

COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA

**STUDIO GEOLOGICO ESECUTIVO RELATIVO AL PROGETTO PER I LAVORI DI
COMPLETAMENTO DEGLI IMPIANTI SPORTIVI IN ZONA DI ESPANSIONE
(Foglio di Mappa n.25 p.lle 641, 643 e 646)**

FASCICOLO DELLE INDAGINI

COMMITTENTE:

Amministrazione Comunale
di Alessandria della Rocca

IL GEOLOGO



Data: 21 giugno 2019

GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

dott. geol. Gaspere Giuseppe Motisi via R. Livatino Giudice, 22 – 91014 C/mare del Golfo tel. 333 16 82 778 E-mail: geolmotisi@gmail.com

PREMESSA

Per la redazione della relazione geologico-tecnica esecutiva inerente i lavori di *completamento degli impianti sportivi in zona di espansione del comune di Alessandria della Rocca* sono stati messi a disposizione dall'Amministrazione committente, ed utilizzati dallo scrivente, i dati ricavati dalle precedenti campagne geognostiche eseguite in varie epoche e compendiate nella relazione geologica redatta dalla dott.ssa Napoli a corredo del progetto preliminare.

A completamento del presente lavoro sono state appositamente eseguite ulteriori indagini geotecniche in sito e sismiche integrative.

Tali indagini hanno lo scopo di identificare la locale stratigrafia e di definire un modello geologico di progetto mirato alla determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, sia primarie (P) che secondarie (S) e ai parametri geotecnici associati ai vari strati.

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle precedenti campagne consistettero in:

- n.6 perforazioni a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e relative prove geotecniche ed analisi di laboratorio;
- vari saggi esplorativi con escavatore meccanico;
- n.2 sondaggi sismici a rifrazione
- n.2 sondaggi sismici Masw;

Ad integrazione delle suddette indagini per il presente studio sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio di sismico passiva a stazione singola HVSR.
- n. 7 prove penetromerliche dinamiche continue tipo DPM.

Le indagini sismiche hanno consentito la valutazione del profilo verticale delle onde Vs e del parametro V_{seq} per la determinazione della categoria del suolo di fondazione ai sensi del D.M. 17/01/2018 e successiva Circolare esplicativa C.S.LL.PP n° n.7 del 21/01/2019. In particolare il sondaggio HVSR ha permesso di definire il periodo proprio di vibrazione del terreno di sedime.

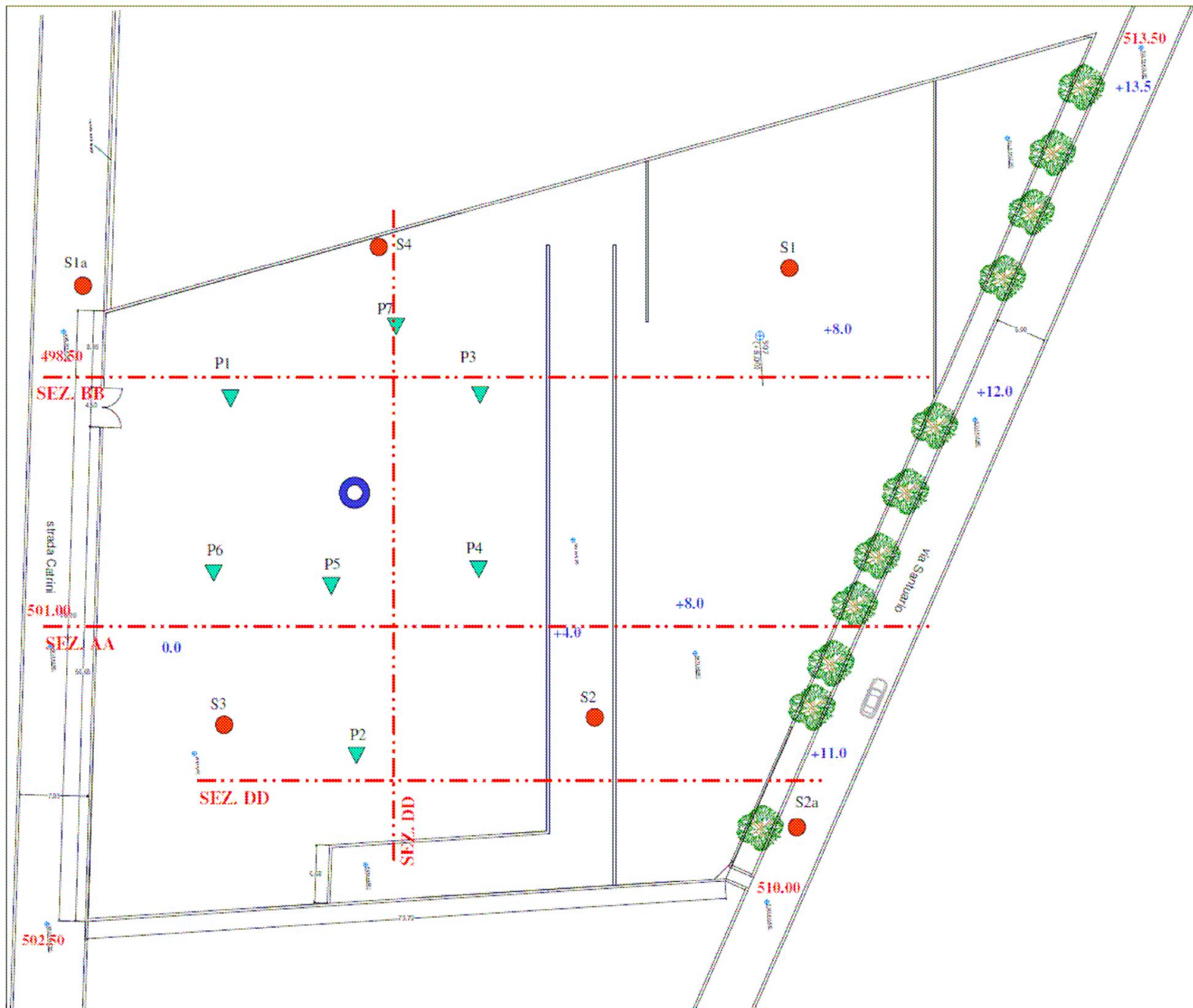
Vengono di seguito allegate le planimetrie con l'ubicazione dei sondaggi attuali e pregressi eseguiti in corrispondenza dell'area di intervento.

A seguire vengono indicate le modalità esecutive ed interpretative riferite ad ogni singolo metodo adottato nonché le risultanze delle indagini appositamente eseguite a supporto del presente studio.

Per le indagini passate si riportano i dati riepilogativi sia delle indagini in sito che delle prove di laboratorio rimandando per i dettagli agli studi precedentemente eseguiti e ai documenti ad essi allegati.

Di seguito si allegano le planimetrie con l'ubicazione dei sondaggi.

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI



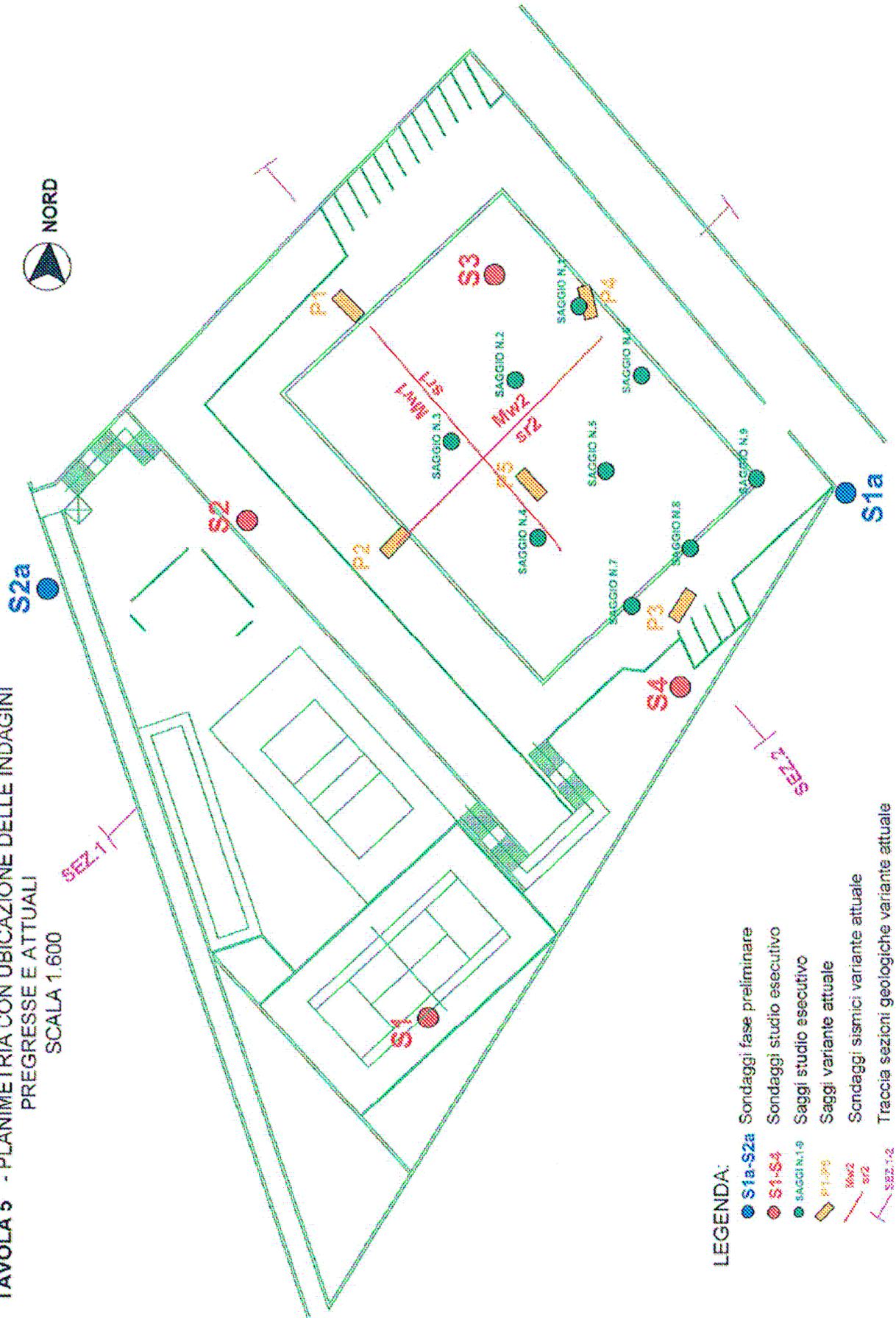
LEGENDA:

- ▼ PROVA PENETROMETRICA DPM
- SONDAGGIO A C.C. ESEGUITO IN PRECEDENZA
- SONDAGGIO SISMICO PASSIVO HVSR
- +11.0 QUOTE RELATIVE
- 501.00 QUOTE ASSOLUTE
- TRACCE SEZIONI LITOTECNICHE

TAVOLA 5 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

PREGRESSE E ATTUALI

SCALA 1.600



LEGENDA:

- S1a-S2a Sondaggi fase preliminare
- S1-S4 Sondaggi studio esecutivo
- SAGGIO N.1-9 Saggi studio esecutivo
- ▭ P1-P5 Saggi variante attuale
- Mw1, Mw2 Sondaggi sismici variante attuale
- SEZ.1,2 Traccia sezioni geologiche variante attuale

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE – DPM

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi ·) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

peso massa battente M

altezza libera caduta H

punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura ·)

avanzamento (penetrazione) ·

presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,76
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°



Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} Formula degli Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	= resistenza dinamica punta (area A);
e	= infissione media per colpo (δ/ N);
M	= peso massa battente (altezza caduta H);
P	= peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

L'esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Principali correlazioni geotecniche utilizzate

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato. La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983. Riferita ad argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$. Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Begemann.
- De Beer.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

PENNY 30
 15/06/2019
 7,80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	3	0,857	10,30	12,03	0,52	0,60
0,20	6	0,855	20,56	24,05	1,03	1,20
0,30	8	0,853	27,35	32,07	1,37	1,60
0,40	8	0,851	27,29	32,07	1,36	1,60
0,50	6	0,849	20,42	24,05	1,02	1,20
0,60	5	0,847	16,98	20,04	0,85	1,00
0,70	5	0,845	16,94	20,04	0,85	1,00
0,80	4	0,843	13,52	16,04	0,68	0,80
0,90	3	0,842	10,12	12,03	0,51	0,60
1,00	3	0,840	9,49	11,30	0,47	0,56
1,10	3	0,838	9,47	11,30	0,47	0,56
1,20	3	0,836	9,45	11,30	0,47	0,56
1,30	5	0,835	15,71	18,83	0,79	0,94
1,40	4	0,833	12,55	15,06	0,63	0,75
1,50	3	0,831	9,39	11,30	0,47	0,56
1,60	4	0,830	12,50	15,06	0,62	0,75
1,70	4	0,828	12,47	15,06	0,62	0,75
1,80	4	0,826	12,45	15,06	0,62	0,75
1,90	2	0,825	6,21	7,53	0,31	0,38
2,00	3	0,823	8,77	10,65	0,44	0,53
2,10	3	0,822	8,75	10,65	0,44	0,53
2,20	3	0,820	8,74	10,65	0,44	0,53
2,30	3	0,819	8,72	10,65	0,44	0,53
2,40	3	0,817	8,70	10,65	0,44	0,53
2,50	3	0,816	8,69	10,65	0,43	0,53
2,60	4	0,814	11,56	14,20	0,58	0,71
2,70	4	0,813	11,54	14,20	0,58	0,71
2,80	3	0,811	8,64	10,65	0,43	0,53
2,90	4	0,810	11,50	14,20	0,58	0,71
3,00	7	0,809	19,01	23,51	0,95	1,18
3,10	6	0,807	16,27	20,15	0,81	1,01
3,20	4	0,806	10,83	13,43	0,54	0,67
3,30	3	0,805	8,11	10,07	0,41	0,50
3,40	4	0,803	10,79	13,43	0,54	0,67
3,50	6	0,802	16,16	20,15	0,81	1,01
3,60	6	0,801	16,14	20,15	0,81	1,01
3,70	6	0,800	16,11	20,15	0,81	1,01
3,80	8	0,798	21,45	26,87	1,07	1,34
3,90	8	0,797	21,42	26,87	1,07	1,34
4,00	8	0,796	20,29	25,49	1,01	1,27
4,10	7	0,795	17,73	22,30	0,89	1,12
4,20	5	0,794	12,64	15,93	0,63	0,80
4,30	6	0,793	15,15	19,12	0,76	0,96
4,40	4	0,791	10,09	12,74	0,50	0,64
4,50	7	0,790	17,63	22,30	0,88	1,12
4,60	8	0,789	20,12	25,49	1,01	1,27
4,70	8	0,788	20,09	25,49	1,00	1,27
4,80	8	0,787	20,06	25,49	1,00	1,27
4,90	8	0,786	20,03	25,49	1,00	1,27
5,00	12	0,785	28,55	36,36	1,43	1,82
5,10	15	0,734	33,36	45,45	1,67	2,27
5,20	18	0,733	39,98	54,55	2,00	2,73
5,30	18	0,732	39,93	54,55	2,00	2,73
5,40	18	0,731	39,88	54,55	1,99	2,73
5,50	18	0,730	39,82	54,55	1,99	2,73

5,60	17	0,729	37,56	51,52	1,88	2,58
5,70	18	0,728	39,72	54,55	1,99	2,73
5,80	18	0,727	39,67	54,55	1,98	2,73
5,90	20	0,726	44,02	60,61	2,20	3,03
6,00	18	0,725	37,73	52,01	1,89	2,60
6,10	21	0,675	40,93	60,67	2,05	3,03
6,20	22	0,674	42,82	63,56	2,14	3,18
6,30	22	0,673	42,77	63,56	2,14	3,18
6,40	22	0,672	42,72	63,56	2,14	3,18
6,50	18	0,721	37,51	52,01	1,88	2,60
6,60	21	0,670	40,67	60,67	2,03	3,03
6,70	21	0,670	40,62	60,67	2,03	3,03
6,80	21	0,669	40,58	60,67	2,03	3,03
6,90	21	0,668	40,53	60,67	2,03	3,03
7,00	21	0,667	38,68	57,98	1,93	2,90
7,10	22	0,666	40,47	60,74	2,02	3,04
7,20	22	0,666	40,43	60,74	2,02	3,04
7,30	22	0,665	40,38	60,74	2,02	3,04
7,40	23	0,664	42,17	63,50	2,11	3,17
7,50	23	0,663	42,13	63,50	2,11	3,17
7,60	25	0,663	45,74	69,02	2,29	3,45
7,70	25	0,662	45,69	69,02	2,28	3,45
7,80	28	0,661	51,12	77,30	2,56	3,87

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassie Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer	
[1] - Limi organici sabbiosi	4,45	0,70	0,56	0,18	0,43	0,70	0,22	0,80	0,56
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	3,78	5,00	0,47	0,15	0,37	0,51	0,19	0,68	0,47
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	15,69	7,80	1,96	0,62	1,55	1,78	0,79	2,80	1,96

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	4,45	0,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderat. consistente
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	3,78	5,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco consistente
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	15,69	7,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	molto consistente

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PENNY 30
 Prova eseguita in data 15/06/2019
 Profondità prova 6,50 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	9	0,857	30,91	36,08	1,55	1,80
0,20	6	0,855	20,56	24,05	1,03	1,20
0,30	6	0,853	20,51	24,05	1,03	1,20
0,40	5	0,851	17,05	20,04	0,85	1,00
0,50	5	0,849	17,02	20,04	0,85	1,00
0,60	3	0,847	10,19	12,03	0,51	0,60

0,70	3	0,845	10,16	12,03	0,51	0,60
0,80	2	0,843	6,76	8,02	0,34	0,40
0,90	2	0,842	6,75	8,02	0,34	0,40
1,00	2	0,840	6,32	7,53	0,32	0,38
1,10	3	0,838	9,47	11,30	0,47	0,56
1,20	2	0,836	6,30	7,53	0,31	0,38
1,30	3	0,835	9,43	11,30	0,47	0,56
1,40	2	0,833	6,27	7,53	0,31	0,38
1,50	3	0,831	9,39	11,30	0,47	0,56
1,60	3	0,830	9,37	11,30	0,47	0,56
1,70	3	0,828	9,35	11,30	0,47	0,56
1,80	4	0,826	12,45	15,06	0,62	0,75
1,90	3	0,825	9,32	11,30	0,47	0,56
2,00	2	0,823	5,85	7,10	0,29	0,36
2,10	3	0,822	8,75	10,65	0,44	0,53
2,20	4	0,820	11,65	14,20	0,58	0,71
2,30	3	0,819	8,72	10,65	0,44	0,53
2,40	2	0,817	5,80	7,10	0,29	0,36
2,50	3	0,816	8,69	10,65	0,43	0,53
2,60	2	0,814	5,78	7,10	0,29	0,36
2,70	3	0,813	8,66	10,65	0,43	0,53
2,80	3	0,811	8,64	10,65	0,43	0,53
2,90	4	0,810	11,50	14,20	0,58	0,71
3,00	4	0,809	10,86	13,43	0,54	0,67
3,10	4	0,807	10,84	13,43	0,54	0,67
3,20	4	0,806	10,83	13,43	0,54	0,67
3,30	3	0,805	8,11	10,07	0,41	0,50
3,40	2	0,803	5,40	6,72	0,27	0,34
3,50	1	0,802	2,69	3,36	0,13	0,17
3,60	3	0,801	8,07	10,07	0,40	0,50
3,70	2	0,800	5,37	6,72	0,27	0,34
3,80	5	0,798	13,41	16,79	0,67	0,84
3,90	4	0,797	10,71	13,43	0,54	0,67
4,00	4	0,796	10,14	12,74	0,51	0,64
4,10	5	0,795	12,66	15,93	0,63	0,80
4,20	5	0,794	12,64	15,93	0,63	0,80
4,30	5	0,793	12,62	15,93	0,63	0,80
4,40	5	0,791	12,61	15,93	0,63	0,80
4,50	6	0,790	15,11	19,12	0,76	0,96
4,60	6	0,789	15,09	19,12	0,75	0,96
4,70	6	0,788	15,07	19,12	0,75	0,96
4,80	5	0,787	12,54	15,93	0,63	0,80
4,90	8	0,786	20,03	25,49	1,00	1,27
5,00	7	0,785	16,65	21,21	0,83	1,06
5,10	7	0,784	16,63	21,21	0,83	1,06
5,20	7	0,783	16,61	21,21	0,83	1,06
5,30	4	0,782	9,48	12,12	0,47	0,61
5,40	3	0,781	7,10	9,09	0,36	0,45
5,50	11	0,780	26,00	33,33	1,30	1,67
5,60	10	0,779	23,61	30,30	1,18	1,52
5,70	9	0,778	21,22	27,27	1,06	1,36
5,80	10	0,777	23,55	30,30	1,18	1,52
5,90	10	0,776	23,53	30,30	1,18	1,52
6,00	9	0,775	20,16	26,00	1,01	1,30
6,10	9	0,775	20,14	26,00	1,01	1,30
6,20	10	0,774	22,35	28,89	1,12	1,44
6,30	15	0,723	31,33	43,34	1,57	2,17
6,40	12	0,772	26,77	34,67	1,34	1,73
6,50	22	0,671	42,66	63,56	2,13	3,18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi-Le Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Limi organici sabbiosi	4,71	0,50	0,59	0,19	0,46	0,75	0,24	0,84 0,59
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnosei	2,82	5,40	0,35	0,12	0,27	0,38	0,14	0,50 0,35
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	8,78	6,50	1,10	0,35	0,86	1,02	0,44	1,57 1,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	4,71	0,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderat. consistente
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	2,82	5,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco consistente
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	8,78	6,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PENNY 30
 Prova eseguita in data 15/06/2019
 Profondità prova 3,50 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	10	0,857	34,34	40,09	1,72	2,00
0,20	12	0,855	41,11	48,11	2,06	2,41
0,30	9	0,853	30,77	36,08	1,54	1,80
0,40	5	0,851	17,05	20,04	0,85	1,00
0,50	5	0,849	17,02	20,04	0,85	1,00
0,60	5	0,847	16,98	20,04	0,85	1,00
0,70	5	0,845	16,94	20,04	0,85	1,00
0,80	4	0,843	13,52	16,04	0,68	0,80
0,90	4	0,842	13,49	16,04	0,67	0,80
1,00	3	0,840	9,49	11,30	0,47	0,56
1,10	3	0,838	9,47	11,30	0,47	0,56
1,20	2	0,836	6,30	7,53	0,31	0,38
1,30	3	0,835	9,43	11,30	0,47	0,56
1,40	2	0,833	6,27	7,53	0,31	0,38
1,50	3	0,831	9,39	11,30	0,47	0,56
1,60	4	0,830	12,50	15,06	0,62	0,75
1,70	2	0,828	6,24	7,53	0,31	0,38
1,80	3	0,826	9,34	11,30	0,47	0,56
1,90	5	0,825	15,53	18,83	0,78	0,94
2,00	4	0,823	11,69	14,20	0,58	0,71
2,10	15	0,772	41,09	53,25	2,05	2,66
2,20	11	0,820	32,03	39,05	1,60	1,95
2,30	15	0,769	40,93	53,25	2,05	2,66
2,40	15	0,767	40,85	53,25	2,04	2,66
2,50	18	0,766	48,93	63,91	2,45	3,20
2,60	18	0,764	48,84	63,91	2,44	3,20
2,70	21	0,713	53,15	74,56	2,66	3,73
2,80	19	0,761	51,36	67,46	2,57	3,37
2,90	18	0,760	48,57	63,91	2,43	3,20
3,00	21	0,709	49,98	70,52	2,50	3,53
3,10	18	0,757	45,78	60,45	2,29	3,02
3,20	19	0,756	48,24	63,81	2,41	3,19
3,30	18	0,755	45,62	60,45	2,28	3,02
3,40	25	0,703	59,05	83,96	2,95	4,20
3,50	30	0,702	70,74	100,75	3,54	5,04

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer	
[1] - Limi organici sabbiosi	7,85	0,30	0,98	0,32	0,77	1,24	0,39	1,40	0,98
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	2,77	2,00	0,35	0,11	0,27	0,42	0,14	0,50	0,35
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	14,23	3,50	1,78	0,56	1,40	1,95	0,71	2,54	1,78

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	7,85	0,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderat. consistente
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	2,77	2,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco consistente
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	14,23	3,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... PENNY 30
 Prova eseguita in data 15/06/2019
 Profondità prova 1,70 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	9	0,857	30,91	36,08	1,55	1,80
0,20	6	0,855	20,56	24,05	1,03	1,20
0,30	6	0,853	20,51	24,05	1,03	1,20
0,40	7	0,851	23,87	28,06	1,19	1,40
0,50	4	0,849	13,61	16,04	0,68	0,80
0,60	3	0,847	10,19	12,03	0,51	0,60
0,70	2	0,845	6,78	8,02	0,34	0,40
0,80	2	0,843	6,76	8,02	0,34	0,40
0,90	4	0,842	13,49	16,04	0,67	0,80
1,00	4	0,840	12,65	15,06	0,63	0,75
1,10	5	0,838	15,78	18,83	0,79	0,94
1,20	3	0,836	9,45	11,30	0,47	0,56
1,30	4	0,835	12,57	15,06	0,63	0,75
1,40	4	0,833	12,55	15,06	0,63	0,75
1,50	3	0,831	9,39	11,30	0,47	0,56
1,60	3	0,830	9,37	11,30	0,47	0,56
1,70	22	0,728	60,31	82,85	3,02	4,14

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassile	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Limi organici sabbiosi	5,32	0,40	0,67	0,22	0,52	0,84	0,27	0,95	0,67
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	2,6	1,60	0,33	0,11	0,25	0,40	0,13	0,46	0,33

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	5,32	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	2,6	1,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

PENNY 30
 15/06/2019
 4,90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	9	0,857	30,91	36,08	1,55	1,80
0,20	7	0,855	23,98	28,06	1,20	1,40
0,30	6	0,853	20,51	24,05	1,03	1,20
0,40	6	0,851	20,46	24,05	1,02	1,20
0,50	4	0,849	13,61	16,04	0,68	0,80
0,60	3	0,847	10,19	12,03	0,51	0,60
0,70	3	0,845	10,16	12,03	0,51	0,60
0,80	2	0,843	6,76	8,02	0,34	0,40
0,90	3	0,842	10,12	12,03	0,51	0,60
1,00	3	0,840	9,49	11,30	0,47	0,56
1,10	3	0,838	9,47	11,30	0,47	0,56
1,20	4	0,836	12,60	15,06	0,63	0,75
1,30	4	0,835	12,57	15,06	0,63	0,75
1,40	4	0,833	12,55	15,06	0,63	0,75
1,50	3	0,831	9,39	11,30	0,47	0,56
1,60	3	0,830	9,37	11,30	0,47	0,56
1,70	3	0,828	9,35	11,30	0,47	0,56
1,80	3	0,826	9,34	11,30	0,47	0,56
1,90	3	0,825	9,32	11,30	0,47	0,56
2,00	3	0,823	8,77	10,65	0,44	0,53
2,10	4	0,822	11,67	14,20	0,58	0,71
2,20	4	0,820	11,65	14,20	0,58	0,71
2,30	3	0,819	8,72	10,65	0,44	0,53
2,40	3	0,817	8,70	10,65	0,44	0,53
2,50	2	0,816	5,79	7,10	0,29	0,36
2,60	2	0,814	5,78	7,10	0,29	0,36
2,70	3	0,813	8,66	10,65	0,43	0,53
2,80	3	0,811	8,64	10,65	0,43	0,53
2,90	3	0,810	8,63	10,65	0,43	0,53
3,00	3	0,809	8,15	10,07	0,41	0,50
3,10	4	0,807	10,84	13,43	0,54	0,67
3,20	4	0,806	10,83	13,43	0,54	0,67
3,30	3	0,805	8,11	10,07	0,41	0,50
3,40	2	0,803	5,40	6,72	0,27	0,34
3,50	2	0,802	5,39	6,72	0,27	0,34
3,60	3	0,801	8,07	10,07	0,40	0,50
3,70	2	0,800	5,37	6,72	0,27	0,34
3,80	5	0,798	13,41	16,79	0,67	0,84
3,90	6	0,797	16,06	20,15	0,80	1,01
4,00	6	0,796	15,22	19,12	0,76	0,96
4,10	8	0,795	20,26	25,49	1,01	1,27
4,20	8	0,794	20,23	25,49	1,01	1,27
4,30	11	0,793	27,77	35,04	1,39	1,75
4,40	8	0,791	20,17	25,49	1,01	1,27
4,50	3	0,790	7,55	9,56	0,38	0,48
4,60	22	0,689	48,31	70,09	2,42	3,50
4,70	18	0,738	42,33	57,35	2,12	2,87
4,80	13	0,737	30,53	41,42	1,53	2,07
4,90	30	0,686	65,57	95,58	3,28	4,78

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1985) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Begemann	De Beer	
[1] - Limi organici sabbiosi	5,32	0,40	0,67	0,22	0,52	0,84	0,48	0,95	0,67
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose con trovanti gessosi	2,89	4,50	0,36	0,12	0,28	0,40	0,26	0,52	0,36
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastrò, limose e leggermente sabbiose con trovanti di gesso alabastrino e selenitico	15,77	4,90	1,97	0,62	1,56	1,98	1,36	2,82	1,97

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	5,32	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose con trovanti gessosi	2,89	4,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose con trovanti di gesso alabastrino e selenitico	15,77	4,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

PENNY 30
 15/06/2019
 4,90 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	3,43	4,01	0,17	0,20
0,20	1	0,855	3,43	4,01	0,17	0,20
0,30	1	0,853	3,42	4,01	0,17	0,20
0,40	1	0,851	3,41	4,01	0,17	0,20
0,50	1	0,849	3,40	4,01	0,17	0,20
0,60	1	0,847	3,40	4,01	0,17	0,20
0,70	1	0,845	3,39	4,01	0,17	0,20
0,80	4	0,843	13,52	16,04	0,68	0,80
0,90	4	0,842	13,49	16,04	0,67	0,80
1,00	4	0,840	12,65	15,06	0,63	0,75
1,10	7	0,838	22,09	26,36	1,10	1,32
1,20	10	0,836	31,49	37,66	1,57	1,88
1,30	9	0,835	28,28	33,89	1,41	1,69
1,40	9	0,833	28,23	33,89	1,41	1,69
1,50	7	0,831	21,91	26,36	1,10	1,32
1,60	6	0,830	18,74	22,59	0,94	1,13
1,70	5	0,828	15,59	18,83	0,78	0,94
1,80	4	0,826	12,45	15,06	0,62	0,75
1,90	6	0,825	18,63	22,59	0,93	1,13
2,00	6	0,823	17,54	21,30	0,88	1,07
2,10	6	0,822	17,50	21,30	0,88	1,07
2,20	6	0,820	17,47	21,30	0,87	1,07
2,30	6	0,819	17,44	21,30	0,87	1,07
2,40	8	0,817	23,21	28,40	1,16	1,42
2,50	9	0,816	26,06	31,95	1,30	1,60
2,60	12	0,814	34,69	42,60	1,73	2,13
2,70	12	0,813	34,63	42,60	1,73	2,13
2,80	11	0,811	31,69	39,05	1,58	1,95
2,90	12	0,810	34,51	42,60	1,73	2,13
3,00	16	0,759	40,76	53,73	2,04	2,69
3,10	14	0,757	35,61	47,01	1,78	2,35
3,20	15	0,756	38,08	50,37	1,90	2,52
3,30	16	0,755	40,55	53,73	2,03	2,69
3,40	15	0,753	37,95	50,37	1,90	2,52
3,50	15	0,752	37,89	50,37	1,89	2,52
3,60	16	0,751	40,35	53,73	2,02	2,69
3,70	16	0,750	40,28	53,73	2,01	2,69
3,80	15	0,748	37,70	50,37	1,88	2,52
3,90	19	0,747	47,68	63,81	2,38	3,19
4,00	18	0,746	42,78	57,35	2,14	2,87
4,10	21	0,695	46,49	66,90	2,32	3,35
4,20	21	0,694	46,41	66,90	2,32	3,35
4,30	20	0,743	47,31	63,72	2,37	3,19
4,40	22	0,691	48,46	70,09	2,42	3,50
4,50	22	0,690	48,38	70,09	2,42	3,50
4,60	24	0,689	52,70	76,46	2,63	3,82
4,70	28	0,688	61,39	89,20	3,07	4,46
4,80	28	0,687	61,29	89,20	3,06	4,46
4,90	33	0,636	66,87	105,13	3,34	5,26

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Limi organici sabbiosi	1,44	1,00	0,18	0,06	0,14	0,23	0,07	0,26	0,18
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	6,35	3,00	0,79	0,26	0,62	0,91	0,32	1,13	0,79
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	15,12	4,90	1,89	0,60	1,49	1,94	0,76	2,70	1,89

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi organici sabbiosi	1,44	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	privo di consistenza
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro, gessose e leggermente marnose	6,35	3,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderat. consistente
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	15,12	4,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	molto consistente

PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato... PENNY 30
 Prova eseguita in data 15/06/2019
 Profondità prova 4,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	9	0,857	30,91	36,08	1,55	1,80
0,20	9	0,855	30,84	36,08	1,54	1,80
0,30	12	0,853	41,02	48,11	2,05	2,41
0,40	10	0,851	34,11	40,09	1,71	2,00
0,50	5	0,849	17,02	20,04	0,85	1,00
0,60	5	0,847	16,98	20,04	0,85	1,00
0,70	5	0,845	16,94	20,04	0,85	1,00
0,80	5	0,843	16,90	20,04	0,85	1,00
0,90	5	0,842	16,87	20,04	0,84	1,00
1,00	3	0,840	9,49	11,30	0,47	0,56
1,10	3	0,838	9,47	11,30	0,47	0,56
1,20	2	0,836	6,30	7,53	0,31	0,38
1,30	2	0,835	6,29	7,53	0,31	0,38
1,40	3	0,833	9,41	11,30	0,47	0,56
1,50	4	0,831	12,52	15,06	0,63	0,75
1,60	4	0,830	12,50	15,06	0,62	0,75
1,70	4	0,828	12,47	15,06	0,62	0,75
1,80	2	0,826	6,22	7,53	0,31	0,38
1,90	2	0,825	6,21	7,53	0,31	0,38
2,00	3	0,823	8,77	10,65	0,44	0,53
2,10	3	0,822	8,75	10,65	0,44	0,53
2,20	5	0,820	14,56	17,75	0,73	0,89
2,30	3	0,819	8,72	10,65	0,44	0,53
2,40	4	0,817	11,60	14,20	0,58	0,71
2,50	3	0,816	8,69	10,65	0,43	0,53
2,60	4	0,814	11,56	14,20	0,58	0,71
2,70	5	0,813	14,43	17,75	0,72	0,89
2,80	5	0,811	14,40	17,75	0,72	0,89
2,90	7	0,810	20,13	24,85	1,01	1,24
3,00	15	0,759	38,22	50,37	1,91	2,52
3,10	15	0,757	38,15	50,37	1,91	2,52
3,20	19	0,756	48,24	63,81	2,41	3,19
3,30	18	0,755	45,62	60,45	2,28	3,02

3,40	17	0,753	43,01	57,09	2,15	2,85
3,50	18	0,752	45,46	60,45	2,27	3,02
3,60	18	0,751	45,39	60,45	2,27	3,02
3,70	18	0,750	45,31	60,45	2,27	3,02
3,80	18	0,748	45,24	60,45	2,26	3,02
3,90	27	0,697	63,22	90,67	3,16	4,53
4,00	32	0,646	65,86	101,95	3,29	5,10
4,10	38	0,645	78,07	121,06	3,90	6,05
4,20	42	0,594	79,44	133,81	3,97	6,69

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

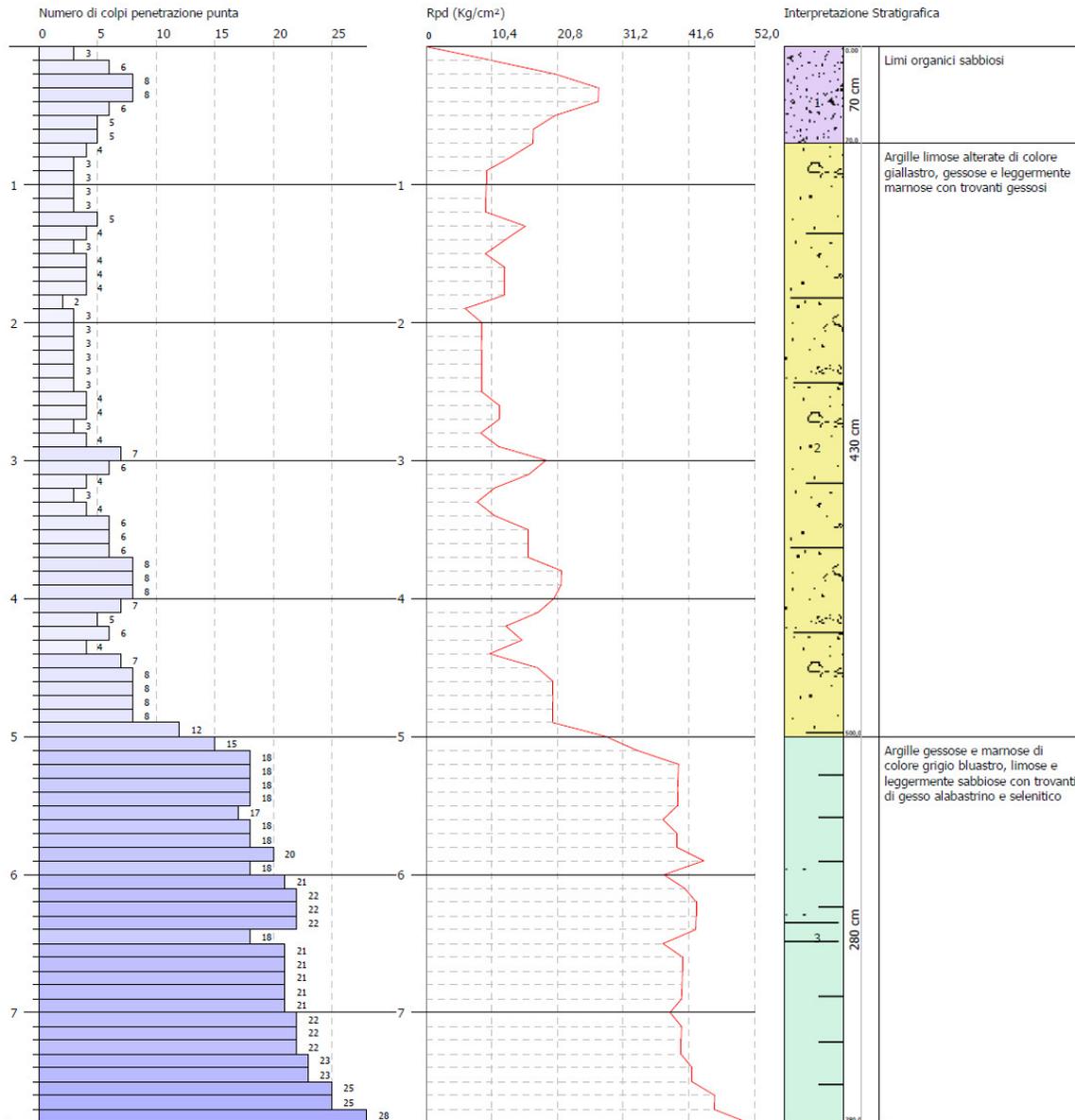
TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Sanglerat	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Argilla-limosa	5,49	0,90	0,69	0,22	0,54	0,87	0,27	0,98	0,69
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro	2,7	2,90	0,34	0,11	0,26	0,39	0,14	0,48	0,34
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	13,91	3,90	1,74	0,55	1,37	1,84	0,70	2,48	1,74
[4] - trovante gessoso	28,37	4,20	3,55	1,07	2,82	3,57	1,42	5,07	3,55

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla-limosa	5,49	0,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderat. consistente
[2] - Argille limose alterate di colore giallastro	2,7	2,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco consistente
[3] - Argille gessose e marnose di colore grigio bluastro, limose e leggermente sabbiose	13,91	3,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente
[4] - trovante gessoso	28,37	4,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	molto consistente

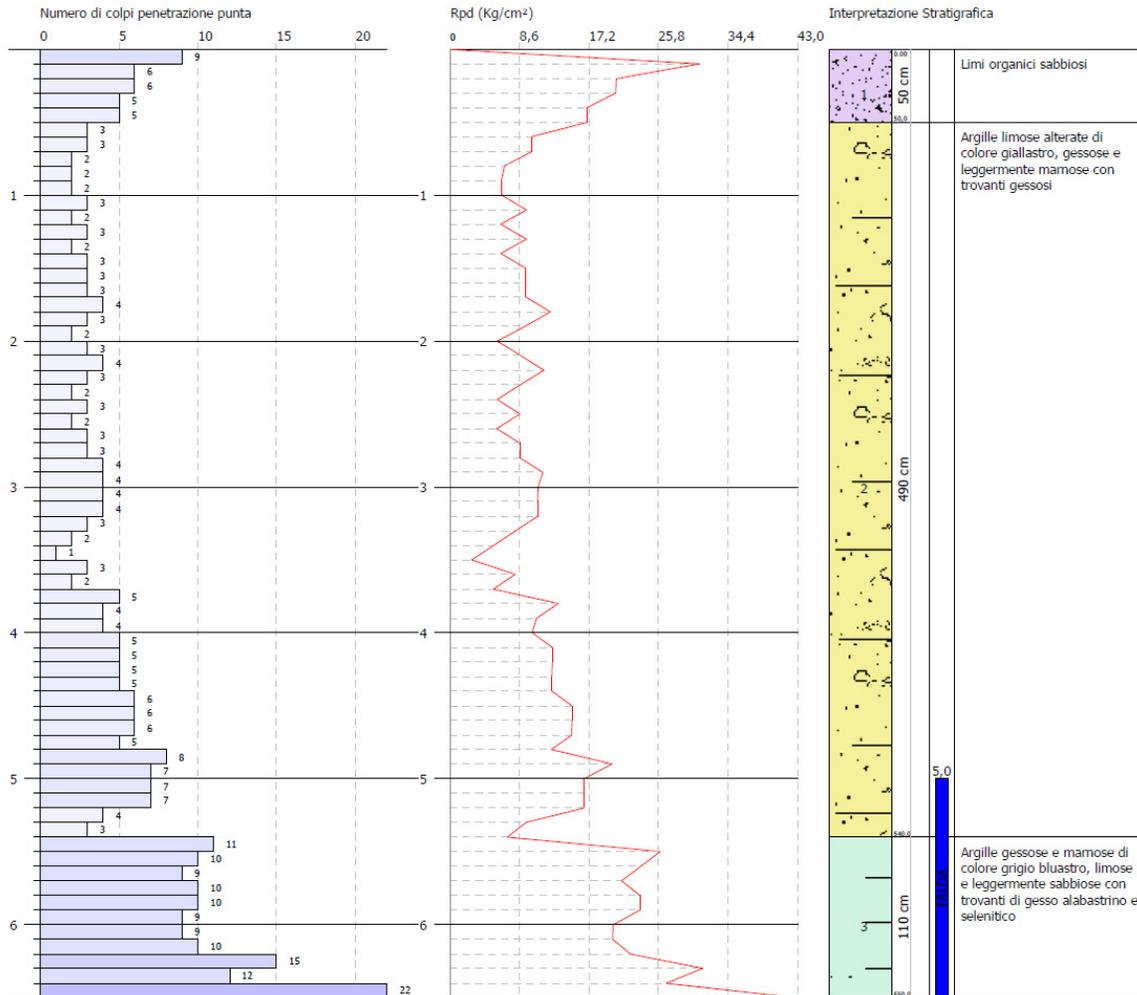


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: comune di Alessandria della Rocca
 Cantiere: completamenti impianti sportivi
 Località: Madonna della Rocca

Data: 18/06/2019

Scala

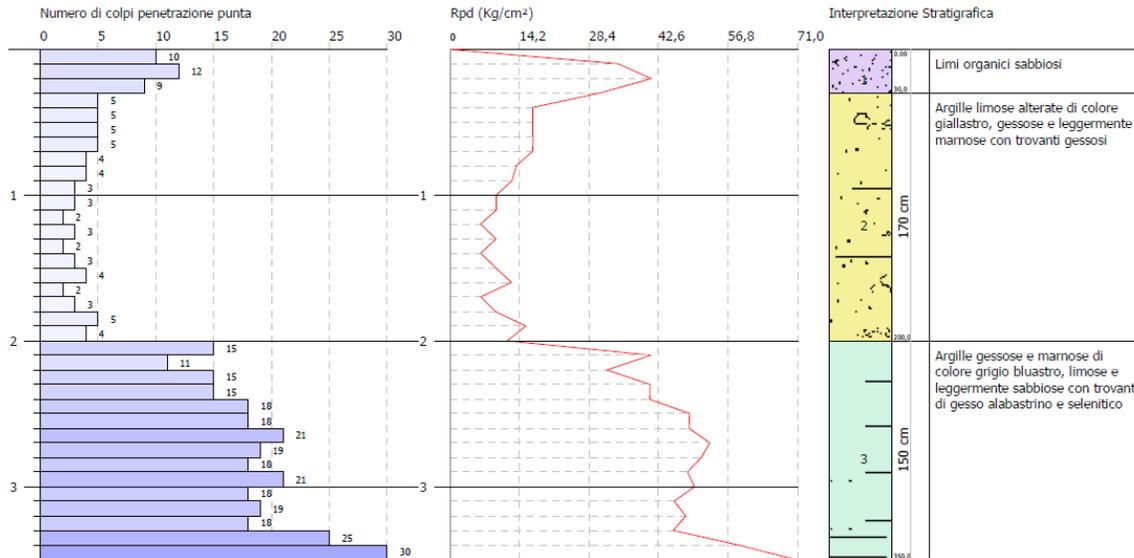


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: comune di Alessandria della Rocca
 Cantiere: completamenti impianti sportivi
 Località: Madonna della Rocca

Data: 15/06/2019

Scala

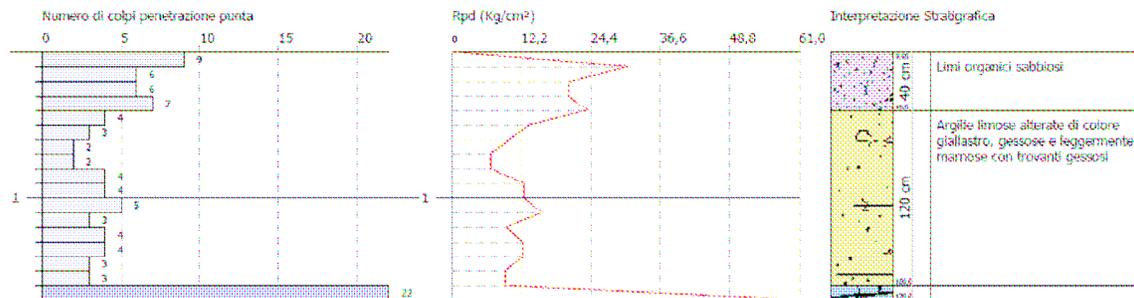


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: comune di Alessandria della Rocca
 Cantiere: completamenti impianti sportivi
 Località: Madonna della Rocca

Data: 15/06/2019

Scala

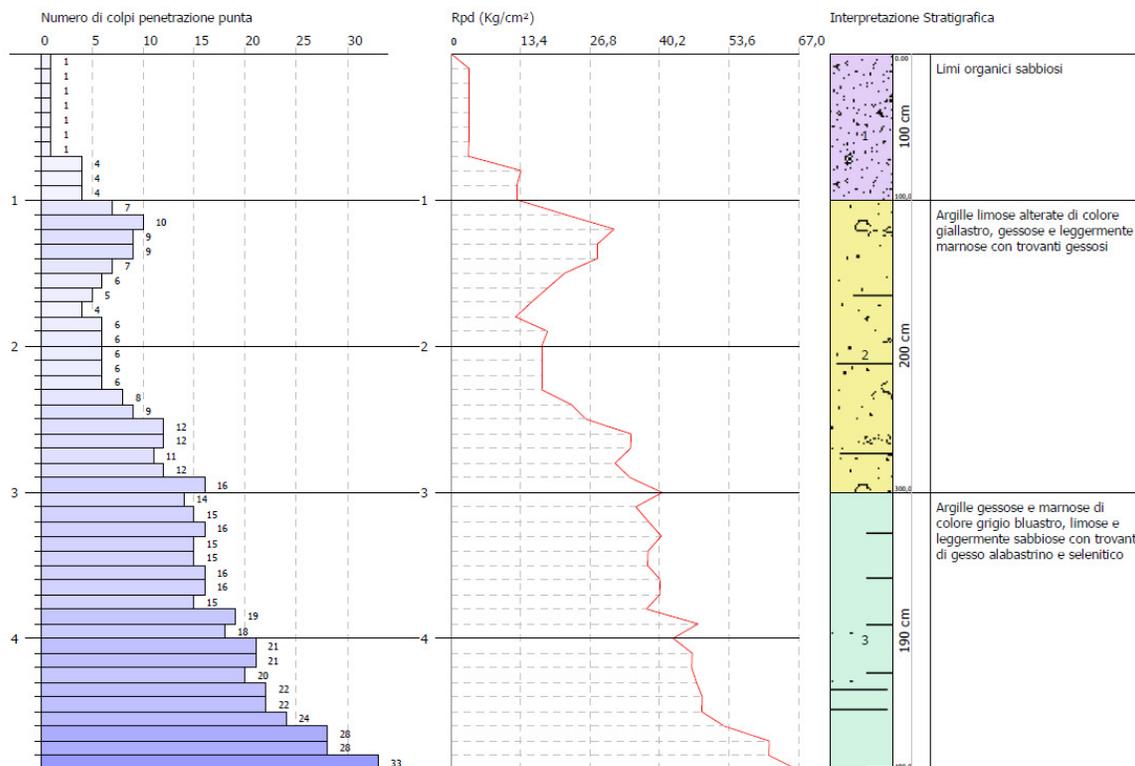


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: comune di Alessandria della Rocca
 Cantiere: completamenti impianti sportivi
 Località: Madonna della Rocca

Data: 15/06/2019

Scala

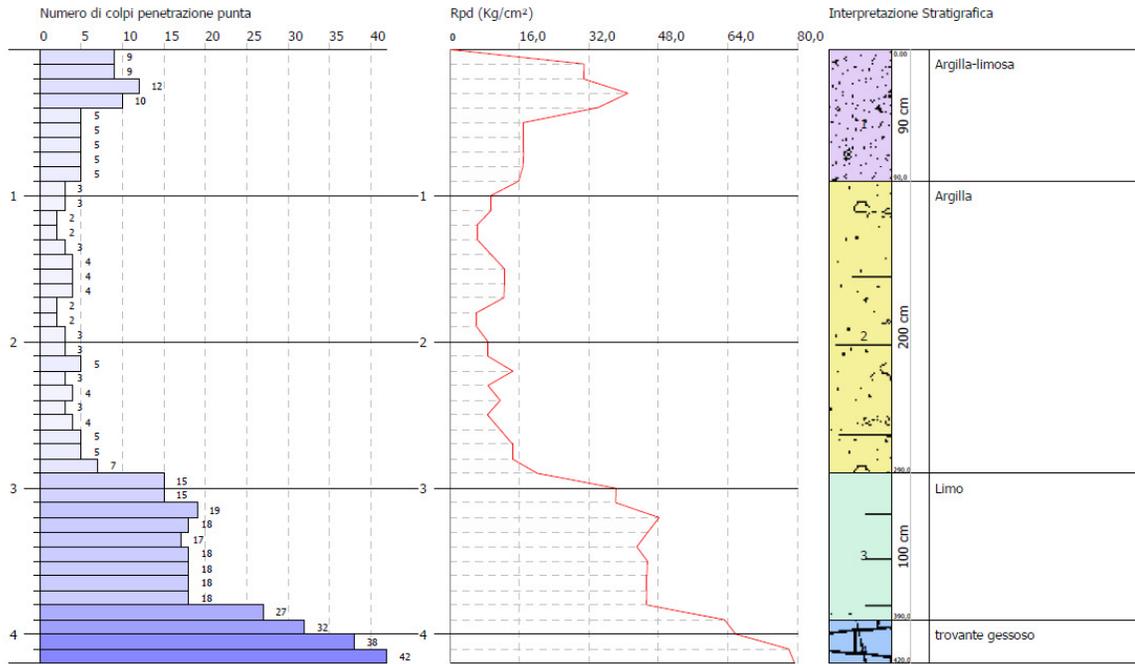


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: comune di Alessandria della Rocca
 Cantiere: completamenti impianti sportivi
 Località: Madonna della Rocca

Data: 15/06/2019

Scala:



RELAZIONE SULL'INDAGINE SISMICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI (HVSr)

Cenni generali sul metodo

La sismica passiva a stazione singola è una tecnica di esplorazione del sottosuolo introdotta da Kanai negli anni '50 (Kanai et al., 1945); successivamente, dai primi studi di Kanai in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica si è diffusa in campo applicativo solo negli anni '90 grazie al lavoro di Nakamura (1989).

La tecnica HVSr prevede di calcolare il rapporto, in funzione della frequenza, tra gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale del moto (H/V) dovuto ai microtremiti (rumore sismico).

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è infatti presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

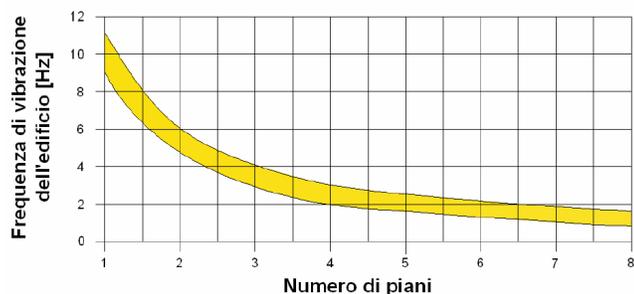
A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Le misure a stazione singola del tremore sismico consentono attraverso l'analisi dei rapporti spettrali, di ricavare direttamente la frequenza (F) fondamentale di risonanza del sottosuolo, immediatamente correlabile al periodo (T) di oscillazione proprio del sito ($T = 1/F$), senza la necessità di ricorrere all'impiego di correlazioni empiriche.

La frequenza principale di risonanza del sottosuolo, costituisce infatti il parametro fondamentale per gli ingegneri, i quali devono assolutamente evitare i fenomeni di doppia risonanza, (coincidenza delle frequenze di vibrazione proprie del sottosuolo con quelle degli edifici), che costituiscono la vera causa delle distruzioni causate da un terremoto.

In prima approssimazione la frequenza di risonanza di un edificio è legata all'altezza dello stesso e può essere calcolata, secondo la formula:

$$F_r \text{ naturale edificio} = 10 \text{ Hz} / \text{numero di piani.}$$



La frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo risulta quindi un parametro la cui correlazione con gli effetti di sito è ben più significativa di quella del V_{S30} , che viene richiesto a livello della normativa nazionale.

La prova H/V si dimostra altresì efficace nell'individuare la presenza di strati (bedrock o assimilabili al bedrock) che possono indurre amplificazioni particolari, anche quando questi risultino molto profondi e non raggiungibili dalle indagini convenzionali. A differenza delle tecniche in array basate su onde di superficie, la tecnica H/V non si fonda sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli (mentre la sua inversione naturalmente sì) e può pertanto indicare anche situazioni non 1D.

Le misure di microtremore a stazione singola, in presenza di un vincolo (profondità di un riflettore di cui si riconosca il marker nella curva H/V oppure del valore di V_s dello strato superficiale), permettono di stimare sia la stratigrafia superficiale che il V_{S30} , e di ricostruire un modello geofisico del sottosuolo, che può essere utilizzato per la valutazione degli effetti sismici di sito (*Castellaro e Mulargia, 2009*).

Basi teoriche e metodologia di analisi

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato di copertura e sottostante bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato e si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (*condizione di risonanza*) quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza f_r dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

V_1	ρ_1] H
V_2	ρ_2	

$$f_r = V_{s1}/4H \quad [1]$$

Se assumiamo che in un semispazio due strati differiscano, in modo rilevante, in termini di velocità sismica e densità (contrasto di impedenza), e che la risonanza sia legata alla lunghezza d'onda incidente pari a 4 volte lo spessore h del primo strato si può ricavare una stima della profondità del riflettore sismico dal riconoscimento della frequenza di risonanza propria del sottosuolo (*IBSVON SEHT e WOHLBERG, 1999*). Dunque il riconoscimento della frequenza di risonanza propria del sito, ricavato dal rapporto spettrale H/V del rumore sismico, permette, nota una conoscenza delle V_s (come sopra menzionato), la determinazione delle profondità delle coltri sedimentarie.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze

di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede in primo luogo l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per

-il contenuto in frequenza,

-la risposta strumentale

-l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS Assesment using Ambient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati.

Strumentazione utilizzata

Per le misure del rumore sismico è stato utilizzato l'acquisitore dati HVSR: Gemini-4 prodotto dalla PASI srl. Si tratta di uno strumento, in un unico contenitore waterproof, che integra una terna di geofoni con frequenza di risonanza 4,5 Hz (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati a 24 bit reali appositamente progettato.

Collegato al computer, tramite l'interfaccia USB, Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati tramite il software dedicato in dotazione.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani; assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto SESAME:

- asse Z = geofono verticale = direzione Up-Down

- asse X = geofono orizzontale = direzione East-West

- asse Y = geofono orizzontale = direzione North-South

L'etichetta e la livella a bolla sul corpo dello strumento permettono il corretto orientamento e posizionamento. Le operazioni di livellamento su pavimentazioni rigide sono possibili montando sulla terna gli appositi piedini regolabili mentre per l'utilizzo su terreno, si usano gli appositi puntali in dotazione.

Caratteristiche tecniche nominali della terna di geofoni Gemini-4 (temp.di rif.=20°C)

Frequenza Naturale	4.5Hz ± 10%
Sensibilità	0.28V/cm · s ⁻¹ ± 5%
Resistenza interna	345Ω ± 5%
Smorzamento (dumping)	0.7±10%
Distorsione armonica	≤ 0.2%
Impedenza d'ingresso	≥ 10MΩ
Temperatura d'utilizzo	-25°C ~+55°C
Dimensioni	Ø106 x 78mm
Peso	1,5 kg

Specifiche tecniche del software e dell'elettronica di campionamento:

Frequenze di campionamento	20, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz
Risoluzione della conversione A/D	24 bit reali
Durata delle acquisizioni	da 1 minuto a 30 minuti
Numero di segnali acquisiti	3
Dinamica massima teorica	144 dB
Rapporto S/N a Fc=1KHz	117 dB
Rapporto S/N a Fc=8KHz	109 dB
Banda passante a Fc=1KHz	110 Hz, proporzionale a Fc

Procedura di acquisizione ed interpretazione dati

Le misure di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti ciascuna, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 200 Hz ossia una terna di letture ogni 5 ms.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto e la curva HVSR attraverso le elaborazioni effettuate con l'apposito software dedicato Eliosoft WinMasw. Per l'analisi del segnale sono stati in primo luogo utilizzati i seguenti parametri di elaborazione e le seguenti procedure:

- rimozione manuale di eventi transienti ancora presenti;
- larghezza delle finestre d'analisi 40 s;
- tapering 10%;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

Attraverso l'apposito programma è stata ricavata la curva H/V in funzione della frequenza al fine di individuare i picchi presenti e di conseguenza la frequenza fondamentale di risonanza del terreno. Sono stati valutati i criteri SESAME inerenti l'affidabilità della curva H/V e del suo picco. Le analisi rispetto i criteri SESAME sono svolte considerando i dati nell'intervallo 0.5 - 15Hz (ambito di interesse ingegneristico). La curva H/V è stata confrontata con una curva sintetica ricavata da un modello geologico del sottosuolo basato su dati certi di natura geognostica e geofisica relativi all'area in esame. L'elaborazione di detto modello di partenza ha permesso il miglior fittaggio tra la curva teorica e la curva di campagna fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Il modello del sottosuolo così definito è stato assunto come modello geologico di progetto. Ciò ha consentito di ricavare il valore di Vs₃₀ riferito alla quota delle fondazioni previsto e di attribuire al sito una categoria di suolo di fondazione come prevede la normativa sismica.

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio HVSR 1

Date: 15 6 2019

Time: 13 13

Dataset: SITE_20190614_1414 alessandria della rocca 1.SAF

Sampling frequency (Hz): 100

Window length (sec): 40

Length of analysed temporal sequence (min): 15.9

Tapering (%): 10

=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 7.5 (± 2.2)

Peak HVSR value: 5.3 (± 1.1)

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

- #1. [$f_0 > 10/Lw$]: 7.5 > 0.25 (OK)
- #2. [$nc > 200$]: 13843 > 200 (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

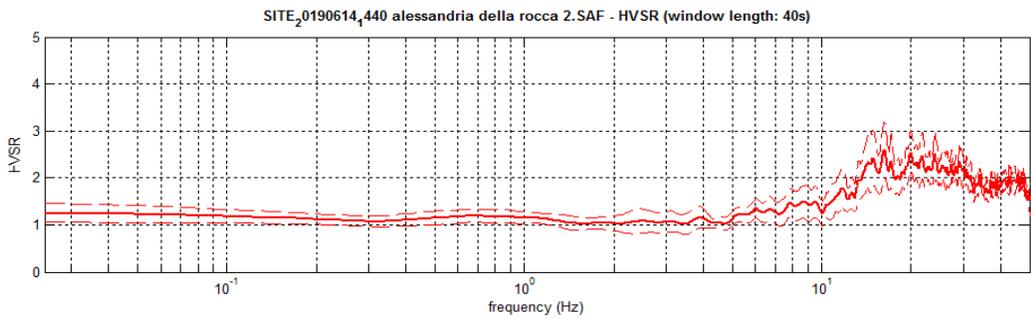
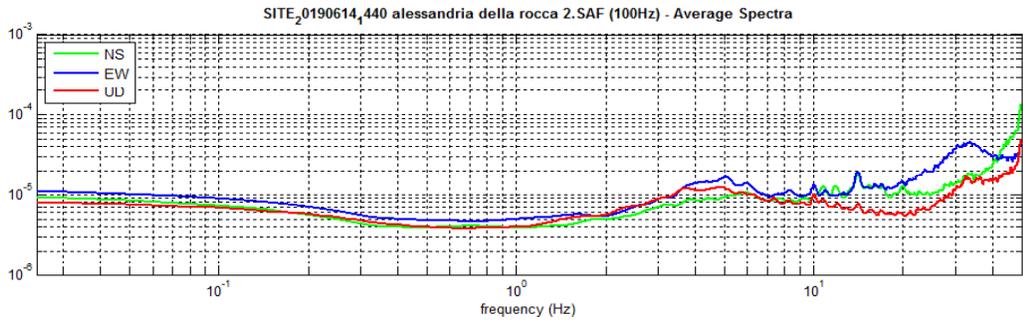
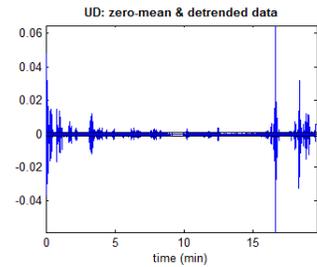
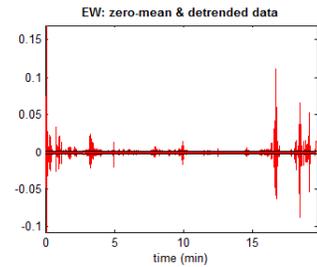
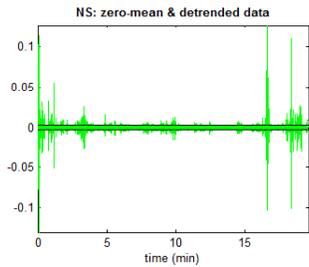
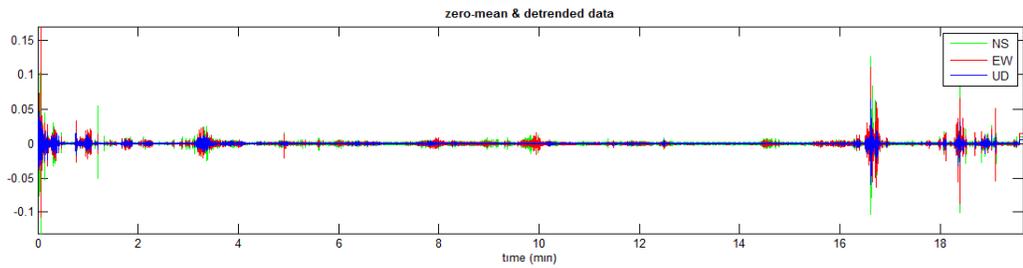
- #1. [exists f^- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes, at frequency 5.3Hz (OK)
- #2. [exists f^+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes, at frequency 10.3Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: 5.3 > 2 (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)
- #5. [$\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$]: 2.204 > 0.376 (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 1.039 < 1.58 (OK)

(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine 37.559371 Longitudine 13.456196

(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine 37.560440 Longitudine 13.457046

HVSR 1

Progetto: Compl. Impianti sportivi
 Localita : Madonna della rocca
 Comune: Alessandria della Rocca

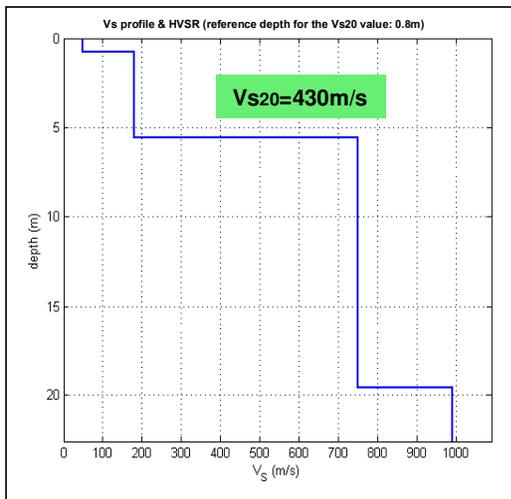
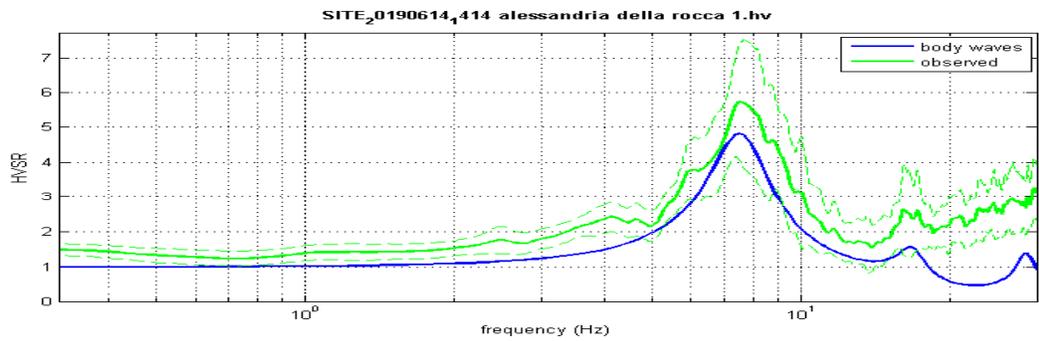


(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine 37.559371 Longitudine 13.456196

(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine 37.560440 Longitudine 13.457046

HVSR 1

Progetto: Compl. Impianti sportivi
 Località : Madonna della rocca
 Comune: Alessandria della Rocca



Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
50	0.4	0.77
180	0.37	4.8
750	0.3	14
990	0.28	0



TAVOLA 7 - POZZETTI ESPLORATIVI
scala 1:150

P1

QUOTA (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
0.00		Argilla detritica grigio scura - riparto
0.30		Argilla sabbiosa giallastra non plastica
1.50		Argilla di colore blu scuro dura e scagliettata con forte odore di zolfo

P4

QUOTA (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
1.30		Argilla sabbiosa detritica grigiastra umida - riparto
2.30		Argilla sabbiosa giallastra compatta non plastica

P2

QUOTA (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
0.40		Argilla detritica grigio scuro - riparto
1.20		Argilla sabbiosa giallastra non plastica
1.50		Argilla di colore blu scuro dura e scagliettata con vetri colorati e pezzetti

P5

QUOTA (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
1.10		Argilla detritica grigio nerastro - riparto
1.50		Argilla sabbiosa giallastra non plastica

P3

QUOTA (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
1.00		Argilla detritica nerastro - riparto
		Argilla detritica nerastro plastica
2.00		Argilla sabbiosa grigio giallastra mediamente plastica

Committente COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA		Località		Lavoro: COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE				
Sondaggio S1a		Tipo Carotaggio carotaggio continuo	Intero/Parziale Esecuzione	Data esecuzione				
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Falda	Note
1		Terrano agrario - detritico	1.00					
2		Argille giallastre marnose con intercalazioni di argille azzurre						
3								
4			5.00					
5		Argille grigio-azzurre scagliettate						
6								
7								
8								
9								
10								
11							10.50	
12							S	
13							11.90	
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20			20.00					
21								
22								
23								
24								

Committente		Località		Lavoro				
COMUNE DI ALFEBANDRIA DELLA ROCCA				COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE				
Sondaggio		Tipo Carotaggio		Intervalle Esplorazione		Data esecuzione		
S2a		carotaggio continuo						
Quota (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Profilo	Note
1		Terreno agrario - detritico	1.00					
2		Argille grigiastre marmose con intercalazioni di argilla azzurrina						
3						S-02		
4						S-42		
5								
6				6.50				
7		Argille grigio-azzurre scagliettate						
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20			20.00					
21								
22								
23								
24								

Comitente COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA		Località		Lavoro: COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE			
Sondaggio S1		Tipo Carotaggio Carotaggio continuo		Incluzione Desolatore		Dato esodite	
Quota (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Note
1		Terrano agrario di colore bruno nerastro, con piccoli inclusi calcarei e spigoli vivi	0.00				
2		Argille limose di colore bruno con piccoli inclusi calcarei passanti ad argille giallastre scagliose (2.60 m) e argille giallastre marmose				2.70	
3						2.90	
4							4.10
5		Argille grigio giallastre (4.90) passanti ad argille grigio-bluastre scagliose e con veli di calcite	4.60			4.10	
6						4.90	
7							
8		Troncone di gesso cambiato come ghisa	6.30				
9		Argille grigio-bluastre scagliose e con veli di calcite	6.60				
10							
11				10.90			
12		Livello di limi sabbiosi grigio-blundi con travertini piososi di colore scuro					
13							
14				14.00			
15		Argille grigio-bluastre scagliose e con veli di calcite					
16							
17				17.23			
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							

Committente		Località		Lavori				
COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA				COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE				
Sondaggio		Tipo Carotaggio	Struttura Escavazione	Ditta esecutrice				
52		carotaggio continuo						
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cm ²	Campioni	Spesi	Note
1		Terrino agrario di colore giallo-ocra	1.00					
2		Sabbie giallastre molto addensate						
3			4.00					
4		trovate gessoso carolato come ghiaia	5.00					
5		Argille grigio-bluastrre leggermente scagiose				4 20 5 4 40		
6								
7								
8								
9			10.00					
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Committente COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA		Località		Lavoro COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPENSIONE				
Sondaggio 53		Tipo Carotaggio carotaggio continuo		INIZIO/FINE ESTERNO		Data esecuzione		
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Foto	Note
1		Terreno agrario limoso di colore bruno nerastro, con piccoli ciottoli calcarei	2.00					
2								
3		Argilla limosa giallastre passanti ad argilla limosa di colore bruno, plastiche e con presenza di sostanze organiche						
4								
5								
6								
7		Argille grigio-bluestre passanti ad argille grigio-scaglieose miste ad argille sficala e trovanti di gesso e veti di minerali di zolfo	7.00					
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14			16.00					
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Committente COPRINE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA		Lavoro COSTRUZIONE IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE						
Stratigrafo 54	Tipo Carotaggio carotaggio continuo	Stratigrafia basecarata	Orta esecutiva					
Profondità (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carot.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Foto	Note
1		Tenere agrario limoso di colore ocra	1.00					
2		Lim. argillosi di colore giallo ocra	2.50					
3		Argille bruciate sabbiose con volchi di gesso e tronchi di varie dimensioni sempre di natura gessosa				100		
4						120		
5								
6		tronchi di gesso	6.50					
7		Argille bruciate sabbiose	7.50					
8								
9		tronchi di gesso caespiti e cilindri di ghisa	9.50					
10								
11		Argille bruciate sabbiose con tracce di zolfo						
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18			18.00					
19								
20								
21								
22								
23								

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE E MASW ESEGUITE PRECEDENTEMENTE

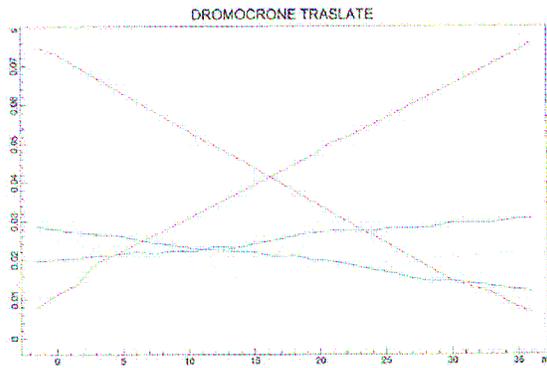
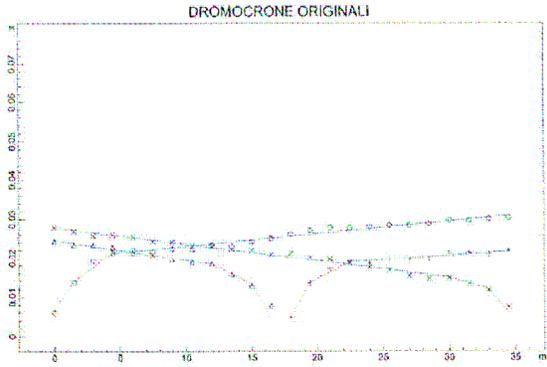


Fig.3 - Dromocrone originali e traslate.Ss1

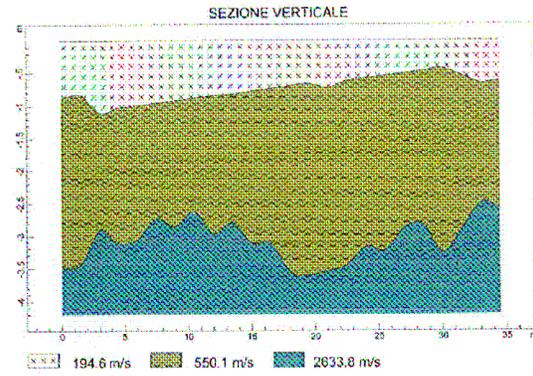
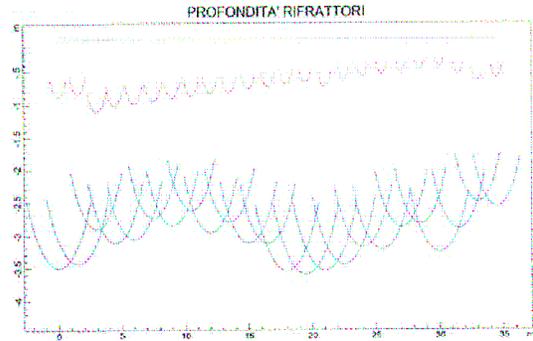


Fig. 4- Profondità rifrattori e sezione.Ss1

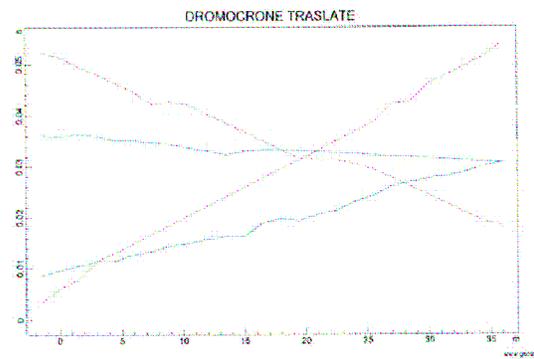
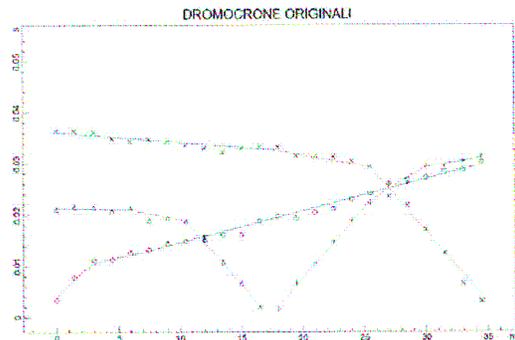


Fig. 5 - Dromocrone originali e dromocrone traslate Ss2

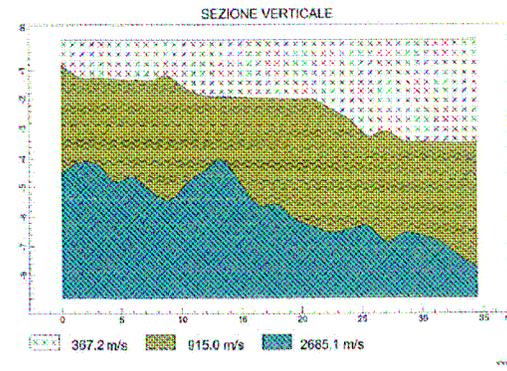
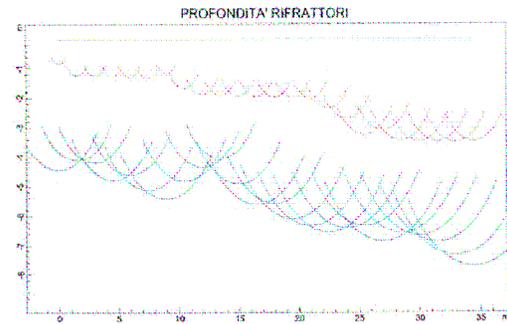
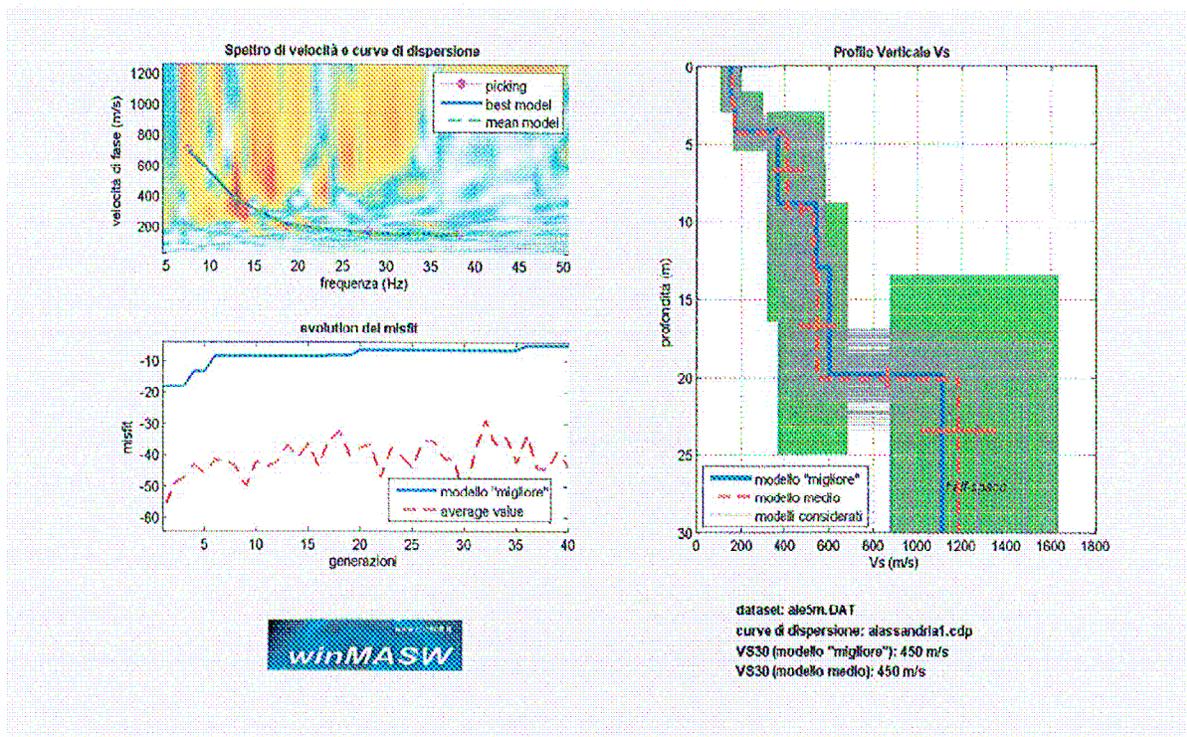


Fig. 6- Profondità rifrattori e sezione.Ss2



MODELLO MEDIO		
	<i>spessore (m)</i>	<i>VS (m/s)</i>
I strato	2.4	157
II strato	1.9	169
III strato	4.9	415
IV strato	4.1	533
V strato	6.8	550
VI strato	---	1184

FOGLI RIEPILOGATIVI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO

GEOSERVICE s.r.l.

LABORATORIO DI GEOTECNICA

OGGETTO: IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE.

LOCALITA': ALESSANDRIA DELLA ROCCA (AG)

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. G. MARAGLIANO

ARCH. n°:2140

DATA:

RIEPILOGO PROPRIETA' INDICI

PROVINO	S1C1	S1C2	S2C1	S3C1	S3C2
PROF. (m)	2,30-2,60	4,10-4,50	6,20-6,80	3,30-3,90	5,00-5,60
W (%)	23,5	24,76	21,36	34,5	33,77
G (g/cmc)	1,87	1,89	1,98	1,82	1,79
Gd (g/cmc)	1,52	1,52	1,63	1,35	1,34
Gs	2,7	2,74	2,71	2,73	2,73
n	0,436	0,444	0,397	0,504	0,507
e	0,773	0,799	0,661	1,017	1,028
S (%)	82,01	84,9	87,56	92,57	89,62
Wl	41	34	65	45	50
Wp	27	24	29	26	26
lp	14	10	36	19	24
lc	1,25	0,92	1,21	0,55	0,67
fa (%)	24	8	52	35	28
la	0,58	1,25	1,44	0,54	0,85
Wr	*	*	*	*	*
rp (Kg/cm ^q)	FS	3,5-4,2	FS	1,2-1,8	3,2-3,3
rv (Kg/cm ^q)	ND	1,2	ND	0,55	1,1
Cu (Kg/cm ^q)	0,89	0,92	1,47	0,83	1,12
c' (Kg/cm ^q)	0,26	0,02	0,27	0	0,13
φ' (°)	20	28	23	20	20

GEOSERVICE s.r.l.

LABORATORIO DI GEOTECNICA

OGGETTO: IMPIANTI SPORTIVI NELLA ZONA DI ESPANSIONE.

LOCALITA': ALESSANDRIA DELLA ROCCA (AG)

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. G. MARAGLIANO

ARCH. n°:2140

DATA:

RIEPILOGO PROPRIETA' INDICI

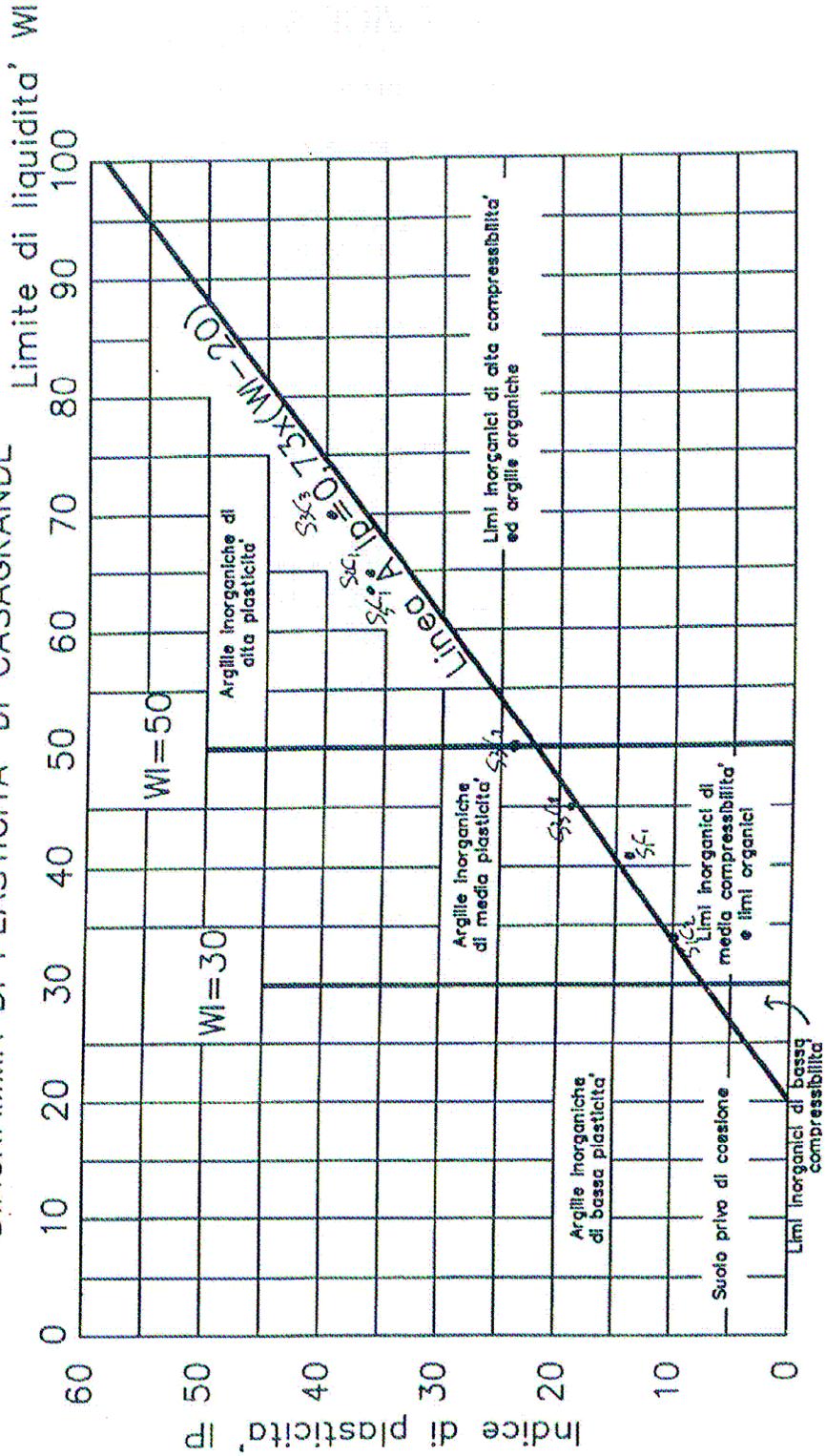
PROVINO	S3C3	S4C1			
PROF. (m)	8,30-8,80	3,00-3,20			
W (%)	26,41	27,36			
G (g/cmc)	1,92	1,91			
Gd (g/cmc)	1,52	1,5			
Gs	2,7	2,72			
n	0,434	0,445			
e	0,768	0,804			
S (%)	92,79	92,53			
Wl	70	64			
Wp	31	28			
lp	39	36			
lc	1,11	1,01			
fa (%)	51	54			
la	0,76	0,66			
Wr	*	*			
rp (Kg/cmq)	3,9-4,4	3,3-3,7			
rv (Kg/cmq)	1,5	1,25			
Cu (Kg/cmq)	1,38	1,09			
c' (Kg/cmq)	0,3	0,27			
ϕ' (°)	18	23			

Oggetto: IMPIANTI SPORTIVI Località: ALESSANDRIA D.R. (AG)

Committente: Dott. Geol. MARAGLIANO Data: _____ Arch. n. 2150

Sondaggio _____ Contenitore _____ Profondità' (m) _____

DIAGRAMMA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Oggetto: IMPIANTI SPORTIVILocalità: ALESSANDRIA N.R. (AG)Committente: DOTT. GEOL. MARAGLIANO

Data: _____

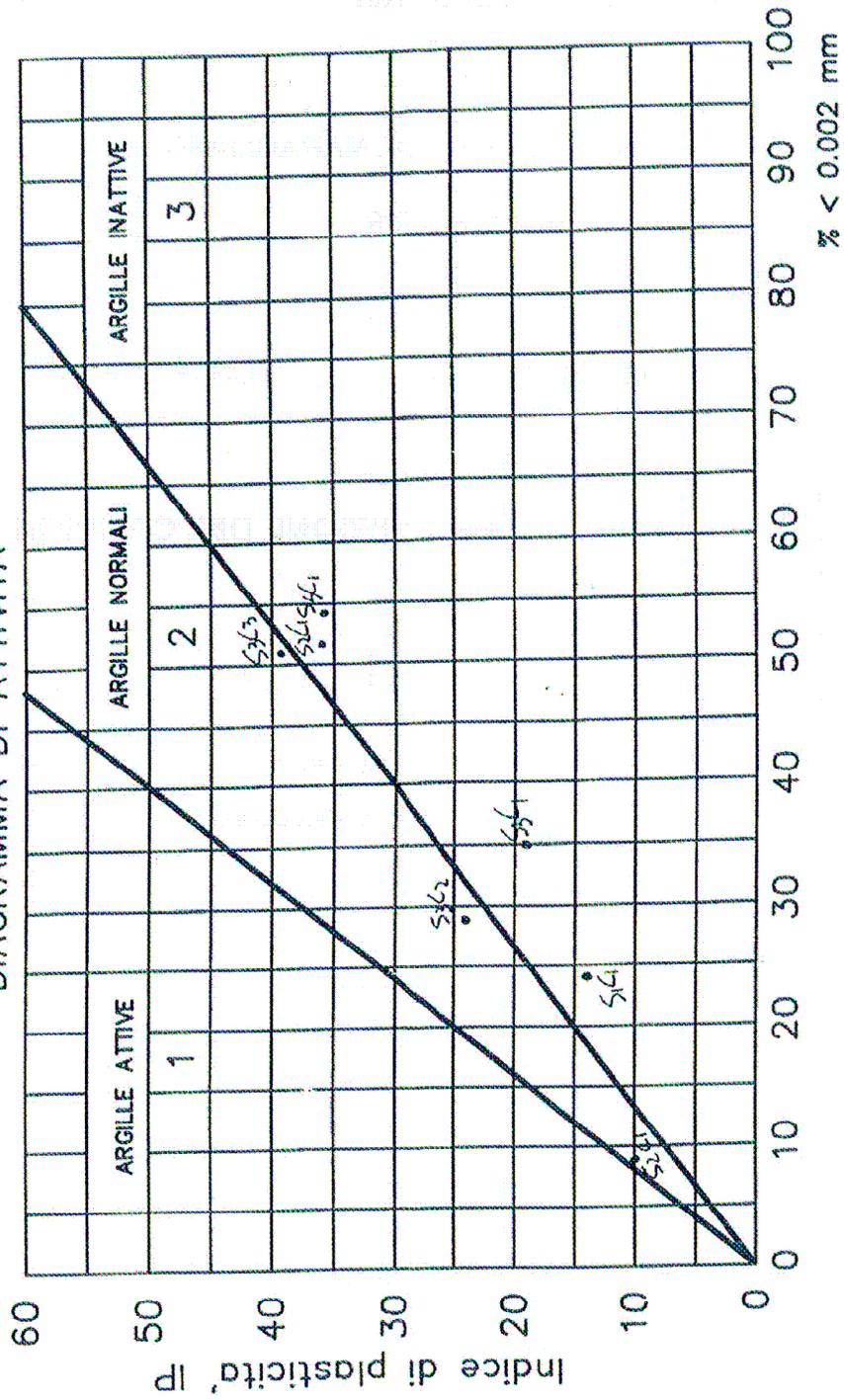
Arch. n. 2140

Sondaggio _____

Contenitore _____

Profondità' (m) _____

DIAGRAMMA DI ATTIVITA'



R.I.G.G.

Laboratorio Geotecnico
Via Minerva 2/A - Tel. 24780
Agrigento

RICERCHE E INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE S.p.A.

SCHEMA DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

COMMITTENTE:

SA SUEA

DESCRIZIONE	UNITA'	SOND. n° 1		SOND. n° 2		SOND. n° 3		SOND. n° 4		SOND. n° 5		NOT
		PROF. m	PROF. m									
umidità naturale	Wn %	26.84	22.87									
peso specifico dei granuli	γ_s g/cm ³	2.71	2.70									
" di volume	γ g/cm ³	1.966	1.919									
" " del secco	γ_d g/cm ³	1.533	1.562									
indice dei vuoti	e	0.768	0.729									
porosità	n %	43.4	42.1									
grado di saturazione	Sr %	96.7	86.7									
ghiaia	g %	-	-									
sabbia	s %	22	37									
limo	l %	20	14									
argille	a %	58	49									
limite liquido	LL %	54	49									
" plastico	LP %	26	23									
indice	IP %	28	26									
limite ritiro	LR %	-	-									
ritiro volumetrico	Rv %	-	-									
indice di consistenza	IC %	0.970	1.005									
prova di taglio diretto	ϕ' °	20° 20'	19° 20'									
	c' kg/cm ²	0.30	0.48									
prova triassiale	ϕ °	-	-									
	c _u kg/cm ²	-	0.76									
prova di compressione ed espansione laterale libera	σ_1 / σ_3 / σ_2 / σ_4 / σ_5 / σ_6 / σ_7 / σ_8 / σ_9 / σ_{10} / σ_{11} / σ_{12} / σ_{13} / σ_{14} / σ_{15} / σ_{16} / σ_{17} / σ_{18} / σ_{19} / σ_{20} / σ_{21} / σ_{22} / σ_{23} / σ_{24} / σ_{25} / σ_{26} / σ_{27} / σ_{28} / σ_{29} / σ_{30} / σ_{31} / σ_{32} / σ_{33} / σ_{34} / σ_{35} / σ_{36} / σ_{37} / σ_{38} / σ_{39} / σ_{40} / σ_{41} / σ_{42} / σ_{43} / σ_{44} / σ_{45} / σ_{46} / σ_{47} / σ_{48} / σ_{49} / σ_{50} / σ_{51} / σ_{52} / σ_{53} / σ_{54} / σ_{55} / σ_{56} / σ_{57} / σ_{58} / σ_{59} / σ_{60} / σ_{61} / σ_{62} / σ_{63} / σ_{64} / σ_{65} / σ_{66} / σ_{67} / σ_{68} / σ_{69} / σ_{70} / σ_{71} / σ_{72} / σ_{73} / σ_{74} / σ_{75} / σ_{76} / σ_{77} / σ_{78} / σ_{79} / σ_{80} / σ_{81} / σ_{82} / σ_{83} / σ_{84} / σ_{85} / σ_{86} / σ_{87} / σ_{88} / σ_{89} / σ_{90} / σ_{91} / σ_{92} / σ_{93} / σ_{94} / σ_{95} / σ_{96} / σ_{97} / σ_{98} / σ_{99} / σ_{100}	-	-									
prova edometrica	Ce %	-	-									

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. G. Motisi

24 DIC 1988