



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 2
GEOLOGIA E GEOTECNICA
Piano indagini - indagini geognostiche
Prove Spt (Standard Penetration Test)

Il Progettista

Responsabile di progetto ed
incaricato delle integrazioni tra
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti
Ing. G. Mondello



Gallerie
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e
paesaggio



Rumore,
vibrazioni
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE	TR/LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO
D01	T1L2	GG010	1	RZ	002	0A

01 DI 01

DATA

GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	Sondedile	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE
DEL
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

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

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



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**

Prove SPT (Standard Penetration Test)

Lotto 2



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

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



INDICE

STANDARD PENETRATION TEST (SPT)	3
NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
MODALITA' DI ESECUZIONE	3
CORRELAZIONI	6



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

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

Nell'ambito delle indagini 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 eseguite, all'interno dei 202 sondaggi geognostici **n°703** prove SPT in corrispondenza dei terreni granulari e semicoesivi. Nell'ambito dei 16 sondaggi eseguiti nel lotto 2 sono state realizzate **n°67** prove spt .

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- ASTM D 1586-84 (1992) - Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils
- AGI. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche
- ISSMFE Technical Committee (1988) - Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test Procedure

MODALITA' DI ESECUZIONE

L'esecuzione della prova è avvenuta, utilizzando il campionatore Raymond, dotato di una scarpa terminale che consente il prelievo, a fine prova, di un campione rimaneggiato.

L'attrezzatura impiegata, in accordo alle Raccomandazioni AGI e alle norme ENV 1997-3, è costituita da un maglio del peso di 63.5kg, predisposto per la caduta da un'altezza di 76cm. Le aste di collegamento del maglio al



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



campionatore terminale hanno un diametro di 50 mm ed un peso proprio pari a 7.2 kg/m.

L'esecuzione della prova è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio;
- estrazione della batteria di perforazione;
- stabilizzazione delle pareti del foro con tubi di rivestimento metallico, con arresto della corona ad una quota superiore di circa 10 cm rispetto a quella prevista, di inizio prova;
- il foro deve essere accuratamente pulito, fino alla profondità di inizio prova, utilizzando attrezzi e metodi che assicurino di non disturbare il terreno interessato dalla prova;
- gli attrezzi di perforazione devono essere estratti lentamente per prevenire la decompressione del terreno interrelato dalla prova;
- nel caso di prova al di sotto del livello di falda, il livello del fluido nel foro deve essere mantenuto sempre al di sopra del livello idrostatico in modo da evitare disturbo a fondo foro. Il livello del fluido nel foro deve assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova;
- discesa nel foro della batteria di aste con annesso campionatore;
- controllo della quota di arresto della batteria di prova;
- identificazione di 3 tratti contigui, di 15cm ciascuno, lungo la porzione di batteria sporgente in superficie;
- collegamento del dispositivo di percussione (maglio) alla batteria di prova;
- inizio della prova vera e propria: il campionatore viene infisso nel terreno per mezzo di colpi impressi con la massa battente, ad un ritmo di percussione prossimo a 25 colpi al minuto.
- I colpi vengono contati in successione, avendo cura di separare il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore per i tre tratti consecutivi di 15cm.

Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel 2° e 3° tratto (ultimi 30cm), che vengono annotati nel rapporto di prova.



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

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



Il raggiungimento del “rifiuto” e, quindi, la fine della prova si determinano nei seguenti casi:

- un numero di colpi superiore a 50 per l'infissione nel primo tratto di 15 cm;
- un numero di colpi superiore a 100 per l'infissione nel secondo e nel terzo tratto (ultimi 30cm).

Al termine della prova, il campionatore a scarpa è stato estratto ed aperto; il materiale recuperato è stato catalogato e conservato in apposito contenitore.

Nelle tabelle seguenti vengono schematizzati i rapporti tra le qualità meccaniche dei terreni ed il numero N_{spt} per orizzonti granulari e coesivi.

TERRENI GRANULARI SCHEMA DELLE RELAZIONI N_{SPT}/ ADDENSAMENTO	
N_{SPT}	Stato di addensamento
0 – 4	Sciolto
4 – 10	Poco addensato
10 – 30	Moderatamente addensato
30 – 50	Addensato
> 50	Molto addensato
TERRENI COESIVI SCHEMA DELLE RELAZIONI N_{SPT}/ CONSISTENZA	
N_{SPT}	Consistenza
< 2	Privo di consistenza
2 – 4	Poco consistente
4 – 8	Moderatamente consistente
8 – 15	Consistente
15 – 30	Molto consistente
> 30	Estremamente consistente



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

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



CORRELAZIONI

- Densità relativa per terreni granulari (Skempton 1986):

$$(DR)^2 = (N1)_{60} / 60$$

Si ricorda che la densità relativa viene calcolata come segue:

$$Dr = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$$

dove:

e_{max} : indice dei vuoti massimo di un deposito sabbioso,

e_{min} : indice dei vuoti minimo di quel deposito (massimo addensamento),

e : indice dei vuoti attuale del deposito

e_{max} ed e_{min} vengono misurati in laboratorio.

- Densità relativa per terreni granulari (Gibbs & Holtz 1957):

è valido per le sabbie da fini a grossolane pulite, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore $Dr(\%)$ viene sovrastimato, nei casi di depositi limosi viene sottostimato.

$$Dr(\%) = 21(Nspt/(\sigma+0.7))^{(0.5)}$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in Kg/cm² e $Nspt$ il numero di colpi medio misurato nello strato. Il metodo fornisce generalmente valori in eccesso rispetto agli altri, nei primi metri di approfondimento della prova.



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

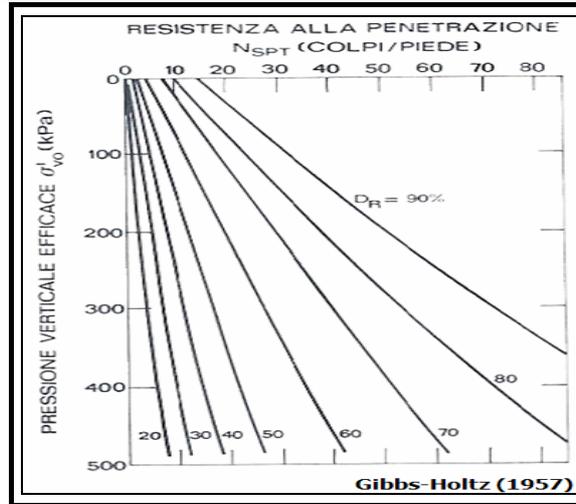
Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

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

SINCERT



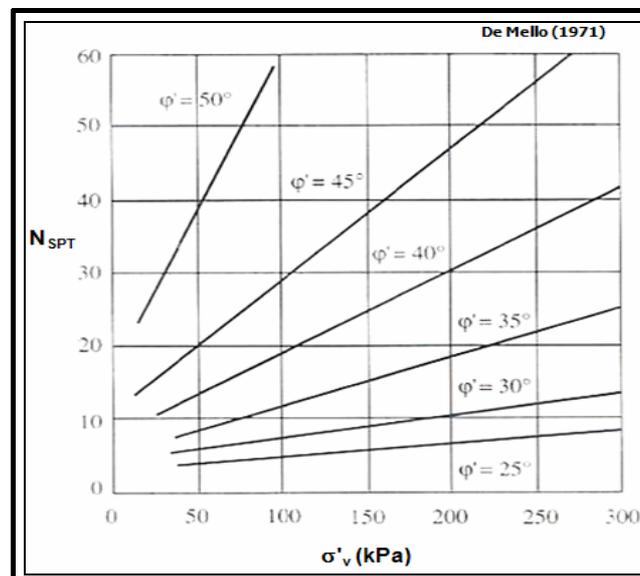
- Angolo di attrito efficace φ' (De Mello, 1971)

è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di φ superiori a 38° . Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi' = 19 - 0.38\sigma + 8.73 \log(N_{spt})$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in Kg/cmq e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato.

Oggi questo tipo di correlazione è la più consigliata rispetto a quelle derivate dalla densità relativa come quella proposta da Schmertmann.





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

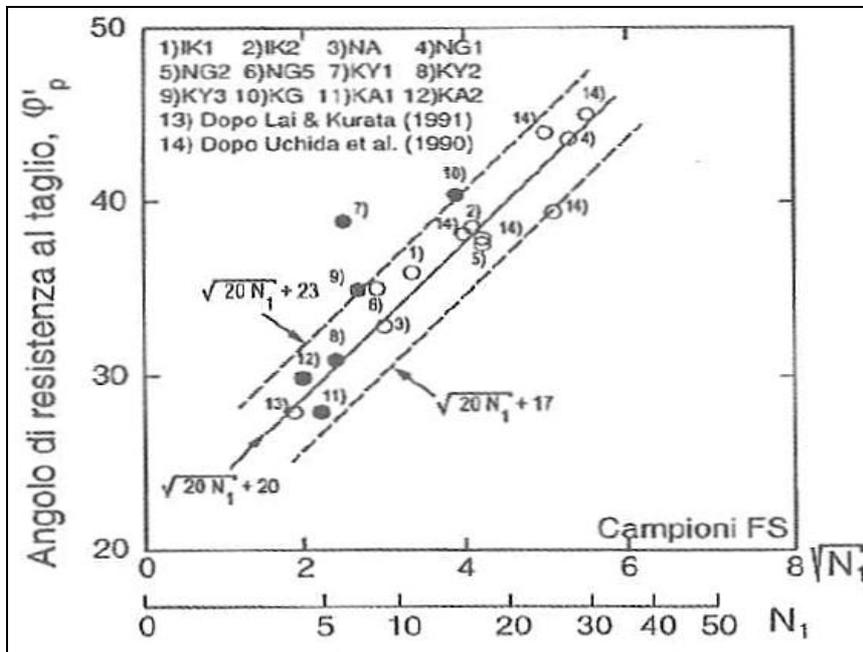
SINCERT



- Angolo di attrito efficace ϕ' (Hatanaka & Uchida 1996)

Questo metodo è stato sviluppato partendo dall'analisi dei risultati delle prove triassiali CD su campioni indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento, relazionate a prove SPT eseguite sulle stesse verticali di sondaggio. La relazione è la seguente:

$$\phi' = 20 + \sqrt{15,4 N_{1(60)}}$$



Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8-10 m per terreni sopra falda e superiori a 15.0 m per terreni in falda.

- modulo edometrico M (metodo di Farrent 1963),
valido per le sabbie in genere. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di M con la profondità.

$$M = 3.54 N_{spt} + 38 \text{ (sabbia fine)}$$

$$M = 4.46 N_{spt} + 38 \text{ (sabbia media)}$$



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



$$M = 10.46 N_{spt} + 38 \text{ (sabbia + ghiaia)}$$

$$M = 11.84 N_{spt} + 38 \text{ (sabbia + ghiaiosa)}$$

- Resistenza al taglio non drenata (Terzaghi e Peck) Il metodo è valido per argille di media plasticità e si basa sulla seguente relazione:

$$c_u(\text{kg/cm}^2) = 0.067 N_{SPT}$$

- Resistenza al taglio non drenata (DM-7 Design Manual for Soil Mechanics)

Il metodo è valido per le argille in genere e si basa sulle seguenti relazioni:

$$c_u(\text{kg/cm}^2) = 0.038 N_{SPT} \text{ (argille a bassa plasticità)}$$

$$c_u(\text{kg/cm}^2) = 0.074 N_{SPT} \text{ (argille a media plasticità)}$$

$$c_u(\text{kg/cm}^2) = 0.125 N_{SPT} \text{ (argille ad alta plasticità)}$$

- Modulo di deformazione (modulo di Young) (Schmertmann),

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di E con la profondità. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(\text{kg/cm}^2) = 2BN_{spt}$$

dove N_{spt} è il numero di colpi medio nello strato e B è una costante variabile in funzione della litologia:

$B = 4$ sabbia fine, $B = 6$ sabbia media, $B = 10$ sabbia grossolana

- Modulo di deformazione (modulo di Young) (Terzaghi),

Il metodo è valido per sabbia + ghiaia e sabbia pulita. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di E con la profondità. Il metodo si basa sulla seguente relazione:



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



$$E(MPa) = B Nspt$$

dove $Nspt$ è il numero di colpi medio nello strato mentre B è una costante pari a 7 Mpa. La relazione va considerata inattendibile per $Nspt$ molto bassi o molto alti. Nel primo caso E risulta eccessivamente elevato, nel secondo caso eccessivamente basso.

A seguire viene proposta la tabella riepilogativa di tutte le prove SPT suddivise per sondaggio, con indicate altezza di esecuzione e valore di $Nspt$:

SONDAGGIO	SPT 1		SPT 2		SPT 3		SPT 4		SPT 5		SPT 6		SPT 7	
	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt	H(m)	Nspt
43	5,10	21	10,00	27	15,00	24	18,20	33						
44	5,20*	rif	11,70*	rif	17,00	29	18,90	85						
46	6,00	rif	8,80	73	12,50	29	17,50	25						
48	5,00*	rif	12,00	27	16,90	18	23,60	21	30,20	29				
49	6,00	12	10,70	29	14,20	22	18,90	31						
51	6,50	39	11,60*	rif	18,00*	rif	20,00	40	28,50	45				
53	5,80	29	10,20	35	16,60	47	22,60	66	28,00	95				
54	6,00	25	12,00	59	15,50	52	18,80	71						
56	6,90*	rif	12,50*	Rif										
59	3,50	38	13,00	rif	19,50	62	21,00	29	29,00	Rif				
60	3,00	67	6,00	63	11,70	81								
61	3,00	22	6,00	24	9,00	13	12,00	32						
63	3,00	18	6,00	24	9,00	16	14,00	21	21,00	28				
64	4,00	13	7,50	18	12,00	rif	15,00	39						
65	2,00	rif	13,50	27	18,00	rif	23,00	Rif						
66	2,30	65	8,10	46	15,00	21	16,50	35						

Nella tabella riepilogativa, l'asterisco sulle profondità indica le Prove SPT eseguite con il campionatore punta chiusa.