



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali








AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514  
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA  
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO  
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

LOTTO 5  
GEOLOGIA E GEOTECNICA  
Piano indagini - indagini geognostiche  
Prove pressiometriche

<b>Il Progettista</b>	<b>Supporto specialistico</b>
Responsabile di progetto ed incaricato delle integrazioni tra le varie prestazioni:   Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H	Ottimizzazione della cantierizzazione delle opere   Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

<b>Consulenze specialistiche</b>			
<b>Geologo:</b>		<b>Geotecnica e opere d'arte minori:</b>	
Dott. Geologo Fabio Melchiorri Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663		Ing. Antonio Alparone 	
<b>Opere d'arte principali:</b>		<b>Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:</b>	
Viadotti Ing. G. Mondello 	Gallerie Ing. G. Guiducci 	Ecosistemi e paesaggio 	Rumore, vibrazioni ed atmosfera 

RIFERIMENTO ELABORATO						DATA		
FASE	TR\LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO	<b>GENNAIO '17</b>	
D01	T1L5	GG010	1	RZ	003	0A	01 DI 01	
							SCALA	
							-	
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione				Sondedile	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL CONCESSIONARIO		L'ENTITA' COSTRUTTRICE
	SARC SRL		VISTO PER ACCETTAZIONE



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sondedile.com](mailto:info@sondedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



# **SILEC S.P.A**

**SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA  
PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO  
COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI  
CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA  
S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114**

**PRESSIONOMETRICHE E  
DILATOMETRICHE**

**Lotto 5**



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sondedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432

Fax: +39 0861 411442

[www.sondedile.com](http://www.sondedile.com)

[info@sondedile.com](mailto:info@sondedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



## INDICE

PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE.....	3
STRUMENTAZIONE.....	4
PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA.....	5
NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
MODALITA' OPERATIVA .....	8
INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI.....	9
SOFTWARE.....	9
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	9

## ALLEGATI

- Certificati prove Pressiometriche;



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com  
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche , riguardanti **SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114** sono state effettuate **n°24** prove Pressiometriche per la caratterizzazione geotecnica dei materiali e **n°1** prove Dilatometrica eseguita nella prova n°3 del sondaggio **S108**, per la caratterizzazione geomeccanica.

In allegato si riportano i certificati di ogni singola prova e di seguito la tabella con la distribuzione delle prove eseguite nell'ambito dei 18 sondaggi eseguiti nel **lotto 5** :

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m)	PROVA PRESSIOMETRICA E/O DILATOMETRICA (n)
140	35.00	1

Tali prove sono state eseguite in tasche appositamente predisposte:

- del diametro di 66mm (prove MPT)
- del diametro di 101 mm (prove DRT).



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonnedile.com](http://www.sonnedile.com)

[info@sonnedile.com](mailto:info@sonnedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## STRUMENTAZIONE

La campagna di prove in sito è stata eseguita mediante l'impiego della seguente strumentazione:

Dilatometro cilindrico volumetrico: GEODV 01 tipo CSM (Colorado school of Mine) volumetrico da 100 bar dotato di lettura delle pressioni e deformazioni volumetriche in alta sensibilità (0,01 cmc) in modo analogico/digitale, trasmissione delle pressione mediante cavi ad alta pressione, produzione 2001.

Dilatometro cilindrico con sensori radiali: Roctest Telemac DMP-02/95 matricola 21F07 produzione 2007 con misura degli spostamenti radiali a mezzo n. 3 LVD disposti a 120 ° (sensibilità 1 , errore strumentale  $\pm 5$  uno dall'altro e su piani diversi montati a guaina flessibile lunga 1 m, centralina ad acquisizione digitale dei dati dilaroc n. 28D03 e cavi ad alta pressione.

Pressiometro da terra Apageo: Segelm matricola 573 produzione dicembre 1998 da 60 bar di lettura delle deformazioni in sensibilità normale (1-5 cmc) Sonde pressiometrica: monocellulare ad alta resistenza diam 76 – 95 mm e tricellulare, dotata di guaina esterna rinforzata Carotiere: tipo semplice o doppio corona a prismi di widia ad alta resistenza

Energizzatore: bombola di azoto compresso a 300 bar



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova è stata eseguita con tutti i possibili.

La perforazione del foro, nel caso di terreni, ha preceduto direttamente la prova, che è stata eseguita appena terminata la manovra di perforazione; per l'esecuzione della stessa è stato utilizzato un carotiere del diametro di 66 mm.

Durante esecuzione della tasca di prova, si è provveduto ad evitare inoltre le seguenti possibili cause di disturbo del terreno:

- compressione del terreno ad opera dell'utensile di perforazione o durante l'introduzione della sonda;
- perturbazione meccanica dovuta alla rotazione, alla percussione, alle vibrazioni od ai movimenti verticali dell'utensile;
- rammollimento od erosione ad opera dell'eventuale fluido di perforazione;
- decomposizione per refluitamento o rigonfiamento del terreno.

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la esecuzione delle prove dilatometriche/pressiometriche si è fatto riferimento ai seguenti standard operativi:

- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with volume change measurements )
- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with radial displacement change measurements )
- Norme Francaise P 94-110 Juillet 1991
- “Prescrizioni tecniche” SILEC S.p.A.





#### D.4 Pression limite pressiométrique

C'est par convention la pression qui entraîne le doublement du volume de la cellule centrale de mesure. Cela correspond à un volume de liquide injecté :  $V = V_s + 2 V_1$ . Elle s'exprime en kilopascals ou mégapascals.

Lorsque, au cours d'un essai d'expansion de la sonde pressiométrique, le volume de liquide injecté  $V$  est insuffisant pour provoquer le doublement du volume de la cellule centrale de mesure, la pression limite est calculée en respectant les règles ci-après :

- si le nombre de paliers de pression au delà de la pression  $p_1$  (définie en D.3) est inférieur ou égal à 2, alors :

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS} \approx 1,7 (P_F) + 545$$

avec :

$\sigma_{HS}$  défini au paragraphe 4.2.2.

Cette expression résulte de la corrélation expérimentale :

$$p_l^* = 1,7 p_1^*$$

$$1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS} = 1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS}$$

- si le nombre de paliers de pression au delà de la pression  $p_2$  est supérieur à 2, la courbe pressiométrique est extrapolée à partir du couple de valeurs  $(p_2, V_2)$  suivant la loi :

$$Y = Ap + B$$

avec :

$$Y = V^{-1}$$

A et B : coefficients obtenus par la méthode «des moindres carrés» sur les valeurs expérimentales  $(Y, p)$

Par convention, la pression limite est la valeur la plus faible des deux pressions suivantes :

$$p_l = - B/A + 1/ [A (V_s + 2 V_1)]$$

et

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS}$$

En l'absence de données sur le sol, on adopte conventionnellement :

- un poids volumique  $\gamma$  de  $18 \text{ kN/m}^3$ ,
- une valeur de 0,5 pour le coefficient  $K_0$  de pression des terres au repos (voir paragraphe 4.2.1).

La pression limite nette est calculée à partir de :

$$p_l^* = p_l - \sigma_{HS}$$

avec :

$\sigma_{HS}$  défini au paragraphe 4.2.2.

#### D.5 Vérification des valeurs des caractéristiques pressiométriques

Bien que la fourniture de la courbe pressiométrique corrigée ne soit à produire qu'en annexe du procès-verbal et que sur demande, il est obligatoire avant d'établir le procès-verbal de visualiser et de confronter les valeurs calculées  $p_1 - p_2 - p_1 - p_1$  à la courbe corrigée afin de déceler toute erreur et toute extrapolation abusive.



NF P 94-110

8

$V_s$	Volume initial conventionnel de la cellule centrale de mesure
$z$	Cote altimétrique, comptée positivement vers le haut à partir d'un plan de référence
$z_c$	Cote altimétrique de prise de pression
$z_s$	Cote altimétrique de l'essai
$z_w$	Cote altimétrique de la nappe
$\beta$	Coefficient d'incertitude
$\gamma$	Poids volumique du sol
$\gamma_i$	Poids volumique du liquide injecté dans la cellule centrale de mesure
$\gamma_w$	Poids volumique de l'eau
$\delta p$	Incertitude sur la mesure de la pression
$\delta t$	Durée de passage d'un palier de pression au palier consécutif
$\delta V$	Incertitude sur la mesure du volume injecté
$\Delta p$	Pas de pression
$\Delta t$	Durée d'application d'un palier de pression
$\Delta V^{60/30}$	Variation de volume injecté entre 30 et 60 s au cours d'un même palier de pression
$\sigma_{vs}$	Contrainte totale verticale au niveau d'essai
$\sigma_{HS}$	Contrainte totale horizontale au niveau d'essai

#### 4.2.2 Contraintes dans le sol au repos avant essai (figure 3)

- $\sigma_{vs}$  : contrainte totale verticale au niveau de l'essai,  
 $\sigma_{HS}$  : contrainte totale horizontale au niveau de l'essai prise égale à :

$$\sigma_{HS} = K_o (\sigma_{vs} - u_s) + u_s$$

où :

$$u_s = \gamma_w (z_w - z_s) \text{ pour } z_w > z_s$$

- $u_s$  : pression interstitielle au niveau de l'essai,  
 $K_o$  : coefficient de pression des terres au repos,  
 $z_s$  : cote altimétrique du niveau d'essai,  
 $z_w$  : cote altimétrique du niveau de la nappe,  
 $\gamma_w$  : poids volumique de l'eau interstitielle.

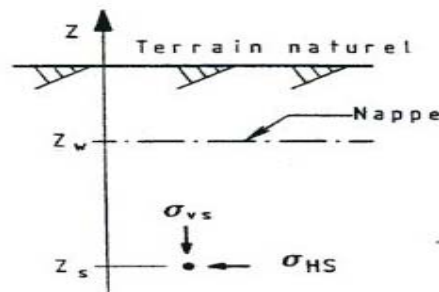


Figure 3 — Contraintes dans le sol avant essai





**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
P.IVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## MODALITA' OPERATIVA

La prova pressiométrica MPM (e dilatometrica DRT) consiste nella immissione in foro di sondaggio di una sonda cilindrica tricellulare (MPM) / monocellulare (DRT) dilatabile collegata ad un controllore pressione - volume posto in superficie e collegato al sistema di energizzazione rappresentato da una bombola di azoto a 200 bar. La deformazione del tratto di terreno sottoposto a prova viene ottenuta immettendo un liquido in pressione all'interno della cella di misura posta nella zona mediana della sonda pressiométrica, ovvero di azoto nella camera dilatometrica; essa, durante la prova, si comporta come una cavità cilindrica in espansione la cui geometria è correttamente mantenuta dalle opportune pressioni applicate alle celle di guardia, poste superiormente ed inferiormente alla stessa cella di misura. In tal modo si ottiene un tensore degli sforzi piano con sforzo principale orientato orizzontalmente, il cui valore, viene misurato in superficie mediante manometri di precisione a scale differenziate nonché corretto in funzione delle inerzie proprie del sistema di espansione e della profondità dell'eventuale acqua presente nel foro all'atto della prova. La rilevazione della deformazione del terreno viene eseguita direttamente in superficie mediante sistema volumetrico dotato di sensibilità normale (MPM) od in alta precisione (DRT) ovvero da n. 3 sensori radiali di tipo LVDT (DRT) posti nel settore centrale della sonda; tale meccanismo si rende necessario in funzione delle diverse tipologie di prova (prova su terreno o prova su roccia), ed il valore ricavato viene successivamente depurato della dilatabilità propria dei tubi di immissione. Applicando una serie di gradini di pressione, mantenuti costanti per determinati intervalli di tempo (stress controlled), e, rilevandone conseguentemente la deformazione, si ottiene una curva sforzo - deformazione in sito. Durante il corso delle prove pressiométriche/dilatometriche effettuate si è proceduto ad eseguire uno (MPM) o tre (DRT) cicli di scarico-ricarico a partire approssimativamente dal limite superiore del campo pseudoelastico (MPM) ovvero nel tratto pseudoelastico (DRT), al fine di determinare il modulo di elasticità di Young dalla pendenza media del ciclo stesso ovvero dal tratto di ricarica (MPM) o scarico (DRT). Di particolare importanza per l'esecuzione di



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



una corretta modalità di prova è l'esecuzione del foro che è avvenuta secondo tecnologie diversificate in funzione della litologia e sotto la diretta supervisione del tecnico strumentista: in tal modo è possibile effettuare prove pressiometriche/dilatometriche con estrema versatilità, dai terreni poco consistenti sino alle rocce compatte.

## INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI

I principi teorici interpretativi sui quali si fonda l'analisi delle risultanze della prova dilatometrica sono riconducibili alla espansione di una cavità cilindrica secondo le seguenti assunzioni:

- mezzo omogeneo - ortotropo di dimensioni illimitate;
- espansione della cavità secondo simmetria assiale coincidente con l'asse del foro e deformazione piana;
- espansione di tipo quasi statico con incrementi e decrementi di pressione sufficientemente lenti da rendere trascurabili gli effetti delle forze di inerzia;
- comportamento del mezzo secondo una legge elasto - plastico lineare.

Gli elementi che influenzano una prova dilatometrica sono i seguenti:

- volume di roccia interessato (effetto scala)
- pressioni massime elevate (caso di rocce compatte)
- intervallo di deformazione possibilità di studio della anisotropia del litotipo ( orientazione della fatturazione)
- determinazione della deformabilità reale in sito mediante l'applicazione di opportune procedure operative (vedi cap. prec.)

I parametri ottenibili dall'analisi della curva dilatometrica sono i seguenti:



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## **Po) PRESSIONE INIZIALE Po**

La Pressione iniziale Po viene determinata in corrispondenza del limite inferiore del campo pseudoelastico (tratto subrettilineo di prima compressione della curva dilatometrica), può o meno corrispondere alla tensione totale tangenziale in sito, poiché a seguito del preforo il litotipo si trova in condizioni di trazione a comportamento più o meno elastico in funzione della intensità del disturbo arrecato dalla perforazione.

## **E) MODULO DI ELASTICITA' Ey**

Il modulo reversibile di elasticità o di Young è dato dalla relazione di Lamè applicata ad una cavità cilindrica in espansione:

$$E = (1+\nu) P/d$$

con:

- $\nu$ : coefficiente di Poisson del materiale (sovente uguale a 0,25 – 0,30);
- $\phi$ : diametro del foro (mm);
- P : pressione (Mpa);
- D : deformazione diametrale (mm).

Il modulo è calcolato per ciascun ciclo nel tratto di scarico significativo nel seguente modo:

$$E = (1+\nu) \phi (P_{imax} - P_{imin}) / (d_{imax} - d_{imin})$$

con:

- $P_{imax} - P_{imin}$  : pressione massima e minima del tratto considerato;
- $d_{imax} - d_{imin}$  : deformazione massima e minima del tratto considerato;

Tali valori sono calcolati per interpolazione dai dati sperimentali mediante procedure statistiche matematiche.



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com  
info@sondedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo  
P.IVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## T) MODULO DI DEFORMABILITA' TI

Analogamente ad E viene calcolato sulla curva di prima ricomprensione tra la pressione massima di un ciclo  $P_i$  (deformazione =  $x_i$ ) e la pressione massima raggiunta nel ciclo precedente  $P_{i-1}$  (deformazione =  $x_{i-1}$ ) secondo la seguente relazione:

$$T_i = (1 + \frac{P_i - P_{i-1}}{x_i - x_{i-1}})$$

## EG) MODULO DI DEFORMABILITA' GLOBALE EG

Tale modulo corrisponde alla pendenza media dello sviluppo della curva sperimentale di prima ricomprensione da  $P_o$ ,  $D_o$  sino a  $P_f$ ,  $D_f$  (limiti del campo pseudoelastico investigato)

## PL) PRESSIONE LIMITE PI

Corrisponde allo stato di equilibrio limite indifferente con deformazioni infinite, per convenzione al valore della pressione relativo ad una dilatazione della sonda pressiometrica uguale al raddoppio della cavità dopo l'inizio della fase pseudoelastica.

Da cui:  $P_l = f(V_{lim})$

$$P'_l \text{ (Pressione limite netta)} = P_l - P_o \text{ (pressione iniziale campo pseudoelastico)}$$

Con:

$$V_{lim} = v_o + (v_o + V_o)$$

$v_o$  = volume di ricomprensione iniziale

$V_o$  = volume proprio della sonda a riposo

La determinazione della pressione limite è stata qui eseguita in funzione del grado di deformazione raggiunto in base alle seguenti metodiche:

- metodo dell'extrapolazione diretta dalla curva pressiometrica;
- metodo dell'extrapolazione dall'inverso del volume iniettato (Van Wambecke e d'Henricourt, 1971).

I parametri riportati di seguito sono stimati e derivano dalla applicazione delle correlazioni internazionali più accreditate che andranno verificate con



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

www.sonnedile.com

info@sonnedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



l'esperimento di prove geotecniche di laboratorio (in particolare tagli CD, edometriche e triassiali UU) in qualità di tarature eseguite in loco.

**Coesione non drenata  $c_u$**  : stima della resistenza al taglio non drenata di materiali coesivi od assimilati a comportamento geomeccanico coesivo, direttamente dalla curva pressiometrica o mediante correlazioni sperimentali, ampiamente diffuse, in funzione della pressione limite netta dei terreni compresi nell'ambito di grado di consistenza da basso ad elevato ( Amar & Jezequel, 1972; Cassan, 1978, Johnson 1986);

**Angolo di attrito efficace  $\phi'$  + effetto coesione**: stima della resistenza al taglio drenata di materiali prettamente granulari od assimilati, derivante da correlazioni empiriche meno diffuse delle precedenti e sovente corrette in funzione di comparazioni locali con prove geotecniche in sito od in laboratorio eventualmente disponibili, secondo la seguente:

$$\phi' = (4 * (\text{Log}_2(P' / (0,25) + 6))$$

( da Centre D'etudes L. Menard , 1963 e da Hughes et Alii, 1977).

I valori così ottenuti, comprensivi dell'effetto della coesione  $c'$  laddove presente, vanno utilizzati come indicativi .

Un altro approccio per valutare la resistenza dei materiali investigati è invece quello di derivarli in termini di pressioni nette, direttamente dalla pressione di creep o fluage (pressione di incipiente rottura) desunti dalla curva pressiometrica/dilatometrica corretta, in tal caso si dovrà considerare l'effetto scala e la rispondenza del bulbo delle tensioni prodotto dallo strumento con quello teorico delle opere da progettare.

Quando nel corso della prova non viene superato il range di deformazione relativo al campo pseudo elastico del materiale e quindi non si raggiunge la plasticizzazione (foro largo, raggiunti limiti di deformabilità strumentale, pericolo di scoppio della sonda, deformazioni anomale non cilindriche etc..), nei certificati di prova viene riportata una stima del limite inferiore della resistenza



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



calcolata con la formula di cui sopra a partire dalla massima pressione raggiunta in prova.

## SOFTWARE

Per l'elaborazione dei dati dilatometrici si è utilizzato un codice di calcolo interno che consente sostanzialmente di:

- 1) applicare le correzioni strumentali ai dati rilevati in termini di spostamento assoluto a dilatazione diametrica assoluta e relativa
- 2) eseguire una analisi numerica dei dati acquisiti con eventuale applicazione di un filtro
- 3) applicare un algoritmo statistico matematico per la soluzione dei punti caratteristici della curva dilatometrica ( $P_o$ ,  $P_{max}$ ,  $P_{min}$ ,  $D_f$ ,  $d_{max}$ ,  $d_{min}$ , etc.)
- 4) determinare i moduli di elasticità nei tratti di curva richiesti

Si sottolinea che l'analisi dei punti sperimentali interpolati in una curva dilatometrica risultante possono presentare molto spesso un andamento non teorico e questo a causa di disomogeneità meccaniche della roccia; pertanto la soluzione dei punti caratteristici spesso richiede una procedura iterativa.

Evidentemente ed in particolare per litotipi dotati di elevati moduli di deformabilità l'ordine di grandezza della deformazione ottenuta può essere paragonabile alla precisione dello strumento, questo fattore rappresenta un ulteriore elemento di difficoltà nella fase di elaborazione.

Di seguito si riporta la spiegazione della simbologia usata nel modulo di elaborazione DILATOM vers. 2.0:

### Pressioni

Viene riportato il valore di pressione previsto in progetto e quello effettivamente misurato in prova corretto in termini di pressioni effettive.

### Deformazioni

Vengono riportate le grandezze fisiche di maggior interesse ed in particolare lo spostamento radiale dei tre trasduttori ed il loro valore medio nonché la dilatazione radiale netta iniziale e finale.





**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



Infine sono riportate la profondità media della sonda dilatometrica, la direzione del sensore di riferimento (C02 = Nord) la profondità della falda, il diametro iniziale della sonda ( $d_0$ ) e quello iniziale del foro ( $\phi_0$ ).

## PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La prova DRT ha permesso di misurare e ricostruire le curve sforzi-deformazioni di un ammasso roccioso (roccia eterogenea) per una lunghezza di circa 100 cm (lunghezza della sonda dilatometrica) ovvero di un ammasso terroso per una lunghezza di circa 40 cm (prove MPT); nel ns caso questa dimensione si ritiene pienamente rappresentativa delle condizioni in sito (effetto scala) caratterizzate sovente dalla presenza di discontinuità geomeccaniche o litostratigrafiche.

Il modulo di deformabilità globale EG (prove DRT) ovvero il modulo pressiometrico  $E_m$  (prove MPT) rappresenta il modulo secante per tutto il tratto pseudoelastico di prima compressibilità mentre i moduli di elasticità  $E_1$ ,  $E_2$ , ed  $E_3$  sono parametri calcolati nel tratto di scarico dei rispettivi cicli di isteresi.

Il modulo  $E_y$  significativo, per vari stati tensionali, è stato calcolato mediando i valori di  $E_i$  ottenuti in tutti quei cicli di isteresi che denotassero un comportamento pseudoelastico del materiale, escludendo da tale operazione i cicli che non hanno mostrato tale caratteristica.

Il significato fisico di questi moduli è sostanzialmente un modulo di prima compressione (EG) paragonabile nelle terre al modulo edometrico ed un modulo di elasticità  $E_y$ , sempre superiore in valore assoluto al primo, che si stima rappresentare un modulo di elasticità del materiale a livelli deformativi compresi nel *range* ove è calcolato.

**LOTTO 5**

**CERTIFICATI PROVE PRESSIOMETRICHE**



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

**PRESSUREMETER TEST**

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S140	DEPTH m	8,8	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 622/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	06.02.13	PAGE	1/3

weather \_\_\_\_\_ test depth 8,80 m

hydrostatic level (m) > \_\_\_\_\_ us \_\_\_\_\_ KPa display by surface (m) 1,00 SPT (m) \_\_\_\_\_ n/15cm

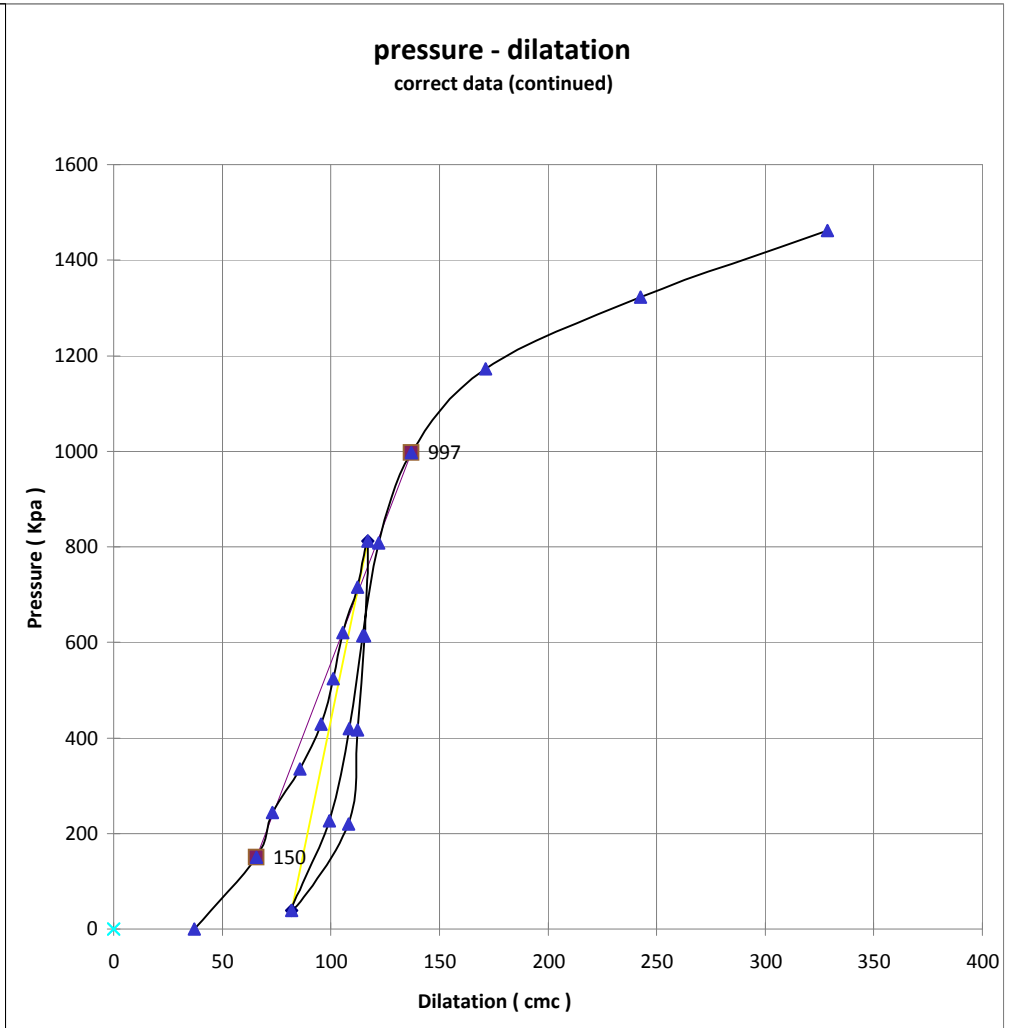
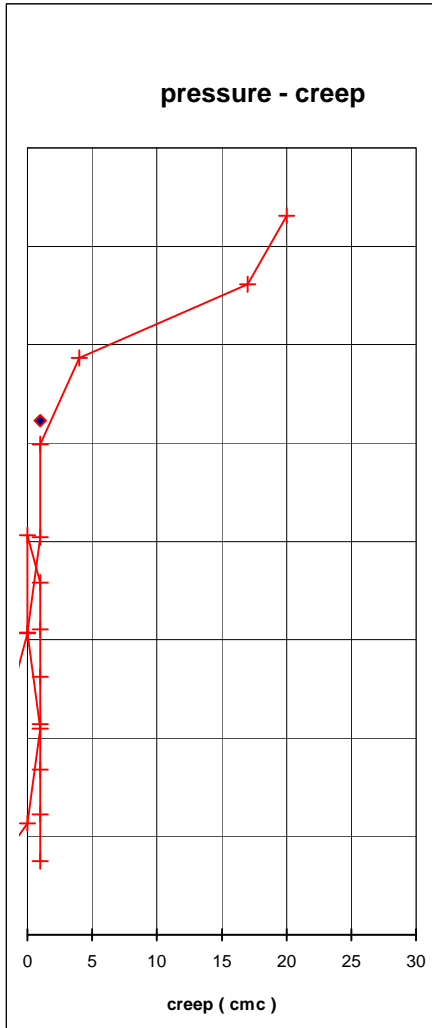
$\gamma_n$  nat.grav assumed 1,80 t/mc Pressuremeter: APAGEO SEGELM GA

$\sigma_v$  assumed 158 kPa test pocket carotaggio 66 mm probe: TRICELLULARE 60 MM

soil brief description SABBIA ARGILLOSA pressuremeter modulus **Em** 19,4 MPa  
 assumed elasticity modulus **Ey** 36,1 MPa

geological unit \_\_\_\_\_ Em/P\*L 12,84

test in according with AFNOR NFP 94 - 110 Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel 176 kPa  
 Assumed friction angle by Menard 34 °





# SONDEDILE

s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

## PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S140	DEPTH m	8,8	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 622/13	
OBJECT					
COORDINATES					
SITE	0	DATE	06.02.13	PAGE	2/3

### DATA PROCESSING

#### PRESSUREMETER CURVE LIMITS

	FIRST LOAD	LOOP 1	LOOP 2
initial pressure P1 (kPa)	150	812	
initial volume pressure V1 (kPa)	66	117	
initial creep vol C1 (cmc)	1		
final pressure P2 (kPa)	997	39	
final volume V2 (kPa)	137	82	
fin creep (cmc)/ unload Eu (Mpa)	1	36,1	

#### PHYSIC PROPERTIES

VP probe volume at rest	512	cmc
VL probe limit volume	644	cmc
V0 initial volume	66	cmc
1/VL	1,55	10 <sup>-3</sup> cmc
v poisson index	0,33	
α sp reologic experimental coeff.	0,54	
α reologic theoretic coefficient	0,5	

#### SYSTEM CORRECTION

inertia cover	
coeff.	0,7
sys. dilatation (cmc/bar)	
coeff.	0,39

MPa

#### PRESSUREMETER PARAMETERS

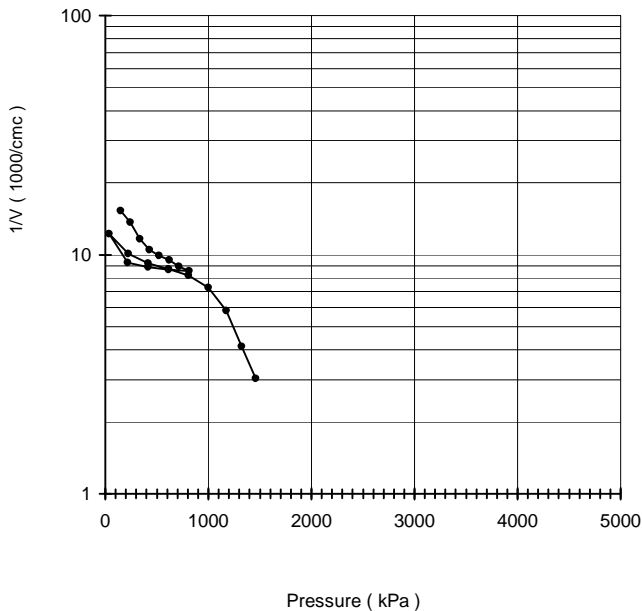
Ko lateral coeff at rest assumed	0,60	
Pho estim. Horiz pres at rest	95	kPa
P0 measured initial pressure	150	kPa
Em pressuremeter modulus	19,4	MPa
Ey min elasticity mod. measured in unload	36,1	MPa
Ey elasticity mod. assumed by C. reologic	38,7	MPa
Pc creep pressure	1046	kPa
P*c net creep pressure	951	kPa
PL limit pressure by Cassan	1711	kPa
PL limit pressure by Van Vambecke	1602	kPa
PL assumed limit pressure	1602	kPa
P*L assumed net limit pressure	1507	kPa
Em/P*L	12,84	
Ey/P*L	23,94	

#### DATA

n°	Pressure bars	Vr 30" cmc	Vr 60" cmc	P corr. kPa	V corr. c mc	creep cmc	Modulus MPa
1	0,0	0	37	0	37	0	
2	1,0	65	66	150	66	1	7,9
3	2,0	73	74	244	73	1	19,2
4	3,0	86	87	335	86	1	11,3
5	4,0	96	97	428	95	1	15,5
6	5,0	102	103	524	101	1	27,7
7	6,0	107	108	621	106	1	34,3
8	7,0	114	115	716	112	1	23,8
9	8,0	120	120	812	117	0	34,9
10	6,0	118	118	614	116	0	271,3
11	4,0	116	114	416	112	-2	101,9
12	2,0	112	109	220	108	-3	77,1
13	0,0	87	82	39	82	-5	11,2
14	2,0	100	100	226	99	0	17,5
15	4,0	109	110	419	108	1	34,3
16	6,0	117	117	614	115	0	52,0
17	8,0	124	125	809	122	1	45,1
18	10,0	140	141	997	137	1	21,2
19	12,0	172	176	1173	171	4	9,1
20	14,0	231	248	1323	243	17	4,0
21	16,0	315	335	1462	329	20	3,4
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

#### GEOTECHNICAL PARAMETERS

Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel	176	kPa
Assumed friction angle by Menard	34	°



 <b>SONDEDILE</b> s.r.l. unipersonale Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246	<b>PRESSUREMETER TEST</b>				mod MPT rev 1.0
	<b>BOREHOLE</b>	<b>S140</b>	<b>DEPTH m</b>	<b>8,8</b>	<b>TEST CODE MPT</b>
<b>CLIENT</b>	<b>SILEC s.p.a.</b>	<b>v.accept</b>	<b>05/13</b>	<b>data</b>	<b>02/04/2013</b>
<b>PROJECT</b>	<b>COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA</b>			<b>n° certificato 622/13</b>	
<b>OBJECT</b>					
<b>COORDINATES</b>					
<b>SITE</b>	<b>0</b>	<b>DATE</b>	<b>06.02.13</b>	<b>PAGE</b>	<b>3/3</b>

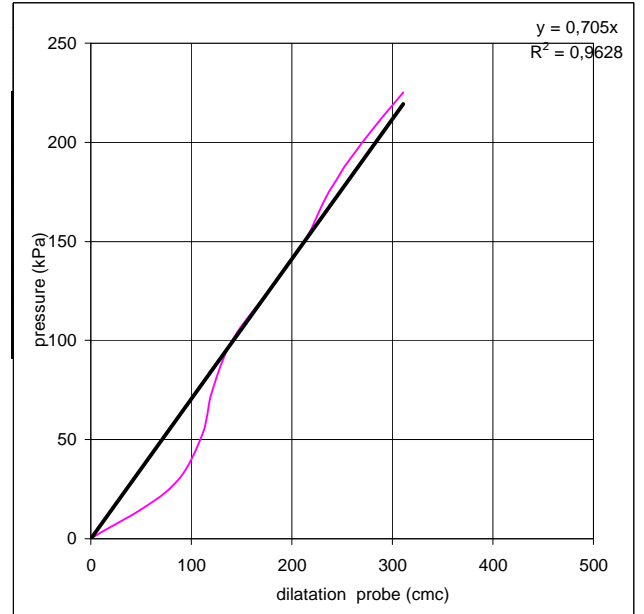
**PLACE**



**CALIBRATION IN AIR**

membrane caucciù cover gomma rinforzata Coeff. 0,7

Height measure cell (cm) 21,00 VP in. probe vol (cmc) 512



**SOIL TYPE**

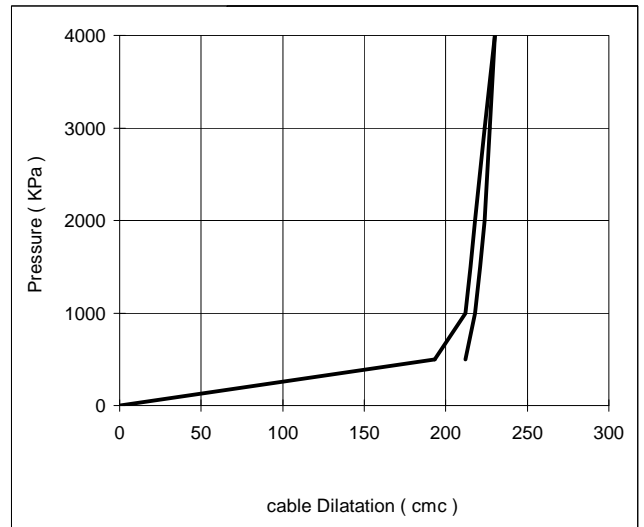


**CONFINED CALIBRATION**

Lenght cable 50  $\phi$  confined diameter (cm) 6,6

Vi (cmc) 206 Coeff. 167 cmc/kPa first load

tube volume cmc 718 Coeff. 258 cmc/kPa unload



RAGUSA CATANIA S140 1MPT mt 8,8 36,1 MPa

Dirett. Laboratorio : Cosentino Davide - Sperimentatore : P. De Luca