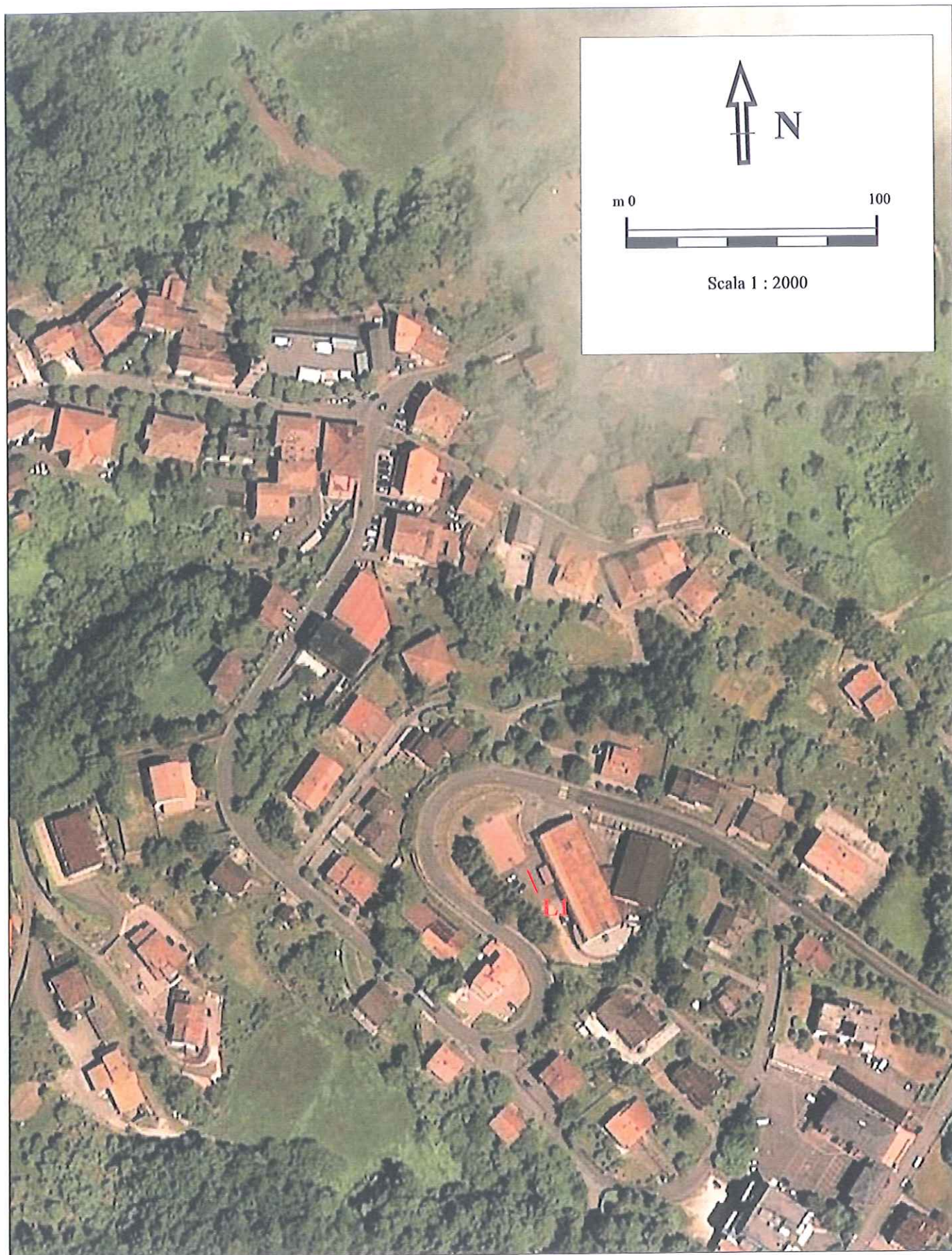


Studio Tecnico Associato

## *APPENDICE 1*

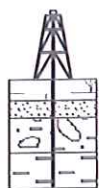
- Figure ed elaborati grafici





**FIGURA n° 1**  
**Ubicazione linea sismica MASW**  
Base fotoaerea

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

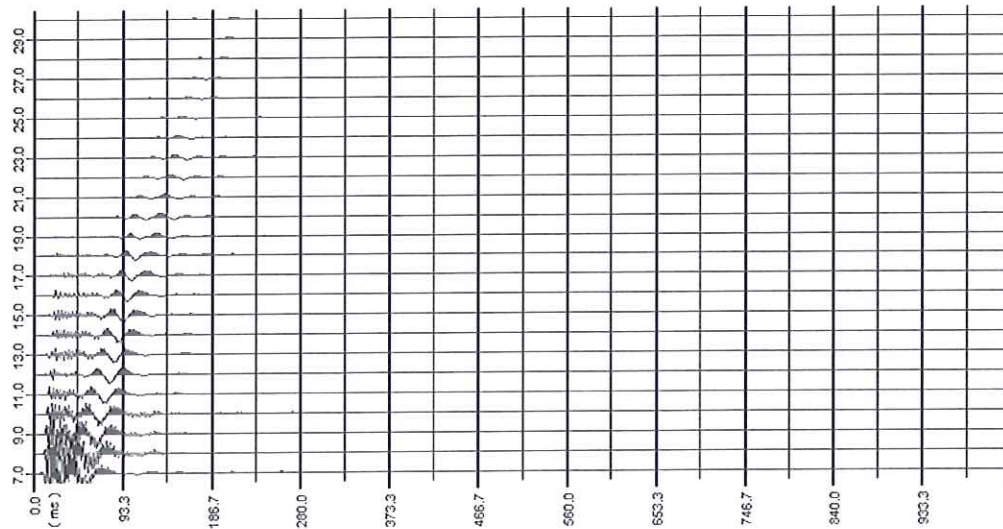
## *APPENDICE 2*

Sismogrammi, curve di dispersione e relative interpretazioni

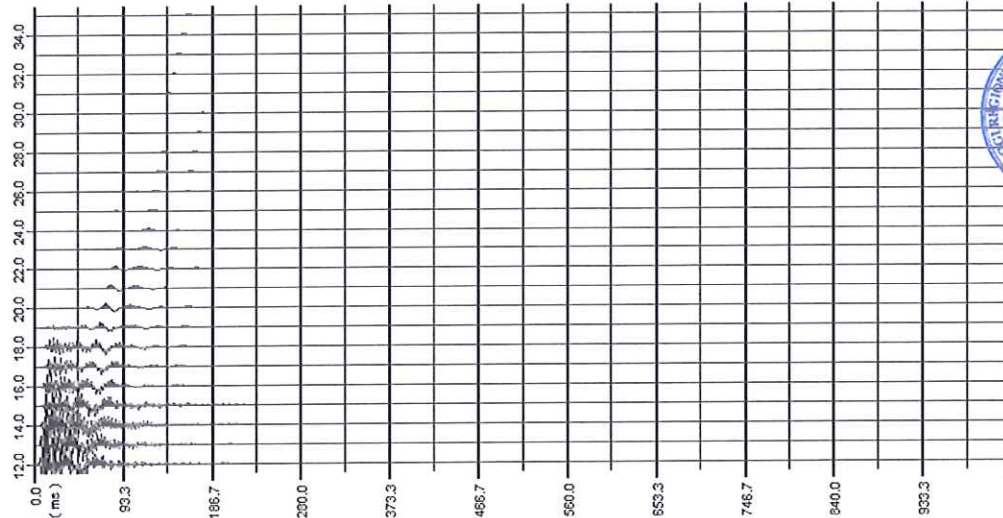


GEOLOG Soc. Coop. - LINEA SISMICA MASW  
Via Marconi 48/B - Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)

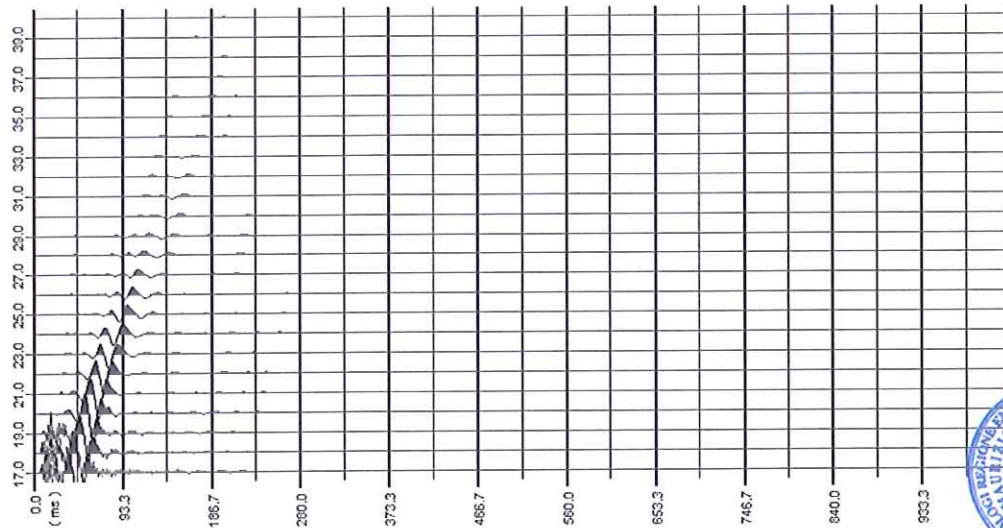
Shot 1



Shot 2



Shot 3



**GEOLOG Soc. Coop. - LINEA SISMICA MASW**  
**Via Marconi 48/B, Comune di San Benedetto Val di Sambro (BO)**

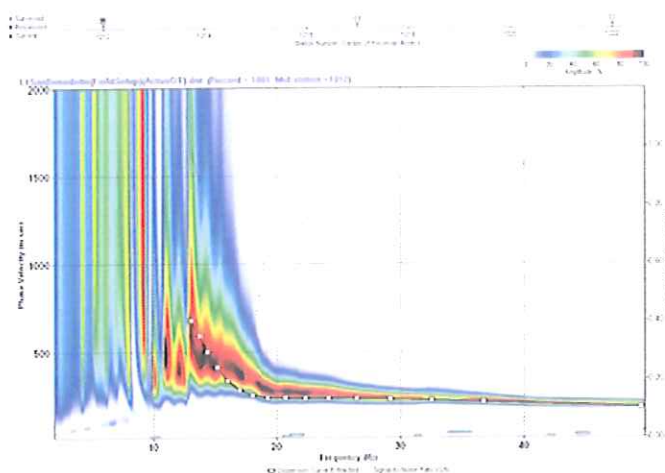


Immagine di dispersione relativa allo shot 1

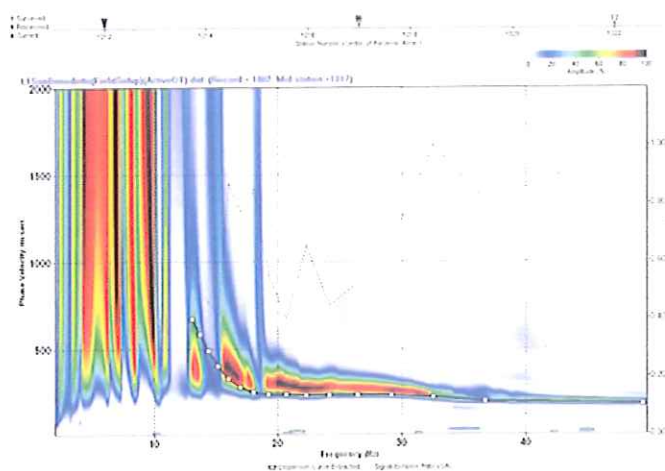


Immagine di dispersione relativa allo shot 2 .

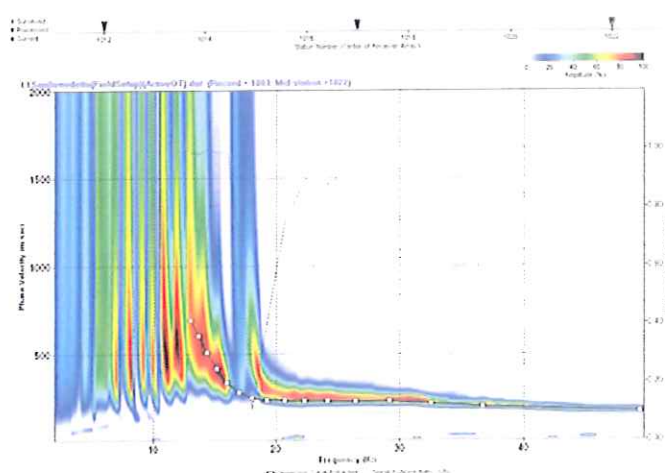
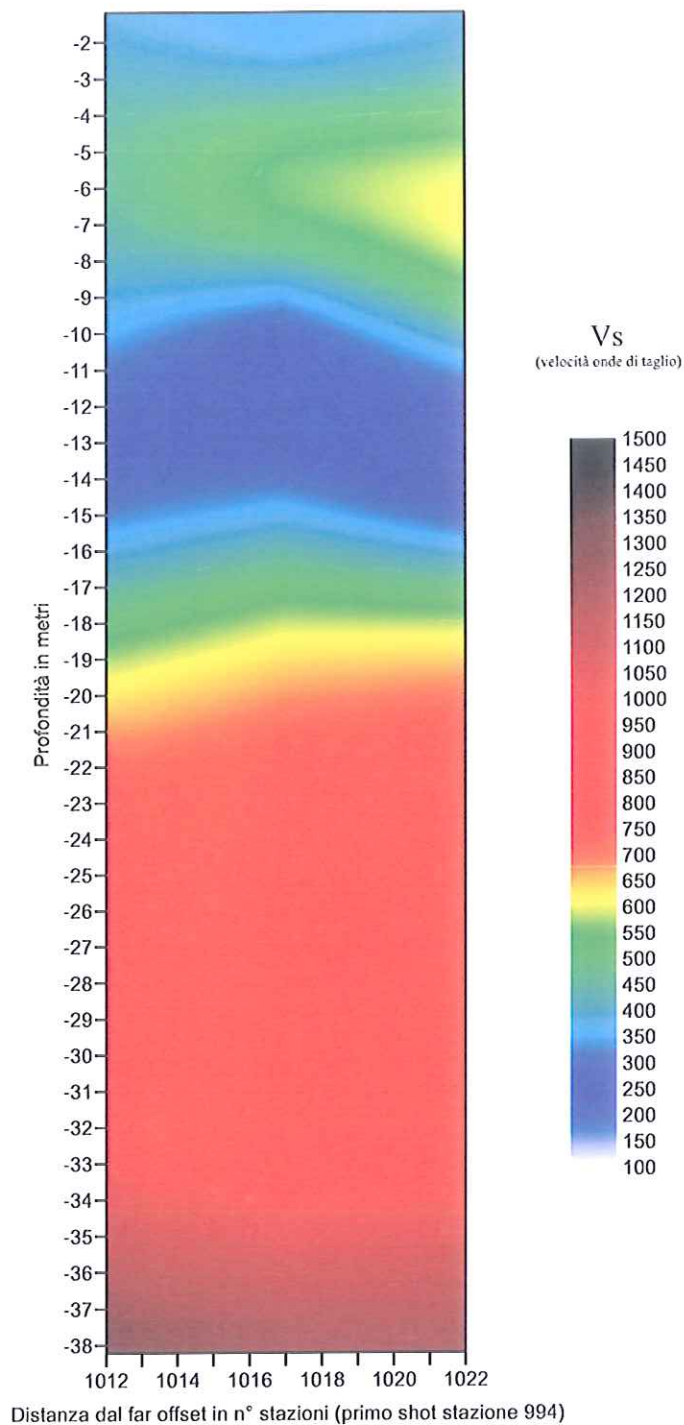


Immagine di dispersione relativa allo shot 3



Scala 1 : 200



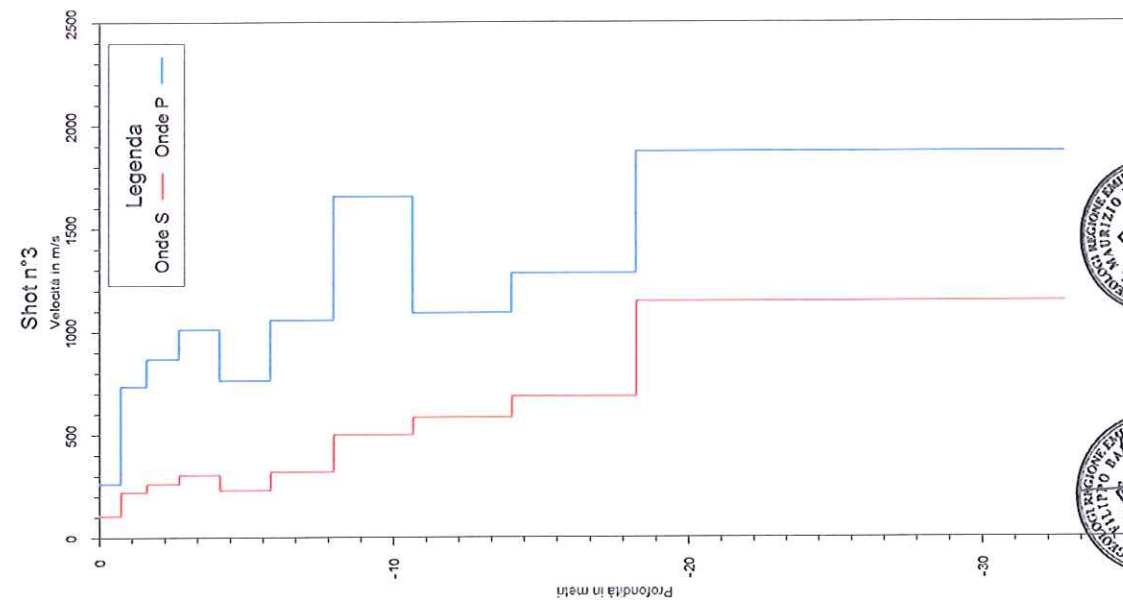
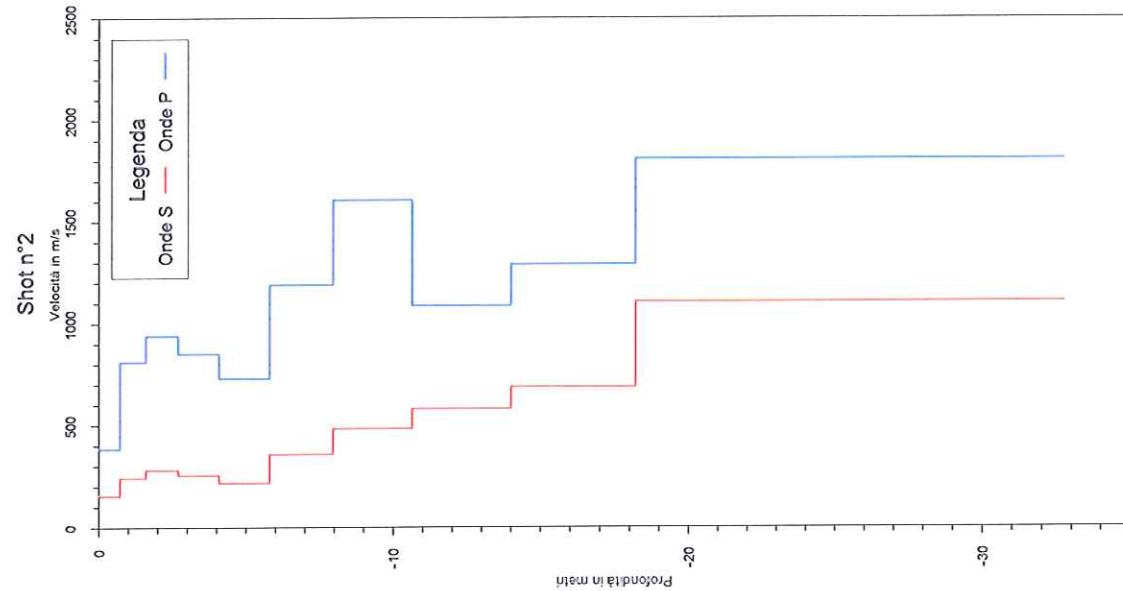
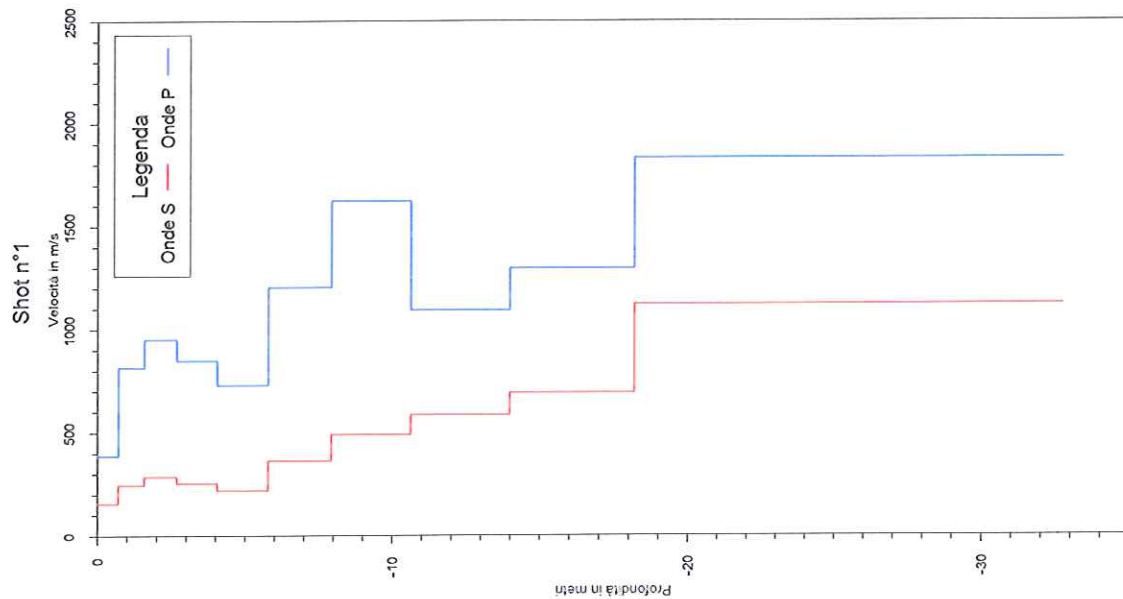
COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop. - Dott. R. Faroli

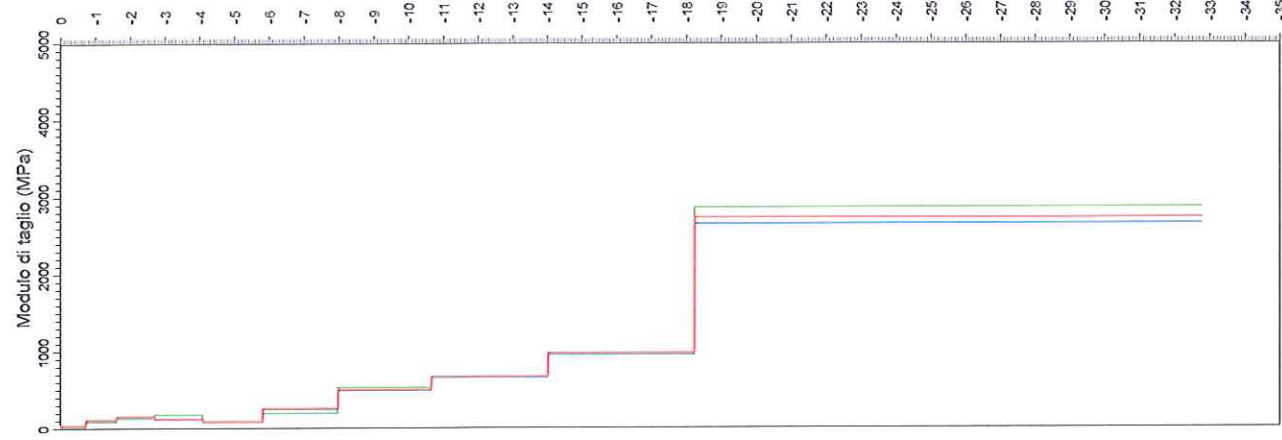
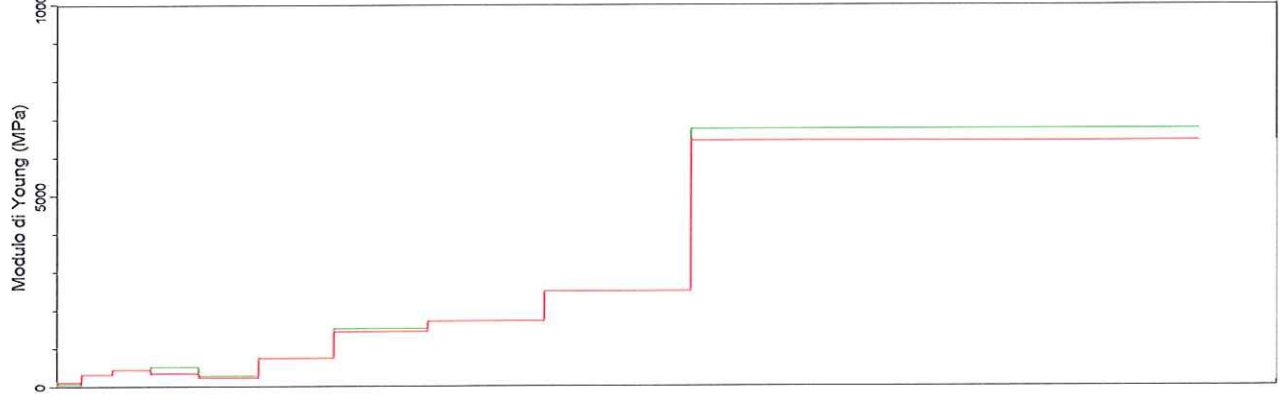
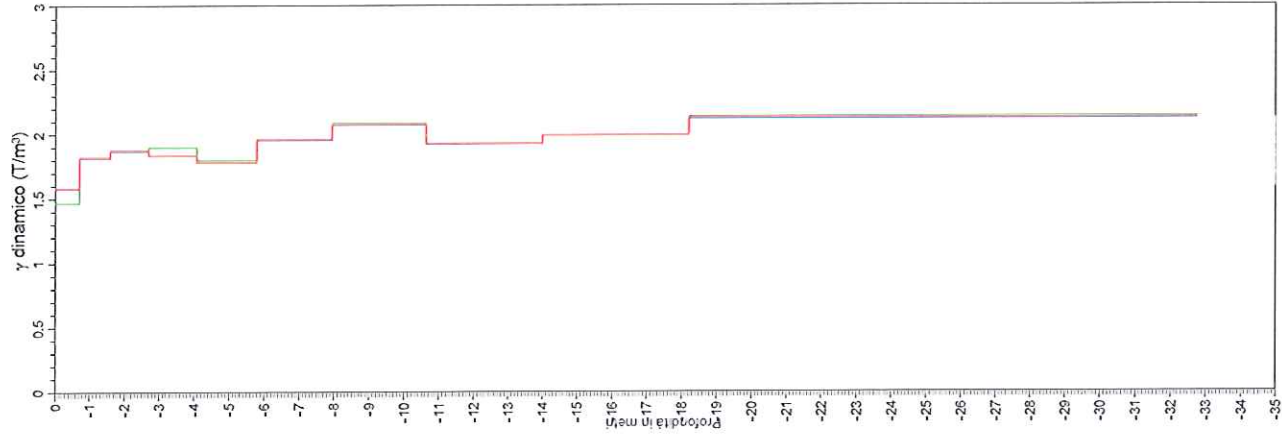
CANTIERE: Via Marconi 48/B - San Benedetto Val di Sambro (BO)

DATA ESECUZIONE: 16 Giugno 2010

PROVA MASW 3 Shots

Certificato n° A627GF166PM





PROVA MASW 3 Shots  
Multichannel Surf Waves Acquisition

Certificato n° A627GF166PM

Legenda  
Shot n°1  
Shot n°2  
Shot n°3







## **ALLEGATO 2**

### **Analisi di laboratorio**



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS

via prati 3/b – ponte ronca (bo) - TEL- 051/846406

Certificato 1719/10 pag. 1 di 1

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro  
LOCALITÀ : S. Benedetto V.S. (BO)  
CANTIERE: Scuola elementare  
Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITÀ (m): 2.95/3.45  
Data apertura campione: 06/07/2010

## APERTURA CAMPIONE

FUSTELLA METALLICA TIPO SHELBY ☒

ALTRO CONTENITORE ☐

ALTRA FUSTELLA ☐

CAMPIONE RIMANEGGIATO ☐

DIAMETRO cm 8.4  
LUNGHEZZA cm 60

## PROVE ESEGUITE

CONTENUTO NAT. D'ACQUA ☐

TRIASSIALE U.U. ☐

EDOMETRIA ☒

MASSA VOLUMICA ☐

TRIASSIALE C.I.U. ☐

COEFF. DI CONSOLIDAZIONE ☒

MASSA VOLUM. DEI GRANULI ☐

TRIASSIALE C.D. ☐

SOSTANZE ORGANICHE ☐

LIMITE DI ATTERBERG ☐

COMPRESSIONE E.L.L. ☐

CONTENUTO IN SOLFATI ☐

GRANULOMETRIA ☐

TAGLIO DIRETTO ☒

PROVA DI COSTIPAMENTO ☐

SEDIMENTAZIONE ☐

TAGLIO ANULARE ☐

LIMITI DI RITIRO ☐

P.P. kPa	T.V. kPa	PRO- VINI	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	L cm
280	>100	CTG ECV	Limo con argilla di colore variabile da grigio verdastro a bruno oliva. Presenza di sostanze organiche. Campione umido, media plasticità, molto consistente Classe del campione Q5	- 10
290	>100			- 20
260	>100			- 30
				- 40
				- 50
				- 60
				- 70
				- 80



MUNSELL SOIL COLOR CHART :  
2.5Y/5/6 – Light Olive Brown  
GLE1/6/10Y – Greenish Gray

NOTA:  
Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo Sperimentatore:  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio:  
Dott. B. TRANQUILLO



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1720/10 pag. 1 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 13-16/07/2010

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)

Provino		1	2	3
Contenuto in acqua iniziale	%	33.45	31.94	31.87
Contenuto in acqua finale	%	29.76	29.79	29.82
Massa volumica iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.86	1.86	1.86
Massa volumica finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.92	1.93	1.92
Massima volumica secca iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.39	1.41	1.41
Massa volumica secca finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.48	1.49	1.48
Indice dei vuoti iniziale	-	0.94	0.91	0.91
Indice dei vuoti finale	-	0.83	0.82	0.83
Grado di saturazione iniziale,	%	95.97	94.70	94.41
Grado di saturazione finale	%	97.13	98.67	97.25
Massa volumica dei granuli	Mg/m <sup>3</sup>	2.70*	2.70*	2.70*

\* valore assegnato

lato mm 60

altezza mm 20

Condizioni del campione: Indisturbato

Velocità di taglio= 0.0080 mm/minuto

### TENSIONI NORMALI APPLICATE, kPa

Provino	1	2	3
	100.00	200.00	300.00



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1720/10 pag. 2 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 13-16/07/2010

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3		
def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$
mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa
0.07	0.009	1.01	0.18	0.009	5.28	0.24	0.020	30.75
0.22	0.024	17.79	0.31	0.020	29.44	0.50	0.020	47.63
0.42	0.036	31.00	0.42	0.022	56.67	0.72	0.030	67.88
0.61	0.050	38.11	0.57	0.027	79.72	0.94	0.040	88.50
0.81	0.065	45.74	0.74	0.043	95.83	1.14	0.060	107.63
1.02	0.071	52.36	0.92	0.055	107.78	1.35	0.080	121.13
1.22	0.077	57.94	1.10	0.073	115.83	1.54	0.110	138.38
1.42	0.077	62.00	1.29	0.086	120.00	1.74	0.120	148.88
1.63	0.077	65.05	1.48	0.086	123.33	1.94	0.150	152.63
1.83	0.077	67.58	1.67	0.097	124.44	2.13	0.170	157.13
2.03	0.080	69.63	1.86	0.098	124.44	2.33	0.190	159.75
2.24	0.083	71.15	2.06	0.109	123.89	2.53	0.210	158.63
2.45	0.086	72.16	2.26	0.110	122.22	2.73	0.220	159.75
2.65	0.089	72.16	2.46	0.114	120.56	2.92	0.230	159.00
2.86	0.089	72.68	2.67	0.117	118.61	3.12	0.240	156.75
3.06	0.095	72.16	2.87	0.121	116.94	3.32	0.250	153.38
3.27	0.101	71.67	3.06	0.124	115.28	3.52	0.250	148.88
3.47	0.104	71.15	3.26	0.135	113.89	3.73	0.270	145.50
3.68	0.110	70.14	3.46	0.138	112.78	3.93	0.270	142.88
3.88	0.113	70.14	3.65	0.140	111.67	4.13	0.280	139.50
4.09	0.119	69.63	3.85	0.143	110.56	4.32	0.290	136.13
4.29	0.121	69.11	4.05	0.147	109.44	4.52	0.290	133.13
4.51	0.116	68.10	4.25	0.148	108.33	4.71	0.300	130.13
4.72	0.121	67.58	4.45	0.150	107.22	4.91	0.300	127.13
4.93	0.121	67.09	4.65	0.152	106.11	5.11	0.310	124.50
5.15	0.124	66.58	4.85	0.158	105.83	5.31	0.310	120.75
5.36	0.124	65.05	5.04	0.159	105.00	5.51	0.320	118.88
5.57	0.121	65.57	5.23	0.160	104.17	5.71	0.330	117.00
5.78	0.124	64.53	5.43	0.160	103.06	5.91	0.340	115.13
5.98	0.124	64.53	5.62	0.160	102.50	6.11	0.340	113.25
6.19	0.124	63.01	5.82	0.160	101.67	6.31	0.340	111.75
6.40	0.127	62.52	6.02	0.166	101.39	6.51	0.350	110.63
6.61	0.124	60.99	6.21	0.166	100.28	6.72	0.350	110.63

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni







C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1720/10 pag. 3 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

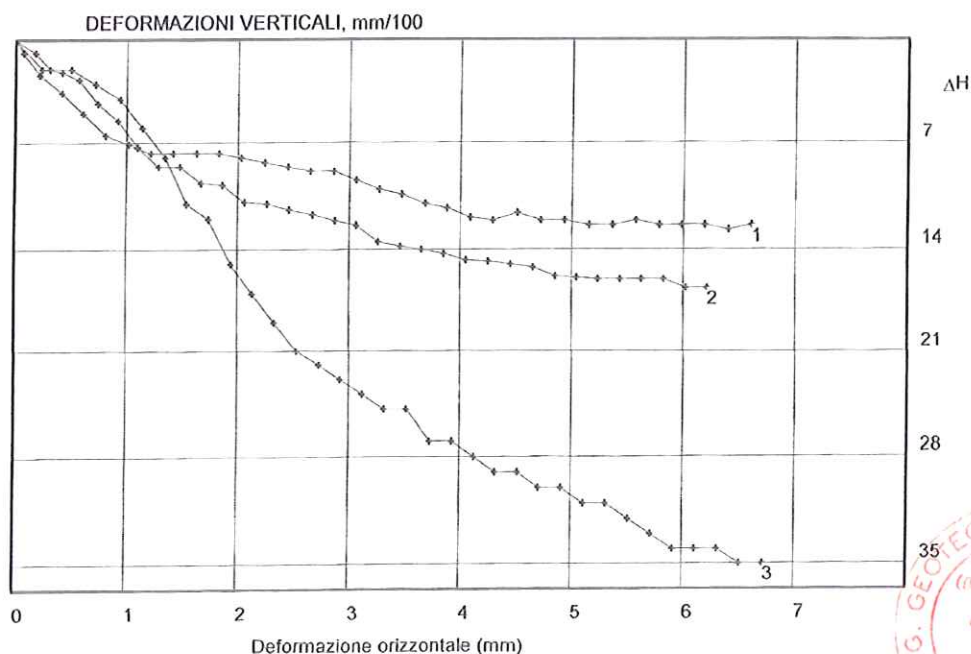
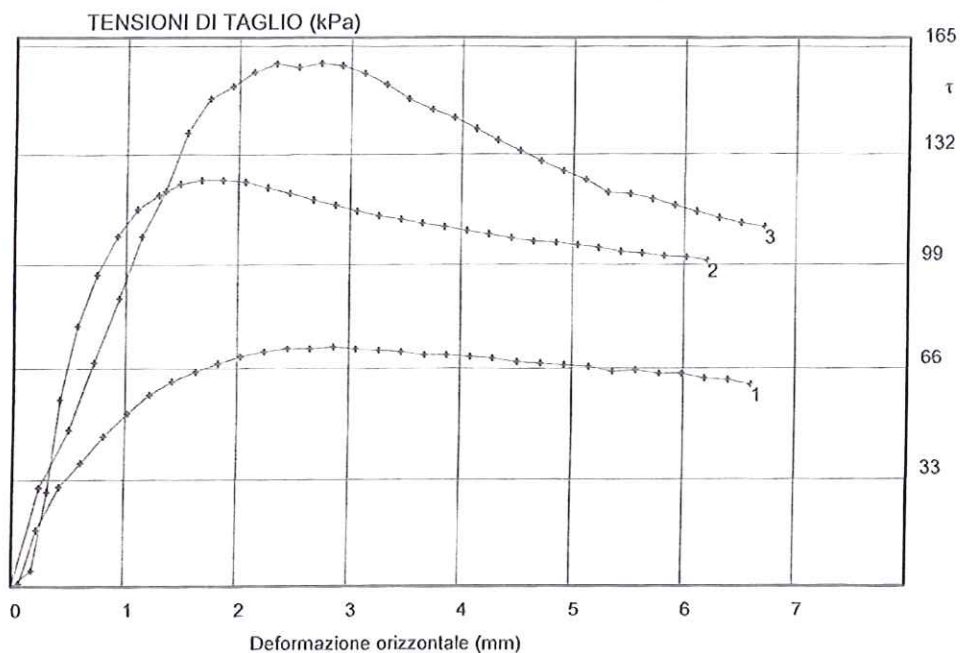
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 13-16/07/2010

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1721/10 pag. 1 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)

Contenuto in acqua iniziale	%	32.79
Contenuto in acqua finale	%	32.12
Massa volumica iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.85
Massa volumica finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.89
Massa volumica secca iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.40
Massa volumica secca finale,	Mg/m <sup>3</sup>	1.43
Indice dei vuoti iniziale	-	0.93
Indice dei vuoti finale	-	0.89
Grado di saturazione iniziale,	%	94.78
Grado di saturazione finale	%	97.72
Massa volumica dei granuli	Mg/m <sup>3</sup>	2.70*
diametro	cm	5.046
altezza	cm	2.00

\* valore assegnato

Condizioni del campione: indisturbato tipo Shelby

Pressioni	Cedimenti	$\Delta H/H$	Indice Vuoti	Mod. Edom.
Kpa	cm	%	-	KPa
12.26	0.004	0.19	0.930	-
24.52	0.006	0.29	0.928	11647.88
49.03	0.013	0.65	0.922	6871.60
98.07	0.030	1.50	0.905	5673.87
196.13	0.063	3.13	0.874	5894.61
392.27	0.112	5.60	0.826	7594.27
784.53	0.182	9.09	0.758	10429.22
1569.06	0.264	13.20	0.679	16940.80
3138.12	0.366	18.28	0.581	26025.39
784.53	0.327	16.35	0.618	-
196.13	0.272	13.60	0.671	-
49.03	0.223	11.15	0.718	-

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl  
via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

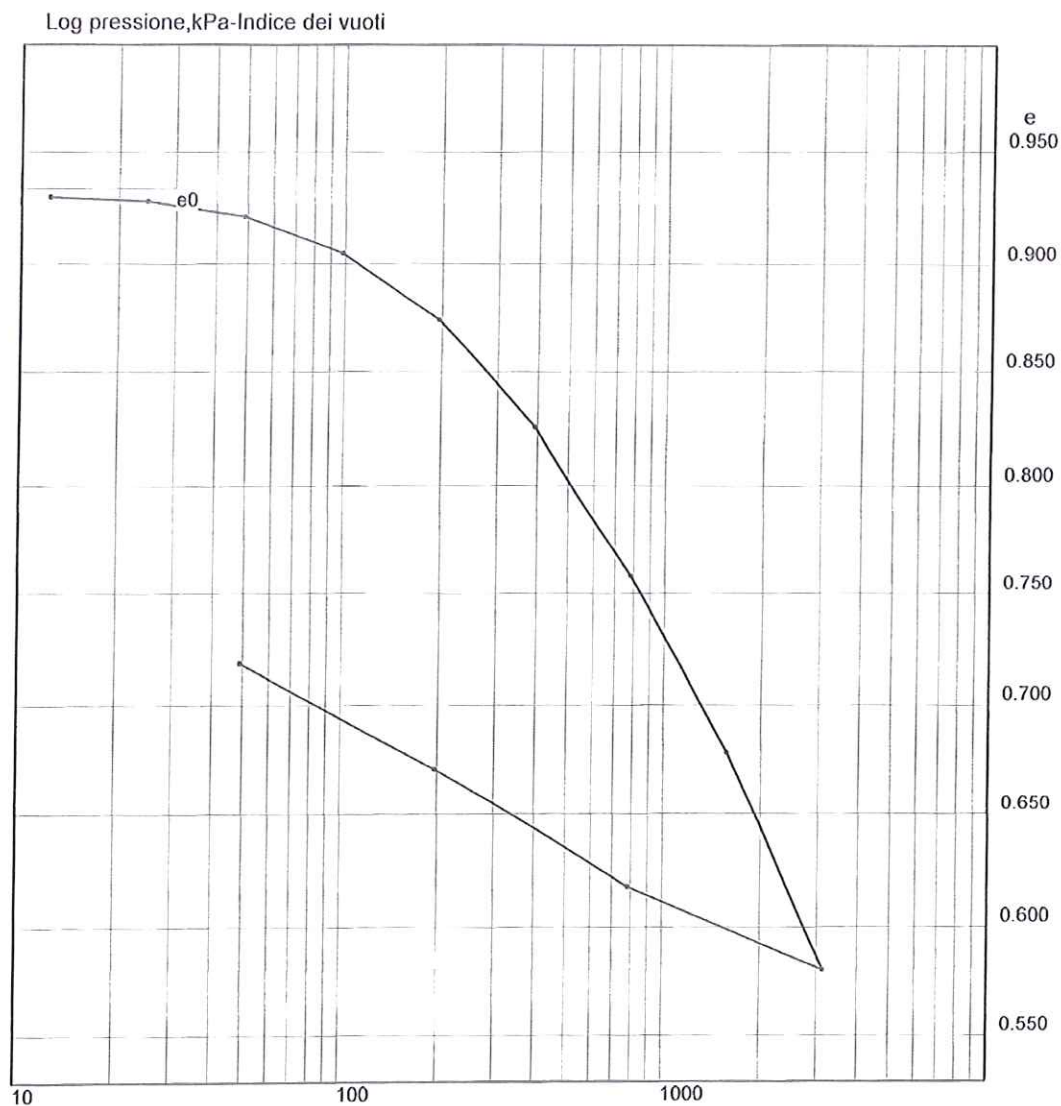
Certificato 1721/10 pag. 2 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro  
LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)  
CANTIERE: Scuola elementare  
Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 2.95/3.45  
Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1721/10 pag. 3 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)

### TABULATI TEMPO, minuti - CEDIMENTO, mm

0.00-12.26 kPa		12.26-24.52 kPa		24.52-49.03 kPa		49.03-98.07 kPa		98.07-196.13 kPa	
0.10	0.059	0.10	0.048	0.10	0.081	0.10	0.194	0.10	0.446
0.25	0.059	0.25	0.038	0.25	0.086	0.25	0.204	0.25	0.468
0.40	0.059	0.40	0.038	0.40	0.086	0.40	0.215	0.40	0.484
0.50	0.059	0.50	0.048	0.50	0.086	0.50	0.215	0.50	0.489
1.00	0.059	1.00	0.038	1.00	0.091	1.00	0.226	1.00	0.505
2.00	0.059	2.00	0.043	2.00	0.097	2.00	0.242	2.00	0.527
4.00	0.059	4.00	0.048	4.00	0.097	4.00	0.247	4.00	0.543
8.00	0.054	8.00	0.048	8.00	0.091	8.00	0.258	8.00	0.565
15.00	0.048	15.00	0.048	15.00	0.102	15.00	0.263	15.00	0.575
30.00	0.038	30.00	0.054	30.00	0.091	30.00	0.269	30.00	0.586
60.00	0.038	60.00	0.043	60.00	0.097	60.00	0.285	60.00	0.597
120.00	0.032	120.00	0.038	120.00	0.102	120.00	0.285	120.00	0.602
240.00	0.032	240.00	0.043	240.00	0.108	240.00	0.290	240.00	0.608
480.00	0.032	480.00	0.043	480.00	0.113	480.00	0.301	480.00	0.620
960.00	0.038	960.00	0.070	960.00	0.129	960.00	0.296	960.00	0.624
1440.00	0.038	1440.00	0.059	1440.00	0.130	1440.00	0.301	1440.00	0.626
196.13-392.27 kPa		392.27-784.53 kPa		784.53-1569.06 kPa		1569.06-3138.12 kPa		3138.12-784.53 kPa	
0.10	0.635	0.10	1.403	0.10	2.038	0.10	2.801	0.10	3.629
0.25	0.668	0.25	1.435	0.25	2.070	0.25	2.855	0.25	3.538
0.40	0.743	0.40	1.452	0.40	2.091	0.40	2.876	0.40	3.511
0.50	0.806	0.50	1.462	0.50	2.102	0.50	2.882	0.50	3.511
1.00	0.909	1.00	1.500	1.00	2.151	1.00	2.952	1.00	3.489
2.00	0.952	2.00	1.543	2.00	2.210	2.00	3.027	2.00	3.462
4.00	0.995	4.00	1.591	4.00	2.285	4.00	3.129	4.00	3.425
8.00	1.022	8.00	1.651	8.00	2.366	8.00	3.247	8.00	3.382
15.00	1.043	15.00	1.688	15.00	2.441	15.00	3.355	15.00	3.349
30.00	1.059	30.00	1.731	30.00	2.505	30.00	3.452	30.00	3.317
60.00	1.075	60.00	1.753	60.00	2.548	60.00	3.516	60.00	3.306
120.00	1.081	120.00	1.769	120.00	2.575	120.00	3.559	120.00	3.296
240.00	1.091	240.00	1.780	240.00	2.597	240.00	3.591	240.00	3.285
480.00	1.102	480.00	1.801	480.00	2.618	480.00	3.618	480.00	3.285
960.00	1.113	960.00	1.812	960.00	2.634	960.00	3.640	960.00	3.285
1440.00	1.120	1440.00	1.817	1440.00	2.640	1440.00	3.656	1440.00	3.269
784.53-196.13 kPa		196.13-49.03 kPa							
0.10	3.237	0.10	2.688						
0.25	3.199	0.25	2.688						
0.40	3.194	0.40	2.677						
0.50	3.183	0.50	2.683						
1.00	3.156	1.00	2.661						
2.00	3.134	2.00	2.651						
4.00	3.075	4.00	2.608						
8.00	3.022	8.00	2.575						
15.00	2.952	15.00	2.532						
30.00	2.876	30.00	2.468						
60.00	2.817	60.00	2.398						
120.00	2.774	120.00	2.333						
240.00	2.753	240.00	2.285						
480.00	2.742	480.00	2.263						
960.00	2.726	960.00	2.242						
1440.00	2.720	1440.00	2.231						

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO







C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS s.r.l.

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1721/10 pag. 4 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

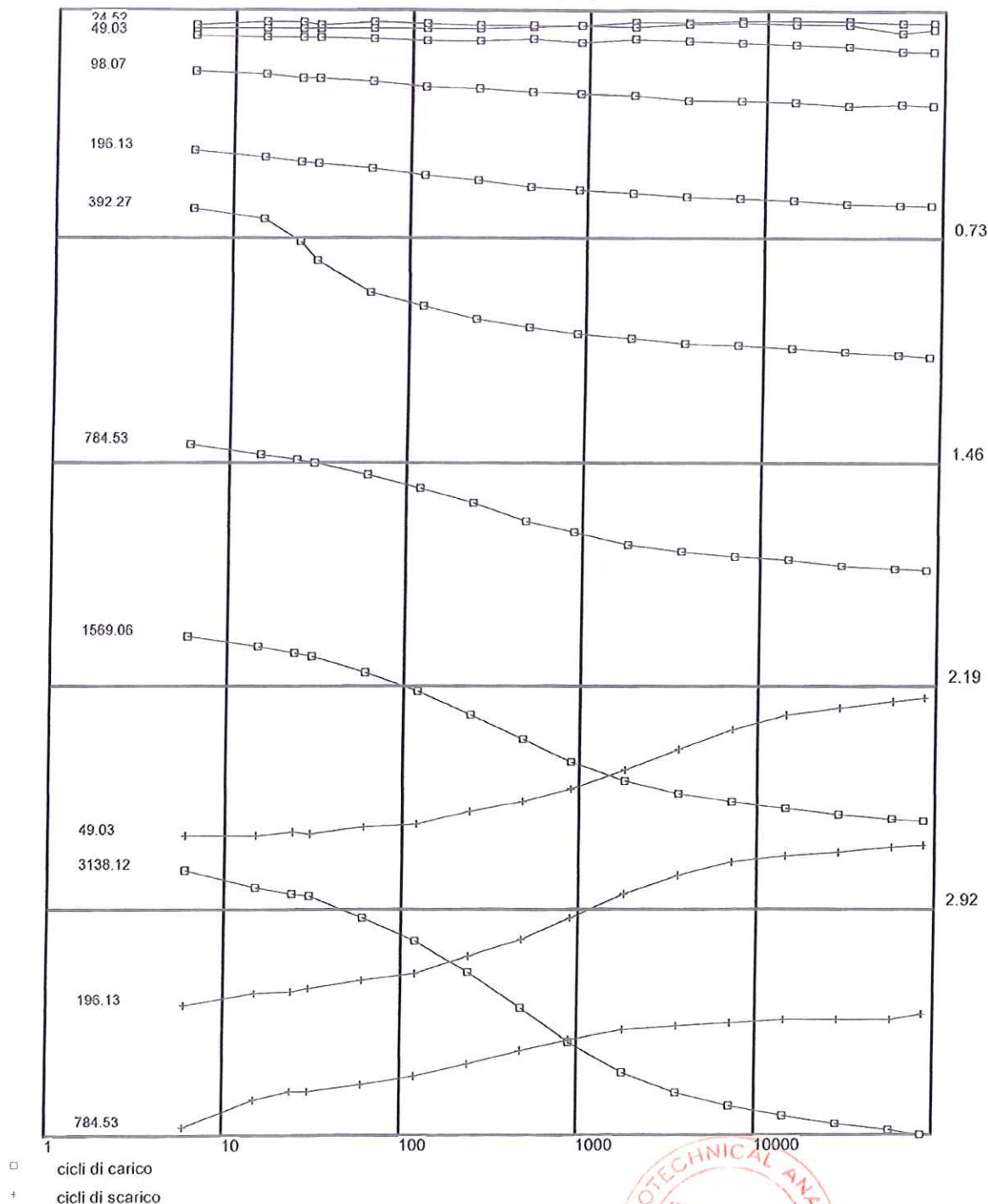
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

DIAGRAMMA TEMPO (sec) - CEDIMENTI (mm)



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1721/10 pag. 5 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

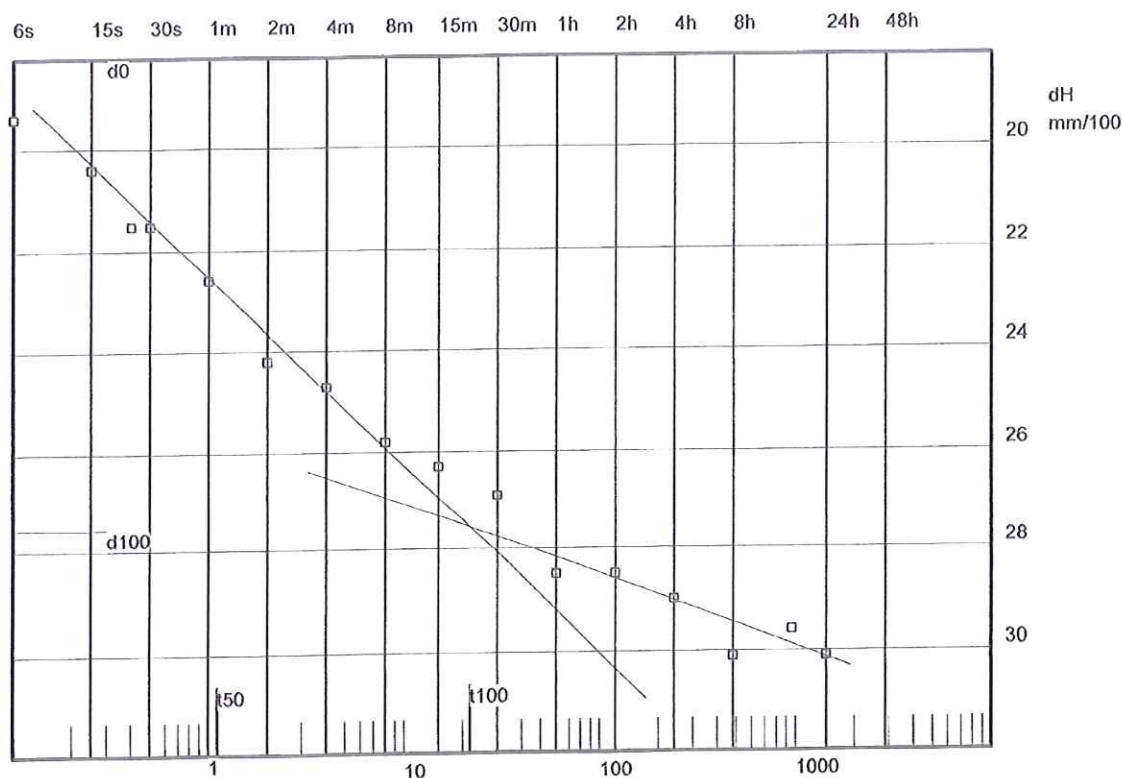
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA', m: 2.95/3.45

Data esecuzione prove: 09-10/07/2010

## PROVA EDOMETRICA-CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-04 - Method A)



Tempo, minuti Cedimento, mm

0.10	0.194
0.25	0.204
0.40	0.215
0.50	0.215
1.00	0.226
2.00	0.242
4.00	0.247
8.00	0.258
15.00	0.263
30.00	0.269
60.00	0.285
120.00	0.285
240.00	0.290
480.00	0.301
960.00	0.296
1440.00	0.301

Log (t), minuti



TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby

PRESSIONE da 49.03 kPa a 98.07 kPa

d100= 28 mm/100

t50= 67 sec -t100= 1307 sec

Cv= 2.89E-03 cm<sup>2</sup>/sec

k= 4.97E-08 cm/sec

Ca= 7.14E-04

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl  
via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

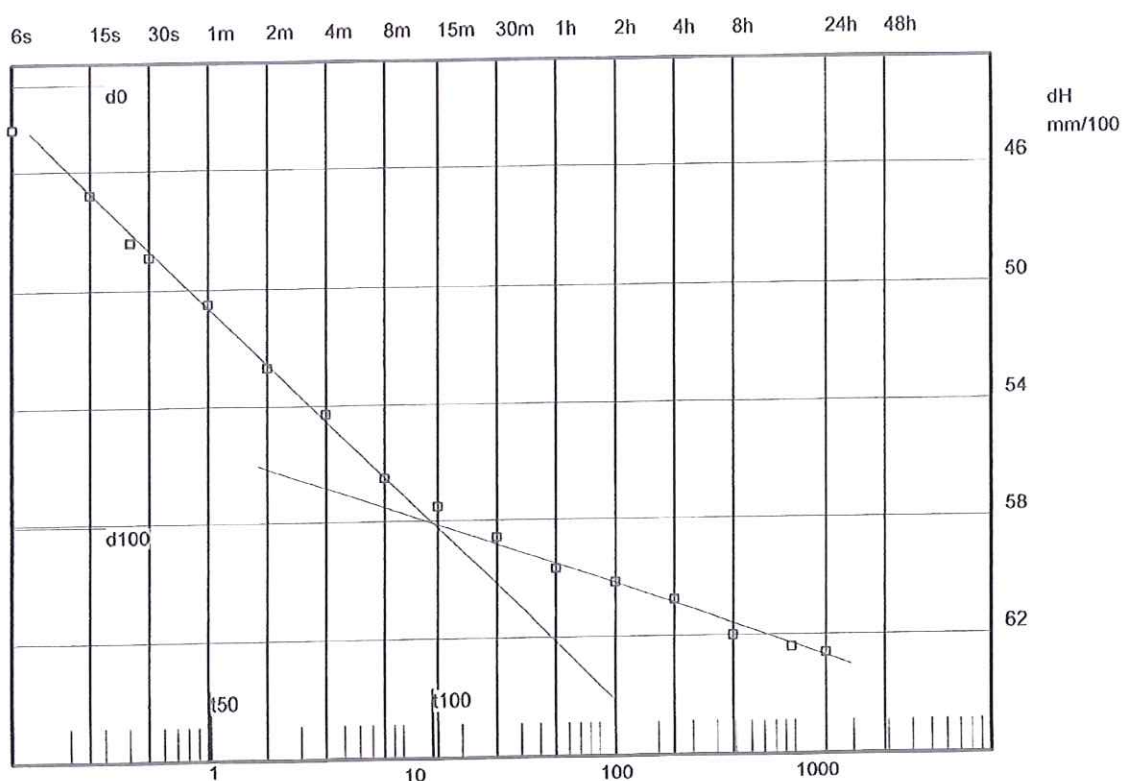
Certificato 1721/10 pag. 6 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro  
LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)  
CANTIERE: Scuola elementare  
Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C1  
PROFONDITA', m: 2.95/3.45  
Data esecuzione prove: 08-09/07/2010

## PROVA EDOMETRICA-CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-04 - Method A)



Tempo, minuti	Cedimento, mm
0.10	0.446
0.25	0.468
0.40	0.484
0.50	0.489
1.00	0.505
2.00	0.527
4.00	0.543
8.00	0.565
15.00	0.575
30.00	0.586
60.00	0.597
120.00	0.602
240.00	0.608
480.00	0.620
960.00	0.624
1440.00	0.626

Log (t),minuti



d100= 58 mm/100  
t50= 62 sec -t100= 849 sec  
Cv= 3.03E-03 cm<sup>2</sup>/sec  
k= 4.99E-08 cm/sec

C<sub>α</sub>= 1.17E-03

TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby  
PRESSIONE da 98.07 kPa a 196.13 kPa

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1106-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS

via prati 3/b – ponte ronca (bo) - TEL- 051/846406

Certificato 1722/10 pag. 1 di 1

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro  
LOCALITÀ: S. Benedetto V.S. (BO)  
CANTIERE: Scuola elementare  
Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1  
CAMPIONE: C2  
PROFONDITÀ (m): 5.75/6.20  
Data apertura campione: 06/07/2010

## APERTURA CAMPIONE

FUSTELLA METALLICA TIPO SHELBY ☒

ALTRO CONTENITORE ☐

ALTRA FUSTELLA ☐

CAMPIONE RIMANEGGIATO ☐

DIAMETRO cm 8.4  
LUNGHEZZA cm 60

## PROVE ESEGUITE

CONTENUTO NAT. D'ACQUA ☐

TRIASSIALE U.U. ☐

EDOMETRIA ☒

MASSA VOLUMICA ☐

TRIASSIALE C.I.U. ☐

COEFF. DI CONSOLIDAZIONE ☒

MASSA VOLUM. DEI GRANULI ☐

TRIASSIALE C.D. ☐

SOSTANZE ORGANICHE ☐

LIMITE DI ATTERBERG ☐

COMPRESSIONE E.L.L. ☐

CONTENUTO IN SOLFATI ☐

GRANULOMETRIA ☐

TAGLIO DIRETTO ☒

PROVA DI COSTIPAMENTO ☐

SEDIMENTAZIONE ☐

TAGLIO ANULARE ☐

LIMITI DI RITIRO ☐

P.P. kPa	T.V. kPa	PRO- VINI	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	L cm	
350	>100	CTG	Limo con argilla di colore bruno oliva e striature di colore grigiastro Presenza di sostanze organiche e calcinelli.	- 10 - 20	
330	>100	ECV	Campione umido, media plasticità, duro. Classe del campione Q5	- 30 - 40	
				- 50	
				- 60	
					<p>MUNSELL SOIL COLOR CHART : 2.5Y/5/6 – Light Olive Brown GLE1/6/10Y – Greenish Gray</p>
Commessa: 095-10		Verbale di accettazione: 1106-10		Lo Sperimentatore: Dott. D. DEL NEGRO	Il Direttore del Laboratorio: Dott. B. TRANQUILLO





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1723/10 pag. 1 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 14-19/07/2010

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)

Provino		1	2	3
Contenuto in acqua iniziale	%	27.05	26.84	26.89
Contenuto in acqua finale	%	26.88	25.16	27.62
Massa volumica iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.94	1.96	1.95
Massa volumica finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.97	1.99	1.97
Massima volumica secca iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.52	1.55	1.54
Massa volumica secca finale	Mg/m <sup>3</sup>	1.56	1.59	1.54
Indice dei vuoti iniziale	-	0.77	0.75	0.76
Indice dei vuoti finale	-	0.73	0.70	0.75
Grado di saturazione iniziale,	%	94.65	97.04	96.07
Grado di saturazione finale	%	98.76	97.42	99.26
Massa volumica dei granuli	Mg/m <sup>3</sup>	2.70*	2.70*	2.70*

\* valore assegnato

lato	mm	60
altezza	mm	20

Condizioni del campione: Indisturbato  
Velocità di taglio= 0.0080 mm/minuto

### TENSIONI NORMALI APPLICATE, kPa

Provino	1	2	3
	100.00	200.00	300.00



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prali, 3/b-ponle ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1723/10 pag. 2 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 14-19/07/2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3		
def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$	def.h	def.v	$\tau$
mm	mm	kPa	mm	mm	kPa	mm	mm	kPa
0.07	0.006	1.53	0.19	0.002	0.00	0.16	0.050	49.33
0.22	0.006	21.36	0.27	0.015	29.44	0.29	0.080	62.00
0.42	0.012	39.14	0.41	0.025	81.39	0.49	0.060	91.33
0.62	-0.003	56.42	0.59	0.037	104.44	0.70	0.080	106.00
0.83	-0.015	65.57	0.79	0.043	115.83	0.90	0.070	126.33
1.04	-0.030	70.64	0.99	0.045	122.50	1.09	0.100	141.67
1.25	-0.044	73.20	1.19	0.047	125.56	1.29	0.130	152.00
1.47	-0.053	73.69	1.39	0.047	125.28	1.49	0.150	158.33
1.68	-0.056	72.68	1.59	0.047	121.39	1.69	0.180	164.00
1.90	-0.059	69.63	1.79	0.047	115.28	1.89	0.190	165.67
2.12	-0.056	66.06	2.00	0.047	110.00	2.10	0.210	164.00
2.33	-0.050	63.53	2.21	0.045	106.11	2.30	0.220	164.67
2.55	-0.047	62.00	2.41	0.046	103.33	2.50	0.240	164.33
2.77	-0.044	61.48	2.61	0.047	101.67	2.70	0.240	162.00
2.98	-0.039	60.47	2.82	0.046	100.00	2.91	0.250	158.00
3.20	-0.041	59.98	3.02	0.046	98.61	3.11	0.260	154.33
3.41	-0.041	59.98	3.22	0.047	97.50	3.32	0.270	149.00
3.63	-0.039	59.47	3.41	0.047	96.39	3.53	0.270	145.67
3.84	-0.039	58.95	3.61	0.047	95.28	3.74	0.280	143.33
4.06	-0.039	58.95	3.81	0.045	94.44	3.94	0.290	141.67
4.27	-0.039	58.43	4.01	0.044	93.33	4.15	0.300	139.33
4.48	-0.039	57.42	4.21	0.041	92.50	4.36	0.300	137.33
4.71	-0.039	57.94	4.41	0.039	91.67	4.57	0.310	136.33
4.92	-0.036	56.93	4.62	0.037	91.11	4.77	0.320	134.67
5.15	-0.039	56.42	4.82	0.036	90.00	4.98	0.330	133.33
5.36	-0.039	56.42	5.02	0.034	89.44	5.19	0.340	132.33
5.58	-0.044	55.90	5.21	0.031	88.89	5.40	0.340	130.67
5.80	-0.044	55.41	5.41	0.030	88.06	5.61	0.350	130.00
6.02	-0.044	54.89	5.60	0.028	87.50	5.82	0.360	128.67
6.24	-0.044	55.41	5.80	0.026	86.94	6.02	0.370	127.67
6.45	-0.047	54.37	6.00	0.024	86.11	6.23	0.370	127.33
6.67	-0.047	54.37	6.21	0.022	85.83	6.43	0.380	128.00
6.89	-0.050	53.88	6.41	0.021	85.28	6.64	0.390	130.67

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1723/10 pag. 3 di 3

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

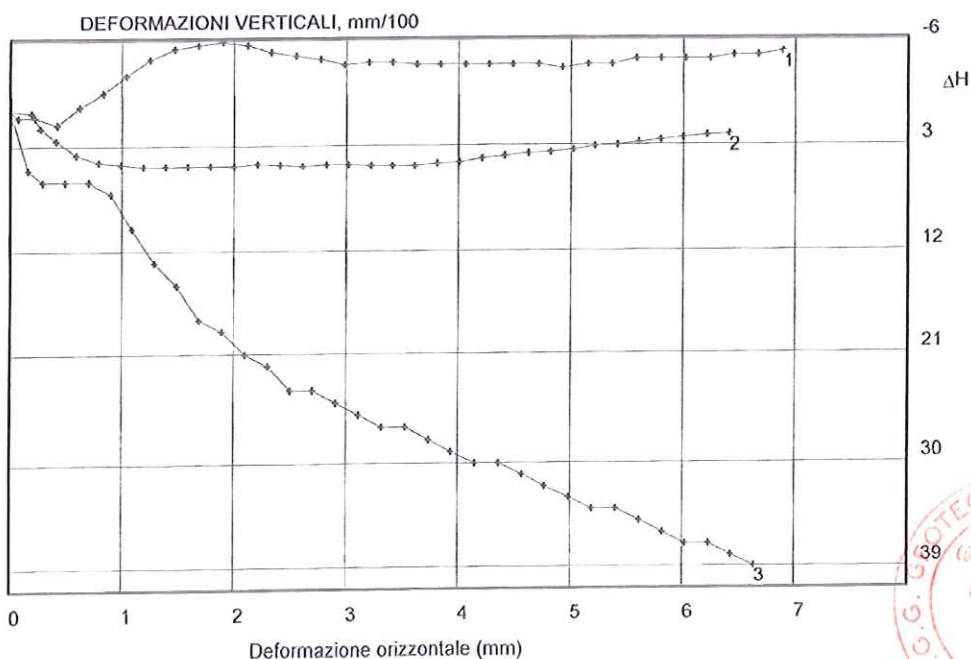
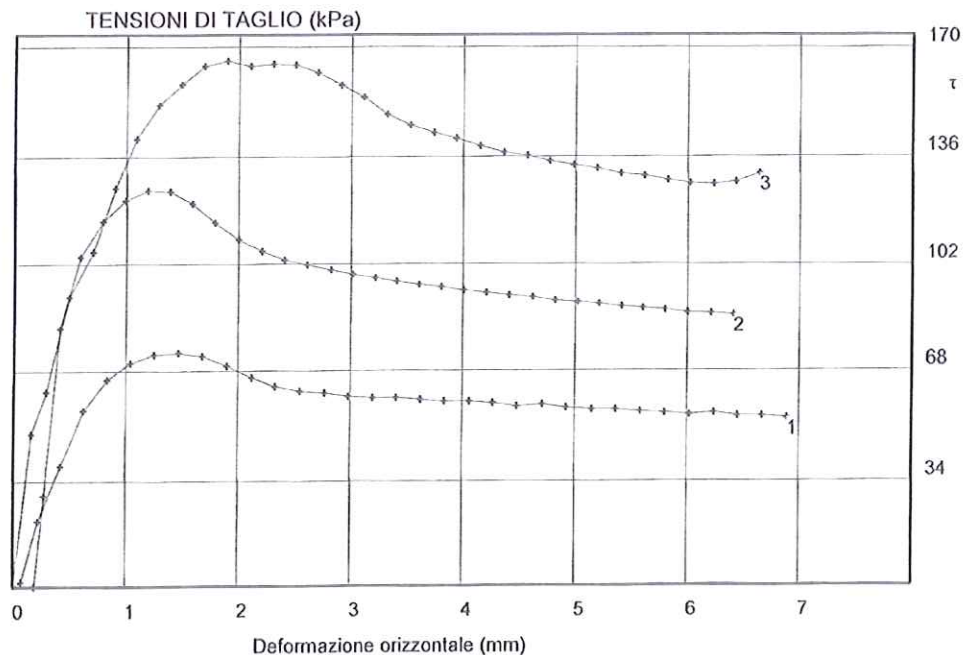
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 14-19/07/2010

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080-04)



NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1724/10 pag. 1 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

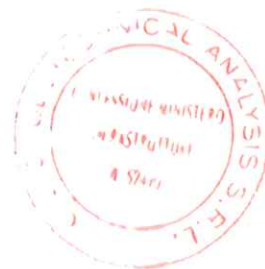
## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)

Contenuto in acqua iniziale	%	26.33
Contenuto in acqua finale	%	22.90
Massa volumica iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.95
Massa volumica finale	Mg/m <sup>3</sup>	2.04
Massa volumica secca iniziale	Mg/m <sup>3</sup>	1.54
Massa volumica secca finale,	Mg/m <sup>3</sup>	1.66
Indice dei vuoti iniziale	-	0.75
Indice dei vuoti finale	-	0.63
Grado di saturazione iniziale,	%	95.08
Grado di saturazione finale	%	98.60
Massa volumica dei granuli	Mg/m <sup>3</sup>	2.70*
diametro	cm	5.046
altezza	cm	2.00

\* valore assegnato

Condizioni del campione: indisturbato tipo Shelby

Pressioni	Cedimenti	$\Delta H/H$	Indice Vuoti	Mod. Edom.
Kpa	cm	%	-	KPa
12.26	0.009	0.47	0.739	-
24.52	0.012	0.61	0.737	8709.85
49.03	0.016	0.79	0.734	13521.35
98.07	0.028	1.42	0.723	7759.89
196.13	0.051	2.55	0.703	8468.37
392.27	0.092	4.59	0.667	9248.55
784.53	0.142	7.12	0.623	14595.79
1569.06	0.206	10.29	0.568	22592.98
3138.12	0.294	14.71	0.491	31096.00
784.53	0.242	12.10	0.536	-
196.13	0.179	8.94	0.591	-
49.03	0.138	6.91	0.627	-



NOTA: inserito sovraccarico di 0.250 kg/cm<sup>2</sup>

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

Certificato 1724/10 pag. 2 di 6

Data emissione 27/07/2010

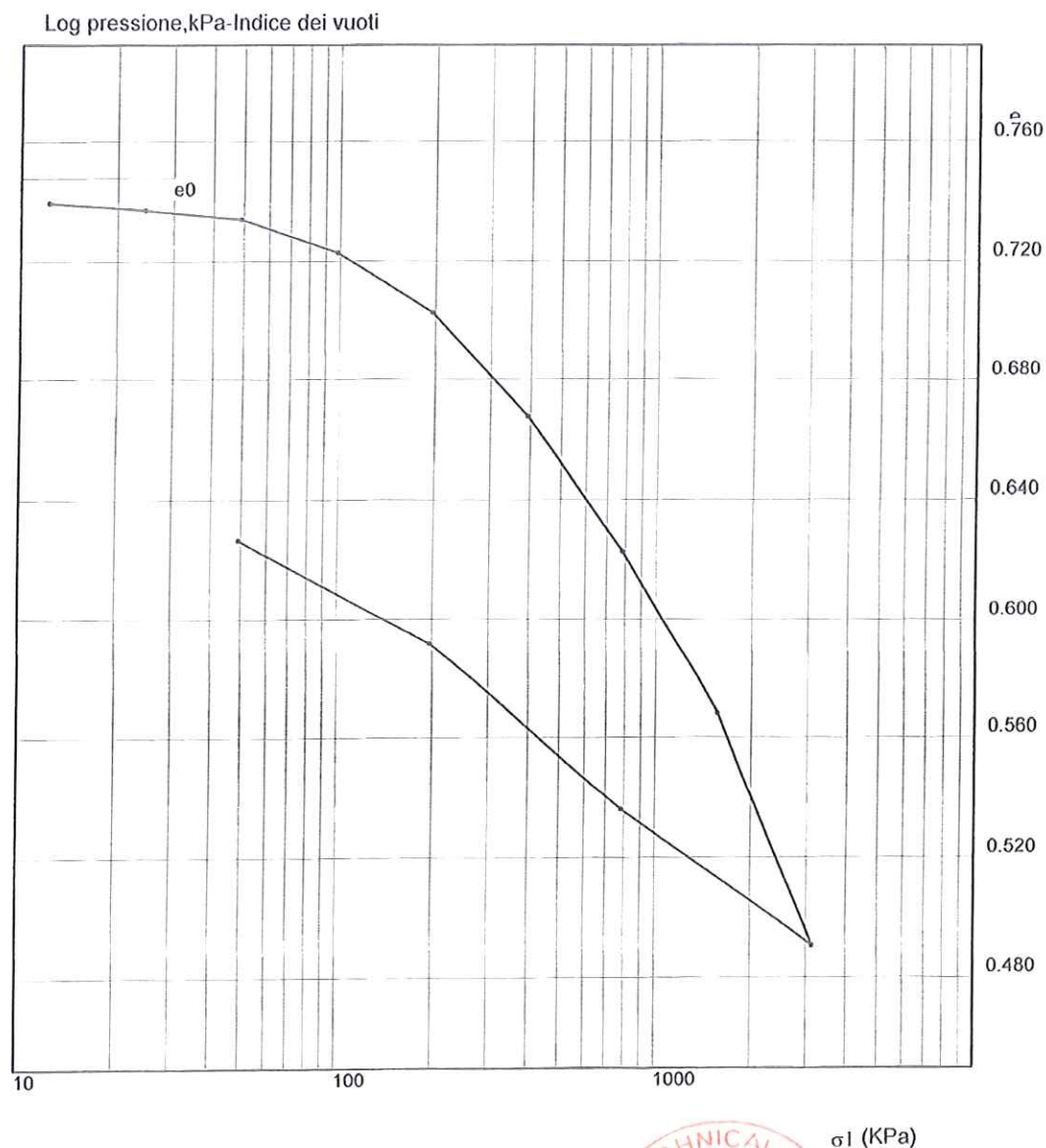
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)



NOTA: Inserito sovraccarico di 0.250 kg/cm<sup>2</sup>

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni



C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1724/10 pag. 3 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

## PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-04 - Method A)

### TABULATI TEMPO, minuti - CEDIMENTO, mm

0.00-12.26 kPa		12.26-24.52 kPa		24.52-49.03 kPa		49.03-98.07 kPa		98.07-196.13 kPa	
0.10	0.030	0.10	0.091	0.10	0.113	0.10	0.180	0.10	0.324
0.25	0.030	0.25	0.091	0.25	0.116	0.25	0.185	0.25	0.335
0.40	0.033	0.40	0.094	0.40	0.116	0.40	0.185	0.40	0.340
0.50	0.036	0.50	0.094	0.50	0.116	0.50	0.185	0.50	0.343
1.00	0.039	1.00	0.094	1.00	0.119	1.00	0.191	1.00	0.354
2.00	0.044	2.00	0.094	2.00	0.122	2.00	0.202	2.00	0.360
4.00	0.053	4.00	0.094	4.00	0.125	4.00	0.208	4.00	0.374
8.00	0.055	8.00	0.097	8.00	0.130	8.00	0.216	8.00	0.390
15.00	0.058	15.00	0.100	15.00	0.133	15.00	0.227	15.00	0.407
30.00	0.069	30.00	0.094	30.00	0.138	30.00	0.238	30.00	0.432
60.00	0.077	60.00	0.097	60.00	0.141	60.00	0.252	60.00	0.457
120.00	0.080	120.00	0.097	120.00	0.147	120.00	0.263	120.00	0.473
240.00	0.080	240.00	0.100	240.00	0.155	240.00	0.268	240.00	0.487
480.00	0.083	480.00	0.102	480.00	0.158	480.00	0.280	480.00	0.495
960.00	0.077	960.00	0.119	960.00	0.155	960.00	0.282	960.00	0.506
1440.00	0.094	1440.00	0.122	1440.00	0.158	1440.00	0.283	1440.00	0.510

196.13-392.27 kPa		392.27-784.53 kPa		784.53-1569.06 kPa		1569.06-3138.12 kPa		3138.12-784.53 kPa	
0.10	0.645	0.10	1.016	0.10	1.506	0.10	2.156	0.10	2.936
0.25	0.656	0.25	1.030	0.25	1.522	0.25	2.173	0.25	2.881
0.40	0.664	0.40	1.035	0.40	1.530	0.40	2.181	0.40	2.837
0.50	0.667	0.50	1.041	0.50	1.536	0.50	2.186	0.50	2.828
1.00	0.678	1.00	1.054	1.00	1.555	1.00	2.206	1.00	2.809
2.00	0.695	2.00	1.077	2.00	1.577	2.00	2.233	2.00	2.784
4.00	0.714	4.00	1.104	4.00	1.608	4.00	2.269	4.00	2.756
8.00	0.742	8.00	1.137	8.00	1.649	8.00	2.322	8.00	2.720
15.00	0.767	15.00	1.179	15.00	1.699	15.00	2.391	15.00	2.676
30.00	0.805	30.00	1.237	30.00	1.771	30.00	2.496	30.00	2.618
60.00	0.847	60.00	1.304	60.00	1.868	60.00	2.626	60.00	2.552
120.00	0.880	120.00	1.359	120.00	1.957	120.00	2.762	120.00	2.488
240.00	0.897	240.00	1.392	240.00	2.009	240.00	2.853	240.00	2.455
480.00	0.911	480.00	1.409	480.00	2.037	480.00	2.898	480.00	2.438
960.00	0.919	960.00	1.423	960.00	2.048	960.00	2.928	960.00	2.427
1440.00	0.919	1440.00	1.425	1440.00	2.059	1440.00	2.942	1440.00	2.420

784.53-196.13 kPa		196.13-49.03 kPa	
0.10	2.369	0.10	1.788
0.25	2.361	0.25	1.774
0.40	2.350	0.40	1.766
0.50	2.347	0.50	1.768
1.00	2.336	1.00	1.760
2.00	2.316	2.00	1.749
4.00	2.294	4.00	1.741
8.00	2.261	8.00	1.727
15.00	2.222	15.00	1.708
30.00	2.164	30.00	1.674
60.00	2.084	60.00	1.633
120.00	1.984	120.00	1.572
240.00	1.887	240.00	1.503
480.00	1.827	480.00	1.436
960.00	1.802	960.00	1.392
1440.00	1.788	1440.00	1.381

NOTA: inserito sovraccarico di 0.250 kg/cm<sup>2</sup>

Commessa:  
095-10

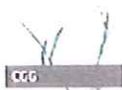
Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1724/10 pag. 4 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

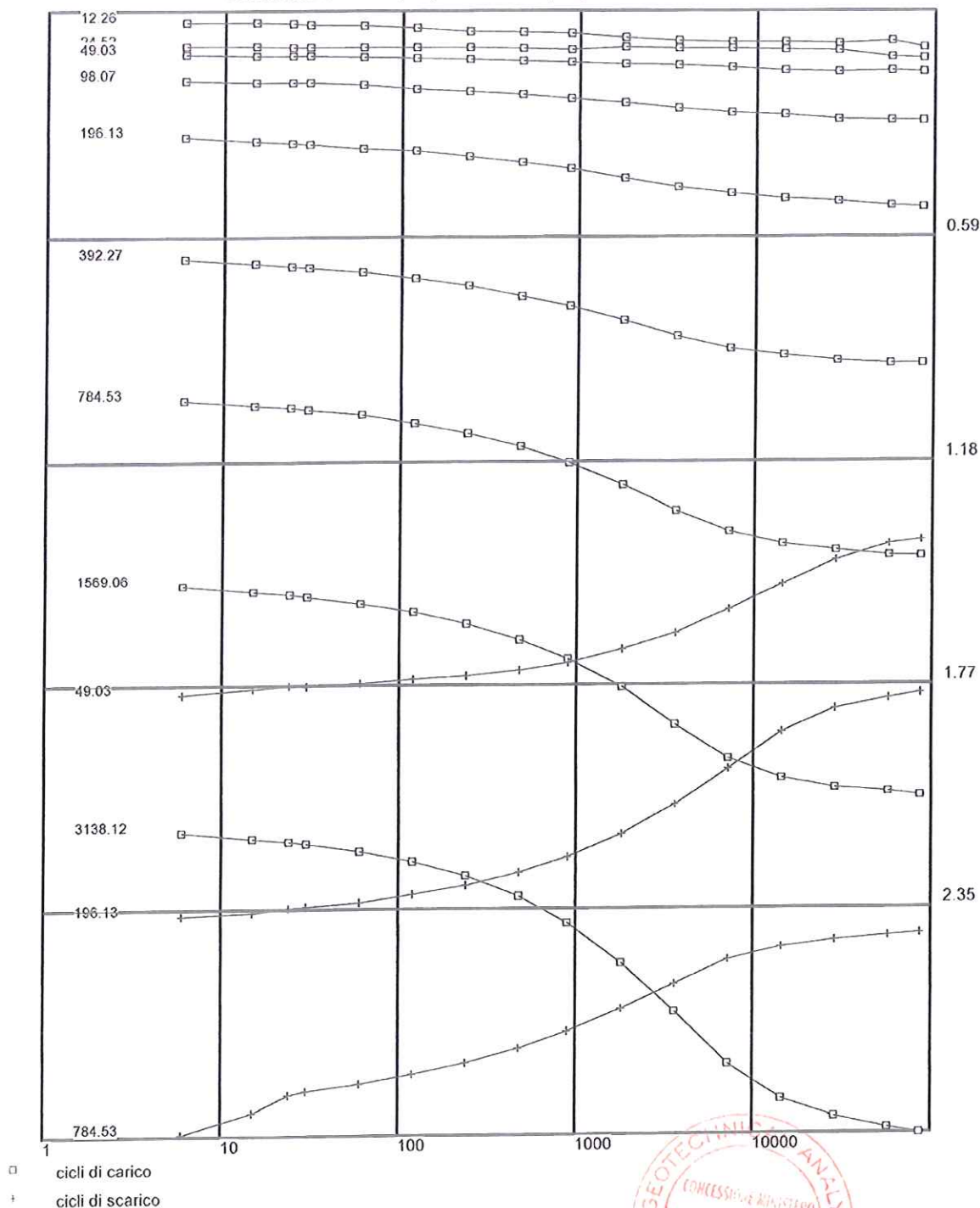
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 06-21/07/2010

DIAGRAMMA TEMPO (sec) - CEDIMENTI (mm)



NOTA: inserito sovraccarico di 0.250 kg/cm<sup>2</sup>

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

Certificato 1724/10 pag. 5 di 6

Data emissione 27/07/2010

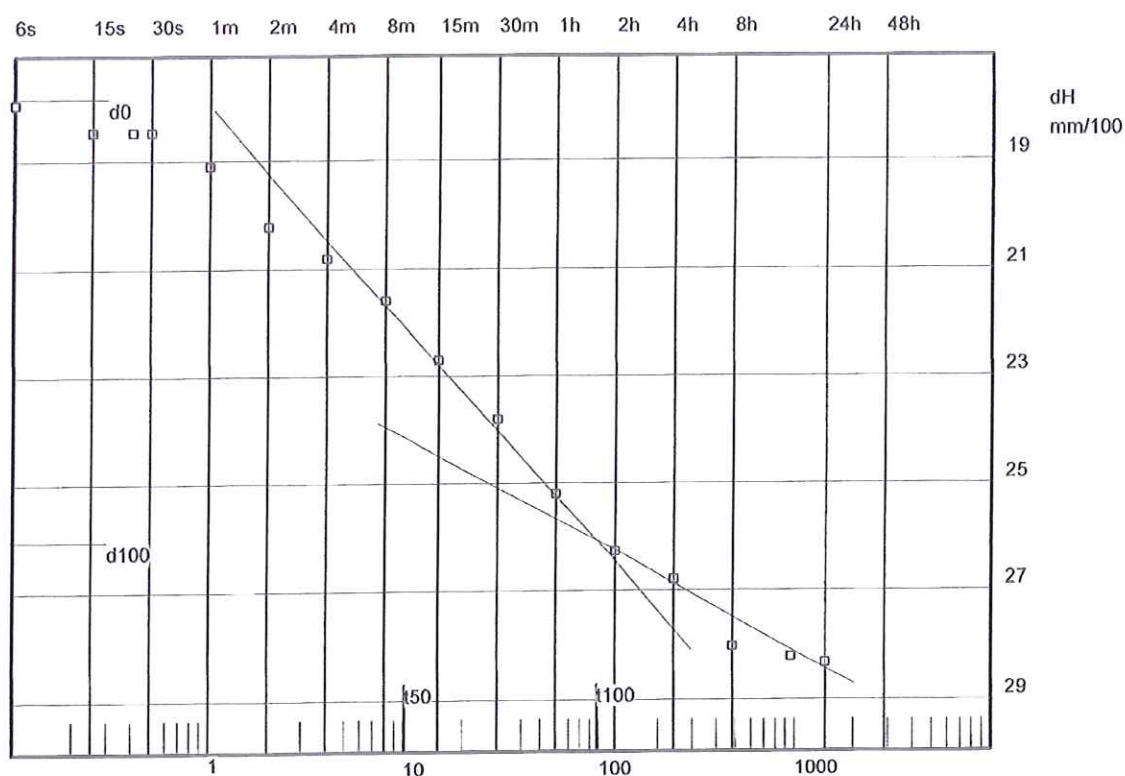
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 09-10/07/2010

## PROVA EDOMETRICA-CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-04 - Method A)



Tempo, minuti	Cedimento, mm
0.10	0.180
0.25	0.185
0.40	0.185
0.50	0.185
1.00	0.191
2.00	0.202
4.00	0.208
8.00	0.216
15.00	0.227
30.00	0.238
60.00	0.252
120.00	0.263
240.00	0.268
480.00	0.280
960.00	0.282
1440.00	0.283



d100= 26 mm/100

t50= 608 sec -t100= 5838 sec

Cv= 3.17E-04 cm<sup>2</sup>/sec

C<sub>α</sub>= 9.99E-04

k= 3.99E-09 cm/sec

TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby

PRESSIONE da 49.03 kPa a 98.07 kPa

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n. 52499 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni





C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS srl

via prati, 3/b-ponte ronca(bo)-TEL. 051/846406

Certificato 1724/10 pag. 6 di 6

Data emissione 27/07/2010

COMMITTENTE: Comune di San Benedetto val di Sambro

LOCALITA': S. Benedetto V.S. (BO)

CANTIERE: Scuola elementare

Data ricevimento campione: 06/07/2010

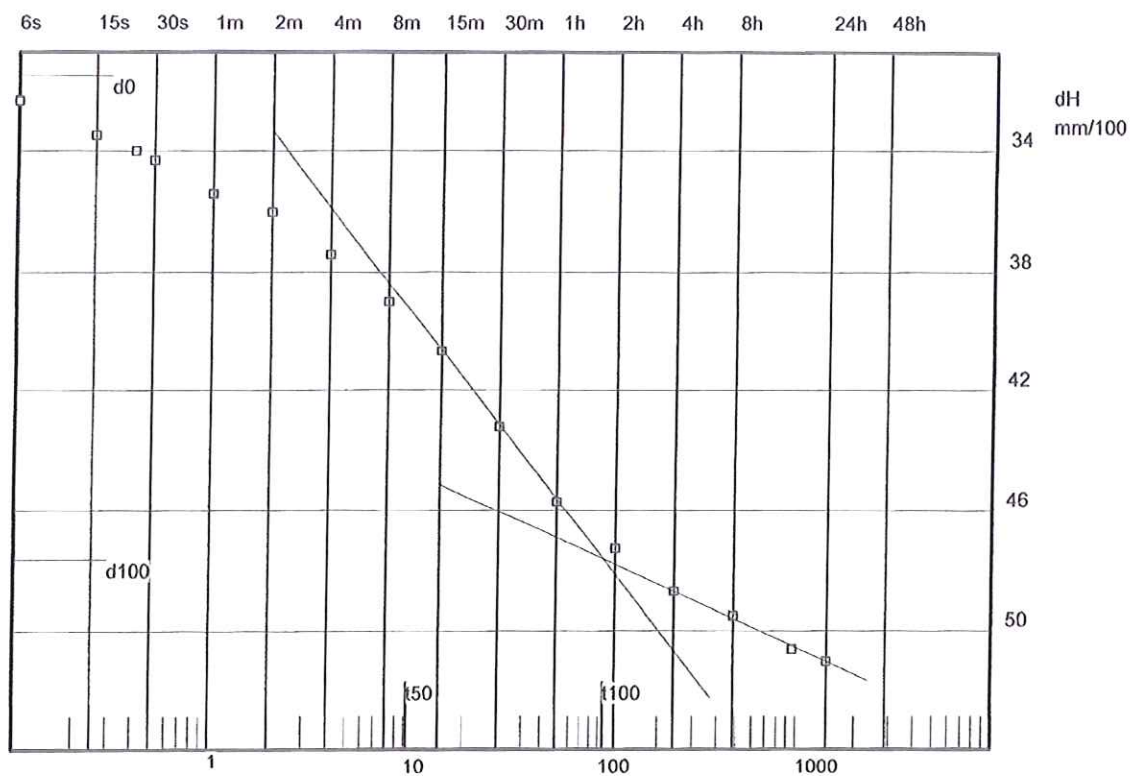
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA', m: 5.75/6.20

Data esecuzione prove: 10-11/07/2010

## PROVA EDOMETRICA-CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-04 - Method A)



Tempo, minuti Cedimento, mm

0.10	0.324
0.25	0.335
0.40	0.340
0.50	0.343
1.00	0.354
2.00	0.360
4.00	0.374
8.00	0.390
15.00	0.407
30.00	0.432
60.00	0.457
120.00	0.473
240.00	0.487
480.00	0.495
960.00	0.506
1440.00	0.510

Log (t),minuti



d100= 48 mm/100

t50= 617 sec -t100= 6287 sec

Cv= 3.07E-04 cm<sup>2</sup>/sec

C $\alpha$ = 1.50E-03

k= 3.53E-09 cm/sec

TIPO DI CAMPIONE: indisturbato tipo Shelby

PRESSIONE da 98.07 kPa a 196.13 kPa

NOTA:

Commessa:  
095-10

Verbale di accettazione:  
1107-10

Lo sperimentatore  
Dott. D. DEL NEGRO

Il Direttore del laboratorio  
Dott. B. TRANQUILLO