

dott. geologo Carlo Dellarole

Spettabile Amministrazione
Comunità Collinare
Piccolo Anfiteatro
Morenico Canavesano
Piazza Municipio 1
10019 STRAMBINO TO

INDAGINE GEOGNOSTICA AI FINI DELLA VERIFICA SISMICA DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DEI COMUNI DELLA COMUNITA' COLLINARE

**SCUOLA ELEMENTARE DI STRAMBINO
GENERALE C.A. DALLA CHIESA**



PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione della Comunità Collinare Piccolo Anfiteatro Morenico Collinare , lo scrivente ha condotto una campagna geognostica finalizzata a fornire i parametri necessari alla verifica sismica dell'edificio ospitante il plesso di Scuola Elementare Gen. C.A. Dalla Chiesa” , sito in Via Madonna del Rosario 25 - Strambino

Le prove eseguite sul terreno sono state concordate con il Tecnico Progettista e sono consistite in

- ✓ prove penetrometriche dinamiche
 - ✓ n.1 stendimento sismico interpretato mediante metodologia masw
- Lo stendimento sismico è stato eseguito in corrispondenza del piazzale recintato antistante il plesso scolastico .

Con riferimento alle prove penetrometriche , non sono state eseguite nuove prospezioni , in quanto vengono allegate quelle eseguite in occasione della progettazione dell'edificio , in numero di tre e localizzate in corrispondenza dell'attuale struttura .

La seguente relazione illustra i risultati delle prove e fornisce i parametri necessari per procedere alle verifiche sismiche .

CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il settore è compreso nel Foglio 42 IVREA della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 nel contesto di “alluvioni terrazzate” , verosimilmente riconducibili ad un ambito di depositi fluvio-glaciali ricompresi tra gli apparati morenici e le “alluvioni terrazzate della fase lacustre dell'anfiteatro d'Ivrea” , presenti lungo la sponda in destra idrografica del F. Dora Baltea .

Tale area costituisce un ambito di pianura limitato a Ovest e a Sud dai depositi glaciali che individuano le propaggini meridionali del settore laterale destro dell'anfiteatro morenico , riconducibili al Gruppo della Serra (Pleistocene medio) . A N-NW si osserva invece un cordone residuale con direzione WNW-ESE (Perosa-Romano-Strambino) riferibile alle fasi più recenti dell'ultima pulsazione glaciale e appartenente al Gruppo Bollengo-Albiano (Pleistocene superiore) . Gli elaborati di natura geologica allegati al PRGC collocano l'area in studio nell'ambito di un complesso di “*depositi*

fluviali e fluvioglaciali antichi terrazzati”, che sovrastano i più recenti *“depositi limo-sabbiosi legati alla fase lacustre dell’Anfiteatro morenico d’Ivrea”* .

I depositi quaternari costituiscono dunque un complesso di alternanze di materiali alluvionali che colmano l’ampio bacino di origine morenica e sono andati a sovrapporsi a più antichi depositi di ambito fluvioglaciale .

La stratigrafia tipica dell’area è quindi riconducibile a sequenze di materiali di origine alluvionale , con prevalenza di sabbie – sabbie limose fino alla quota di circa 10 metri .

L’andamento del settore in esame è assolutamente sub pianeggiante , con deboli ondulazioni percettibili solamente a grande scala e pendenza uniforme da NW verso SE , con un gradiente nell’intorno di 0.003 .

Al contorno non si osservano processi legati ai corsi d’acqua superficiale . I dati relativi alle acque sotterranee consentono di stabilire la presenza di una falda freatica con soggiacenza nell’ordine di circa 10 m dal piano di campagna .

CARATTERI STRATIGRAFICI

Le numerose colonne litostratigrafiche di pozzi perforati nell’ambito della pianura superiore (comprensorio Olivetti di Scarmagno e Consorzio acquedotto Strambino - Romano - Mercenasco) consentono di definire in modo completo e dettagliato l’andamento stratigrafico dei terreni che originano la vasta area interna al bacino morenico .

Anche se la descrizione assume un carattere puramente accademico , la successione litostratigrafica dei depositi plio-pleistocenici viene definita nella seguente stratigrafia-tipo:

- Il primo livello è riconducibile a materiali di riporto , cui seguono depositi ghiaioso-sabbiosi fino alla quota di circa 3.5 m dal p.c. ;
- seguono dei materiali sabbiosi e limoso sabbiosi di transizione ad un deposito prevalentemente ghiaioso sabbioso che raggiunge una profondità di circa 20 ÷ 25 m dal p.c. ;
- alla base si evidenziano delle potenti bancate argillose con ciottoli , localmente intercalate da livelli sabbiosi di forma lenticolare , che si spingono fino alla profondità di circa 50 ÷ 60 m dal p.c. ;

- seguono quindi dei livelli prevalentemente ghiaiosi , riferibili verosimilmente ancora a depositi fluvio-glaciali , fino ad una quota nell'intorno di $75 \div 80$ m dal p.c. ;
- in successione , si osserva quindi un potente livello di argilla fino alla profondità di circa 150 m dal p.c. , che passa ad argilla con ghiaia fino alla profondità di circa 190 m dal p.c. ;
- un livello di transizione di alcuni metri di ghiaietto segnala infine il passaggio ai depositi marini pliocenici , costituiti da argille azzurre , a partire da 195 m dal p.c. .

PROVE IN SITO

Si riportano i dati relative alle prove penetrometriche eseguite all'epoca della progettazione dell'edificio . Le prove n.2 e n.3 si differenziano dalla prova n.1 per la presenza di materiali a maggiore resistenza fino a circa 4.5 metri dal p.c. . Ai fini cautelativi viene pertanto assunta come caratterizzante dei luoghi la prova DIN1 .

Il diagramma di resistenza dinamica della prova evidenzia un andamento stabile dei colpi/piede fino all'intorno della profondità di 5.5 m dal piano di campagna , a significare che le opere di fondazione sono state impostate in depositi sabbiosi con livelli ghiaiosi a buona portanza , ma che passano quindi a livelli più fini caratterizzate da sabbie limose fino alla profondità di circa 8.5 m dal p.c. , limite inferiore raggiunto dalle prove.

In corrispondenza dell'area a verde antistante il prospetto Sud dell'edificio è stato eseguito uno stendimento sismico , interpretato secondo la metodologia MASW , che ha consentito di determinare il parametro $V_{s30} = 333$ m/s e la corrispondente categoria C di suolo .

I parametri desunti dalle prove penetrometriche sono stati rielaborati , per fornire valori cautelativi da introdurre nelle verifiche funzionali all'adeguamento sismico

In appendice alla relazione si trovano in ogni caso le tabelle , i diagrammi e le elaborazioni statistiche delle prove penetrometriche oltre ai risultati dell'indagine sismica

ELABORAZIONI DEGLI N_{SPT}

L'elaborazione statistica dei dati rilevati dalle prospezioni consente di derivare un valore di $N_{SPT} = 13-19$ fino alla profondità media di

circa 5 metri dal p.c. . Oltre tale quota , la transizione a materiali più fini limoso-sabbiosi determina un decremento fino a valori di $N_{SPT} = 5 \div 9$. Tale condizione persiste fino al limite inferiore delle prove , collocato a 8.40 m del p.c. . Si osserva tuttavia una certa disuniformità laterale che porta ad ipotizzare sequenze lenticolari di sabbie limose alternate a sabbie ghiaiose . In ogni caso , alla profondità di 5 m e superiori il bulbo delle pressioni si presenta ridotto , tale da influenzare marginalmente i terreni presenti

L'analisi comparata degli Standard Penetration Test (N_{SPT}) , ancorché non eseguiti in foro di sondaggio ma rilevati da superficie , consentono di operare diverse correlazioni per valutare dal punto di vista geomeccanico le caratteristiche dei depositi di fondazione .

Le possibili correlazioni di questo dato in riferimento all'ampia letteratura geologica sono molteplici e nel seguito si utilizzeranno quelle più utilizzate per individuare i necessari parametri geotecnici.

In sintesi possono essere consentite le seguenti valutazioni , che sono state stimate con il necessario grado di cautela in relazione alla scarsa anisotropia dei terreni , emersa attraverso le misurazioni scaturite dalle prove :

Angolo di attrito :

Autore	Relazione	Valore ϕ'
Peck et al ., 1956	$\phi' = 27.2 + 0.28 N_{SPT}$	30.8°
Japanese Nat. Railway	$\phi' = 0.3 N_{SPT} + 27$	30.9°
Meyerhof , 1965	$\phi' = 29.47 + 0.46 N_{SPT} - 0.004 N_{SPT}^2$	34.7°

In relazione alla possibile variabilità laterale e in profondità del materasso ghiaioso , si consiglia in ogni caso di introdurre nelle verifiche un valore cautelativo dell'angolo di attrito interno

$$\phi' = 31^\circ$$

Trattandosi di materiali granulari grossolani , la coesione tra gli elementi è stata valutata $c = 0$.

I parametri geotecnici dei terreni sono evidenziati - strato per strato - nelle tabelle allegate alle prove penetrometriche e possono essere così riassunti

Peso di volume secco = $15 \div 16 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo = $19 \div 20 \text{ kN/m}^3$

Densità relativa media = 48 %

Il calcolo del modulo elastico attraverso N_{SPT} fornisce dei valori assolutamente comparabili

Autore	Relazione	Modulo E
D'Apollonia et al ., 1970	$E = 0.756 N_{SPT} + 18.75$	28.6 MPa
Pasqualini et al.,1983	$E = 7 * N_{SPT}^{0.5}$	25.2 MPa

I seguenti allegati illustrano i risultati delle prove eseguite



Foto n.1 - Stendimento sismico lungo il prospetto Sud della scuola elementare

Castellamonte , dicembre 2019



PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	9	94,6	----	1	2,80 - 3,00	6	49,7	----	4
0,20 - 0,40	12	126,1	----	1	3,00 - 3,20	5	41,4	----	4
0,40 - 0,60	15	144,7	----	2	3,20 - 3,40	5	41,4	----	4
0,60 - 0,80	13	125,4	----	2	3,40 - 3,60	4	30,9	----	5
0,80 - 1,00	12	115,7	----	2	3,60 - 3,80	5	38,7	----	5
1,00 - 1,20	13	125,4	----	2	3,80 - 4,00	6	46,4	----	5
1,20 - 1,40	7	67,5	----	2	4,00 - 4,20	5	38,7	----	5
1,40 - 1,60	9	80,2	----	3	4,20 - 4,40	14	108,3	----	5
1,60 - 1,80	8	71,3	----	3	4,40 - 4,60	9	65,3	----	6
1,80 - 2,00	10	89,1	----	3	4,60 - 4,80	14	101,6	----	6
2,00 - 2,20	10	89,1	----	3	4,80 - 5,00	9	65,3	----	6
2,20 - 2,40	24	213,9	----	3	5,00 - 5,20	13	94,3	----	6
2,40 - 2,60	11	91,1	----	4	5,20 - 5,40	12	87,1	----	6
2,60 - 2,80	12	99,4	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

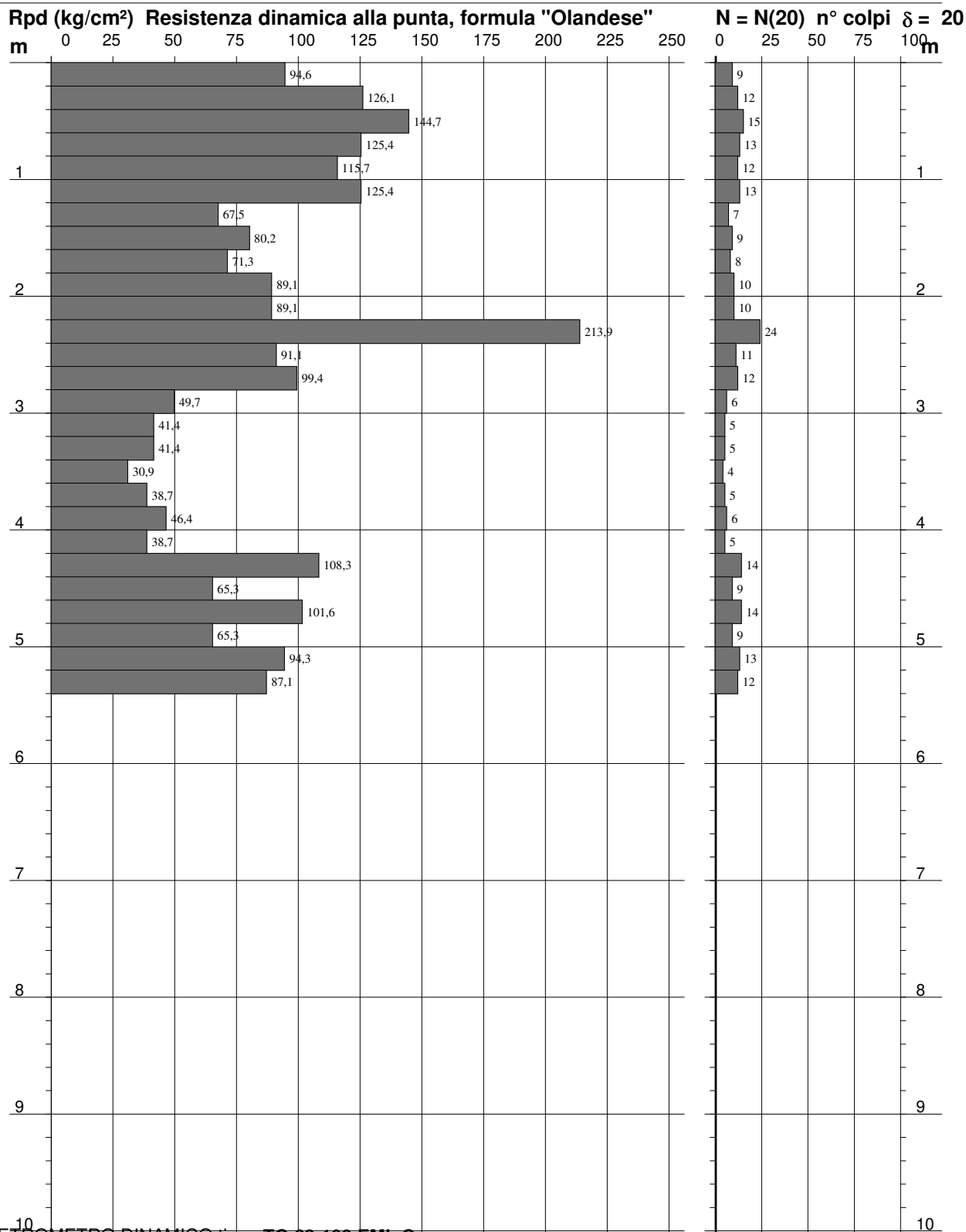
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	1,20	N Rpd	12,3 122,0	9 95	15 145	10,7 108,3	2,0 16,4	10,4 105,6	14,3 138,4	11 109	1,49	16
2	1,20	2,80	N Rpd	11,4 100,2	7 68	24 214	9,2 83,8	5,3 47,1	6,0 53,1	16,7 147,3	9 79	1,49	13
3	2,80	4,20	N Rpd	5,1 41,0	4 31	6 50	4,6 36,0	--- 6,0	4,5 35,0	5,8 47,0	5 40	1,49	7
4	4,20	5,40	N Rpd	11,8 87,0	9 65	14 108	10,4 76,2	2,3 18,2	9,5 68,8	14,1 105,2	10 74	1,49	15

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Materiale di riporto vario	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
2	1.20	2.80	Sabbie con livelli ghiaiosi	13	39.5	29.0	292	1.95	1.53	----	----	----	----
3	2.80	4.20	Sabbia con limo	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
4	4.20	5.40	Sabbia frammista a ghiaia	15	42.5	30.0	307	1.96	1.54	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	12	126,1	----	1	3,80 - 4,00	18	139,2	----	5
0,20 - 0,40	13	136,6	----	1	4,00 - 4,20	16	123,8	----	5
0,40 - 0,60	25	241,1	----	2	4,20 - 4,40	12	92,8	----	5
0,60 - 0,80	35	337,5	----	2	4,40 - 4,60	20	145,1	----	6
0,80 - 1,00	31	298,9	----	2	4,60 - 4,80	19	137,9	----	6
1,00 - 1,20	19	183,2	----	2	4,80 - 5,00	26	188,7	----	6
1,20 - 1,40	10	96,4	----	2	5,00 - 5,20	12	87,1	----	6
1,40 - 1,60	21	187,1	----	3	5,20 - 5,40	12	87,1	----	6
1,60 - 1,80	16	142,6	----	3	5,40 - 5,60	9	61,5	----	7
1,80 - 2,00	18	160,4	----	3	5,60 - 5,80	7	47,8	----	7
2,00 - 2,20	16	142,6	----	3	5,80 - 6,00	8	54,7	----	7
2,20 - 2,40	14	124,8	----	3	6,00 - 6,20	7	47,8	----	7
2,40 - 2,60	18	149,1	----	4	6,20 - 6,40	8	54,7	----	7
2,60 - 2,80	17	140,8	----	4	6,40 - 6,60	7	45,2	----	8
2,80 - 3,00	12	99,4	----	4	6,60 - 6,80	7	45,2	----	8
3,00 - 3,20	13	107,7	----	4	6,80 - 7,00	5	32,3	----	8
3,20 - 3,40	10	82,8	----	4	7,00 - 7,20	5	32,3	----	8
3,40 - 3,60	12	92,8	----	5	7,20 - 7,40	5	32,3	----	8
3,60 - 3,80	15	116,0	----	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

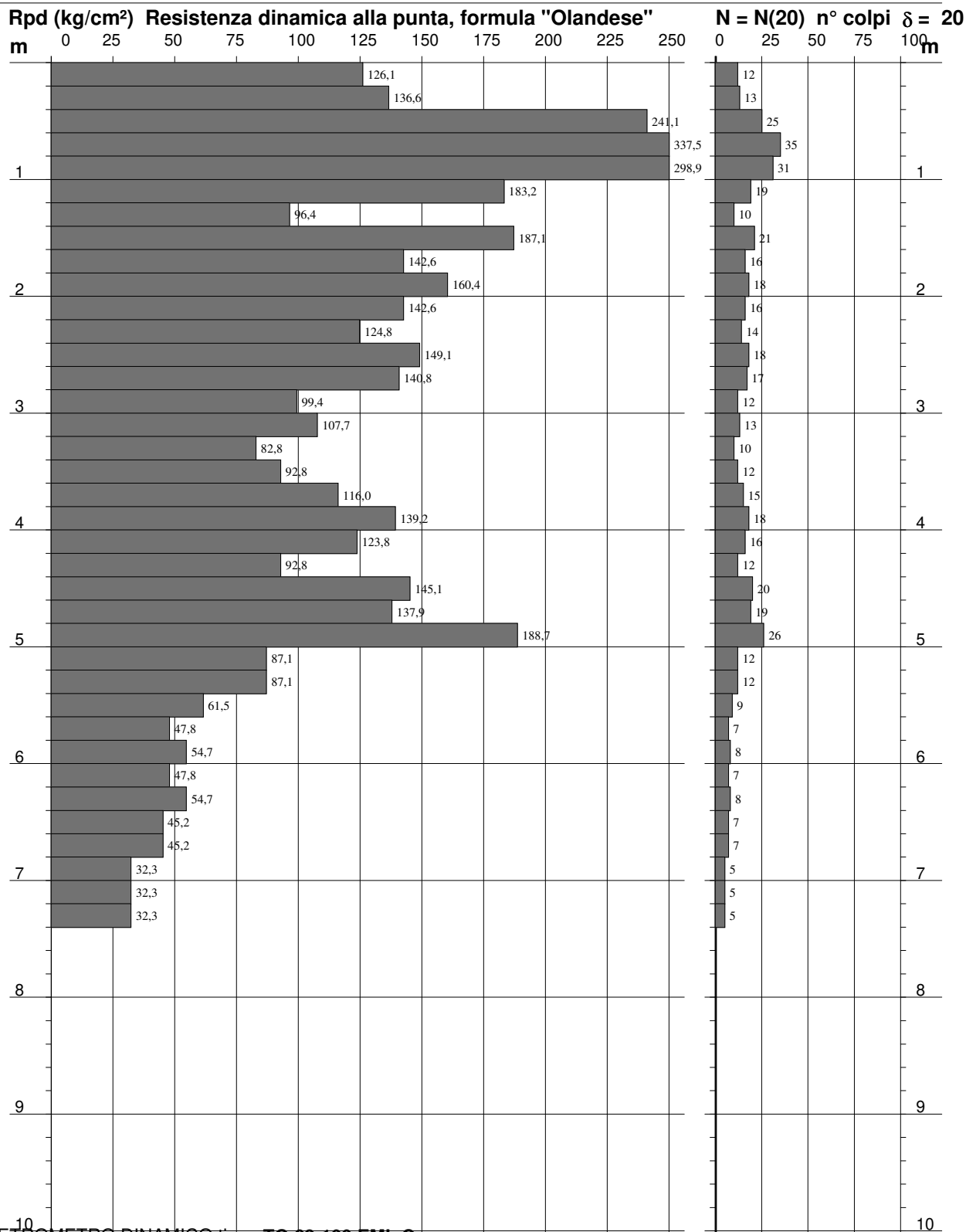
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 2

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	1,20	N Rpd	22,5 220,6	12 126	35 338	17,3 173,3	9,5 86,7	13,0 133,8	32,0 307,3	17 167	1,49	25
2	1,20	5,00	N Rpd	15,9 130,0	10 83	26 189	13,0 106,4	4,1 30,4	11,9 99,6	20,0 160,4	13 106	1,49	19
3	5,00	7,40	N Rpd	7,7 52,3	5 32	12 87	6,3 42,3	2,4 18,7	5,3 33,6	10,1 71,1	6 41	1,49	9

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Materiale di riporto vario	25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	1.56	2.08	21	0.574
2	1.20	5.00	Sabbia frammista a ghiaia	19	48.5	31.9	338	1.98	1.58	----	----	----	----
3	5.00	7.40	Sabbia con limo	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	15	157,6	----	1	4,20 - 4,40	21	162,4	----	5
0,20 - 0,40	27	283,7	----	1	4,40 - 4,60	19	137,9	----	6
0,40 - 0,60	23	221,8	----	2	4,60 - 4,80	15	108,9	----	6
0,60 - 0,80	12	115,7	----	2	4,80 - 5,00	12	87,1	----	6
0,80 - 1,00	6	57,9	----	2	5,00 - 5,20	10	72,6	----	6
1,00 - 1,20	3	28,9	----	2	5,20 - 5,40	8	58,1	----	6
1,20 - 1,40	4	38,6	----	2	5,40 - 5,60	7	47,8	----	7
1,40 - 1,60	13	115,8	----	3	5,60 - 5,80	7	47,8	----	7
1,60 - 1,80	8	71,3	----	3	5,80 - 6,00	8	54,7	----	7
1,80 - 2,00	9	80,2	----	3	6,00 - 6,20	7	47,8	----	7
2,00 - 2,20	13	115,8	----	3	6,20 - 6,40	7	47,8	----	7
2,20 - 2,40	15	133,7	----	3	6,40 - 6,60	6	38,7	----	8
2,40 - 2,60	17	140,8	----	4	6,60 - 6,80	6	38,7	----	8
2,60 - 2,80	21	173,9	----	4	6,80 - 7,00	5	32,3	----	8
2,80 - 3,00	19	157,4	----	4	7,00 - 7,20	6	38,7	----	8
3,00 - 3,20	13	107,7	----	4	7,20 - 7,40	9	58,1	----	8
3,20 - 3,40	13	107,7	----	4	7,40 - 7,60	6	36,7	----	9
3,40 - 3,60	21	162,4	----	5	7,60 - 7,80	6	36,7	----	9
3,60 - 3,80	14	108,3	----	5	7,80 - 8,00	5	30,6	----	9
3,80 - 4,00	16	123,8	----	5	8,00 - 8,20	5	30,6	----	9
4,00 - 4,20	20	154,7	----	5	8,20 - 8,40	5	30,6	----	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

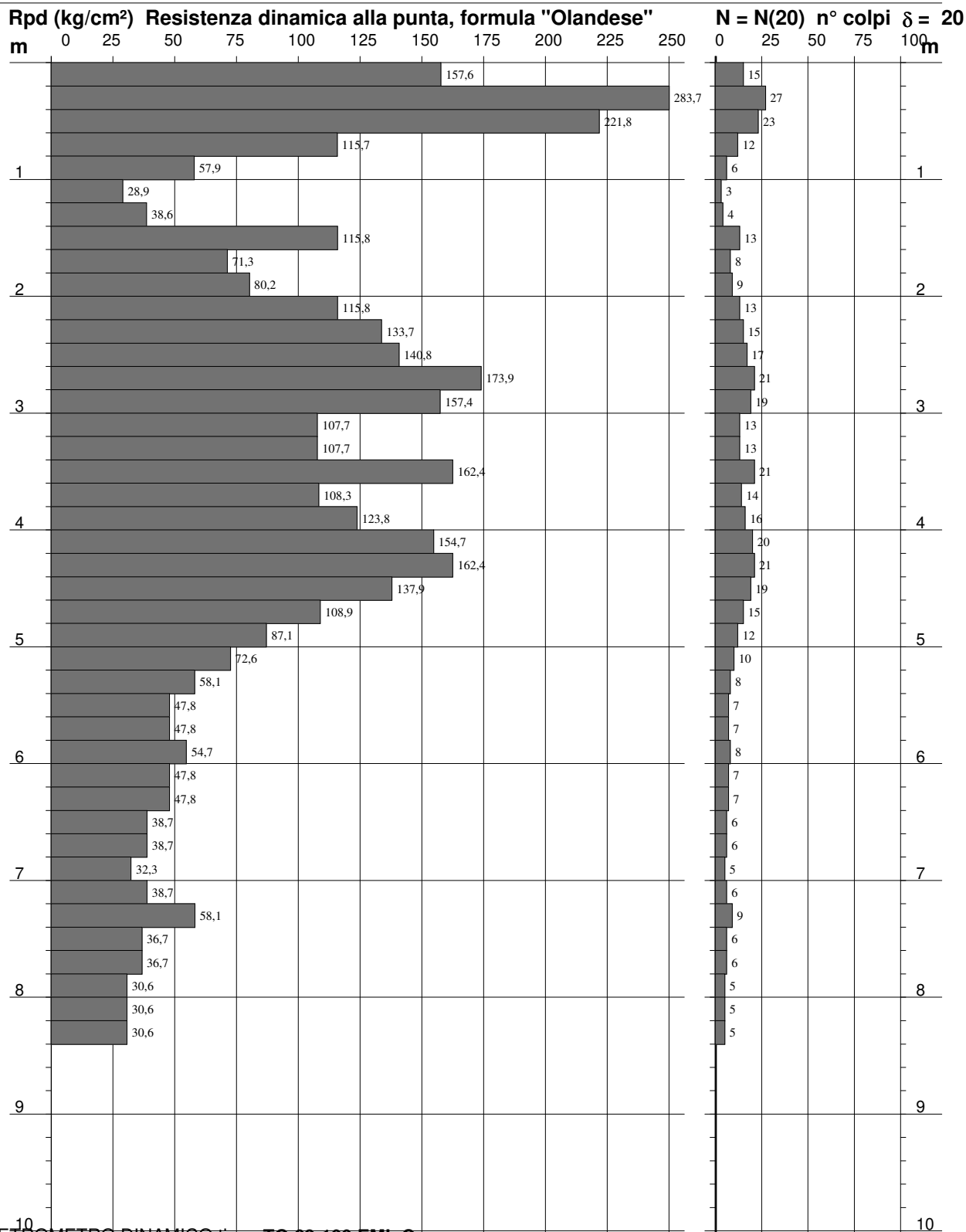
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 3
Scala 1: 50

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 3

- indagine : Arch. Biava Giorgio
- cantiere : Nuova scuola elementare
- località : Strambino (To)
- note :

- data : 14/04/2003
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	19,3	12	27	15,6	----	----	----	16	1,49	24
			Rpd	194,7	116	284	155,2	----	----	----	161		
2	0,80	1,40	N	4,3	3	6	3,7	----	----	----	4	1,49	6
			Rpd	41,8	29	58	35,4	----	----	----	39		
3	1,40	5,20	N	15,2	8	21	11,6	4,1	11,1	19,3	12	1,49	18
			Rpd	122,2	71	174	96,8	31,5	90,7	153,7	97		
4	5,20	8,40	N	6,4	5	9	5,7	1,2	5,2	7,6	6	1,49	9
			Rpd	42,2	31	58	36,4	9,6	32,6	51,9	40		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Materiale di riporto vario	24	56.0	34.2	376	2.01	1.63	1.50	2.07	22	0.591
2	0.80	1.40	Limo sabbioso	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.40	5.20	Sabbia frammista a ghiaia	18	47.0	31.4	330	1.98	1.57	----	----	----	----
4	5.20	8.40	Sabbia con limo	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dott. Geologo Carlo Dellarole C.FISC: DLLCLM59M19L219K P.IVA: 07691990019	Via Roma, 7 10081 Castellamonte (TO) Tel: 0124513359 - 3292247956 Email: dellarolecarlo@alice.it
--	---

**Adeguamento sismico plessi scolastici
Edificio Scuola Elementare “Gen. C.A. Dalla Chiesa”
Strambino**

	Data: dicembre 2019
	Il committente Comunità Collinare Piccolo Anfiteatro Morenico
	Il Tecnico Dott. Geologo Carlo Dellarole
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times f$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

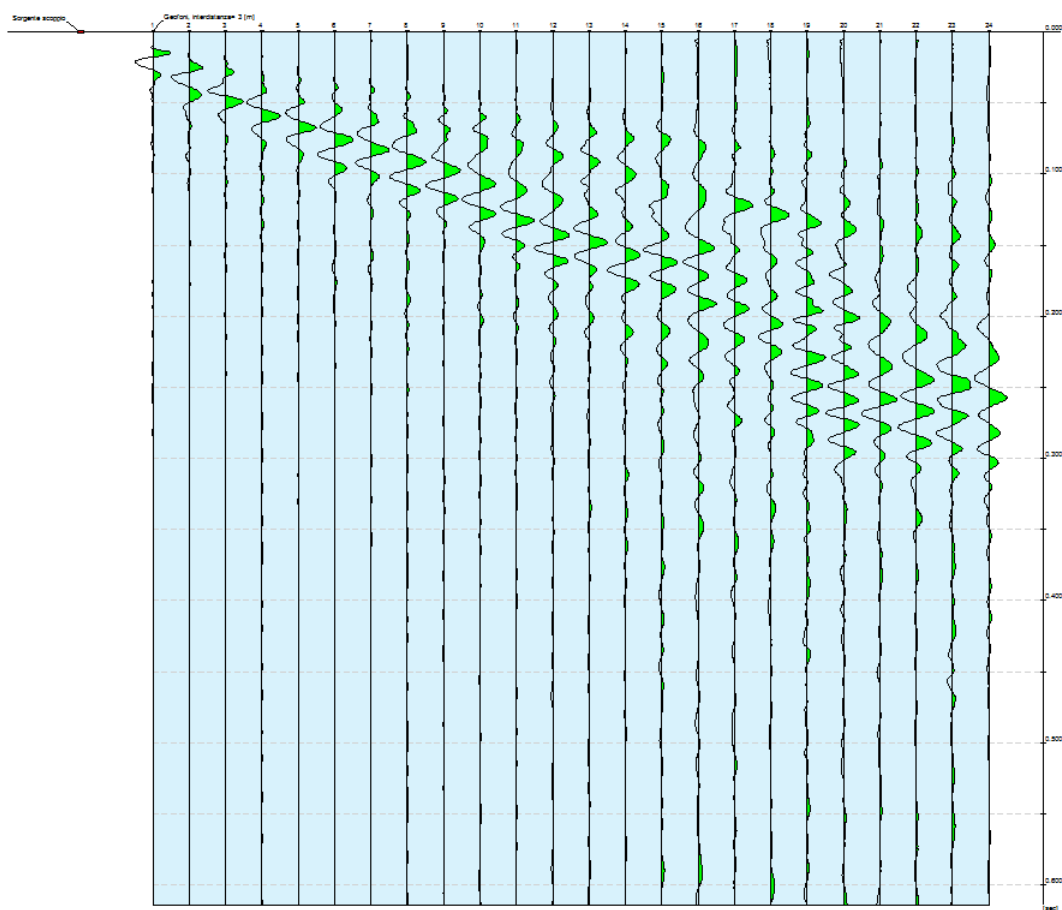
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Dati generali

Committente	Comunità Collinare Piccolo Anfiteatro Morenico
Cantiere	Scuola Elementare “Gen. C.A. Dalla Chiesa”
Località	Strambino
Operatore	Dott. Dellarole
Responsabile	Dott. Dellarole
Zona	Via Centrale 59 - Cerone
Data	21/11/2019

Tracce

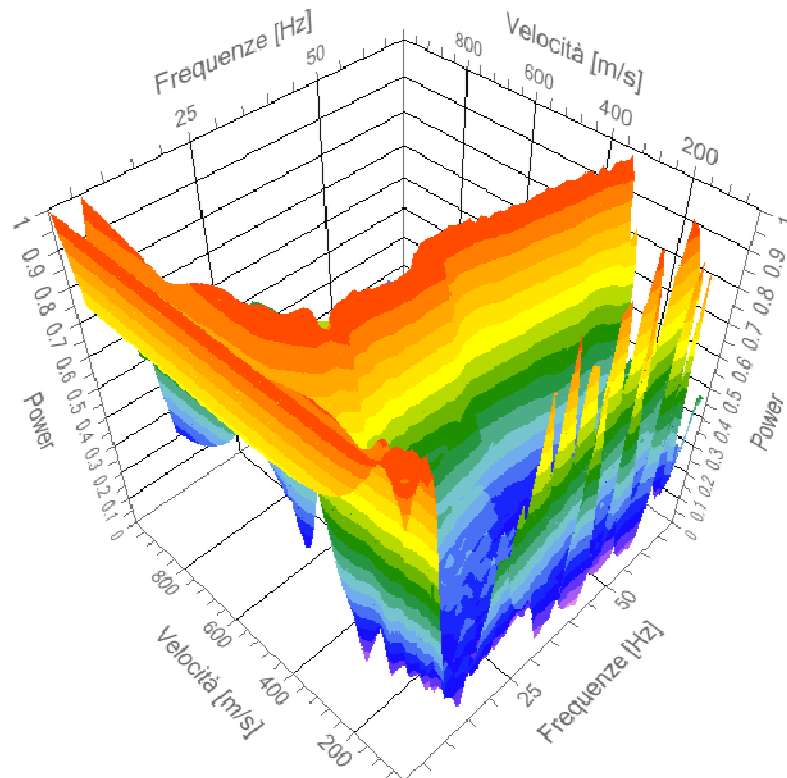
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	614.4
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	0.60



Analisi spettrale

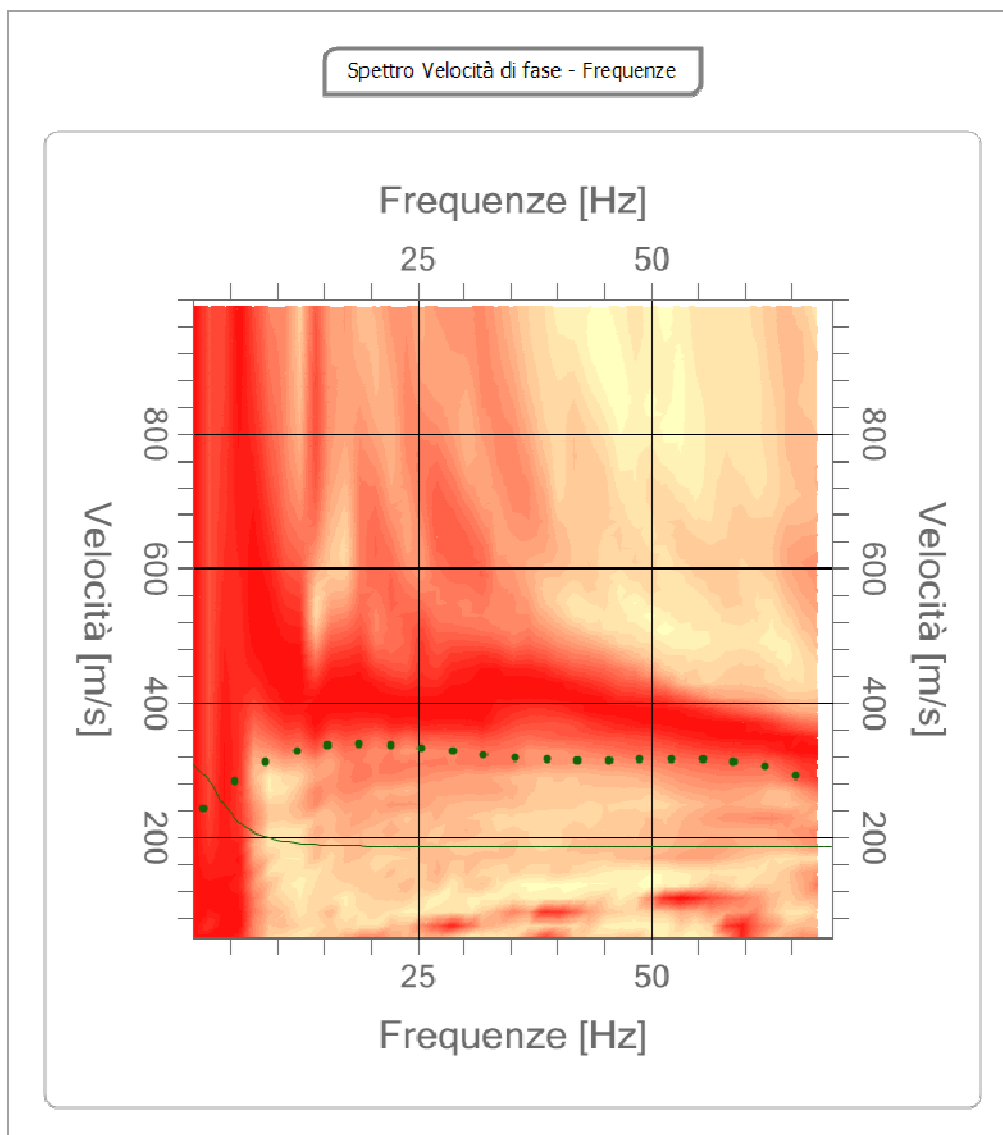
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	70
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	50
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	10

Spettro Velocità di fase - Frequenze



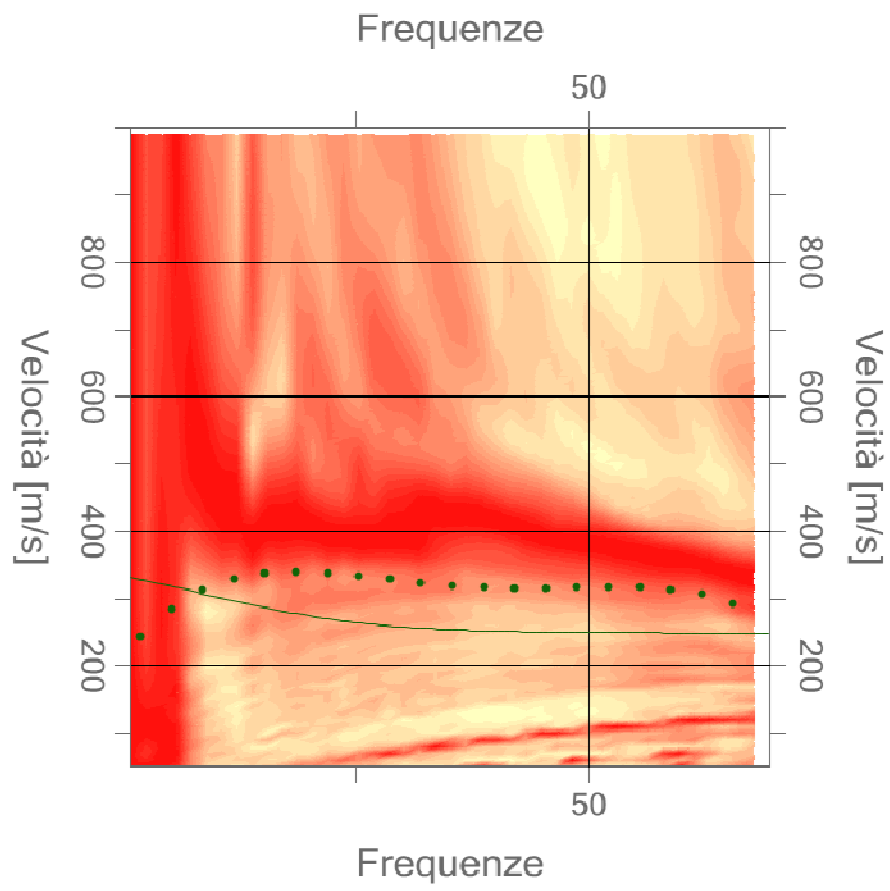
Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.1	242.9	0
2	5.4	284.5	0
3	8.8	312.1	0
4	12.1	328.7	0
5	15.5	336.9	0
6	18.8	339.1	0
7	22.1	337.3	0
8	25.5	333.1	0
9	28.8	328.0	0
10	32.1	323.1	0
11	35.5	319.0	0
12	38.8	316.2	0
13	42.2	315.0	0
14	45.5	315.0	0
15	48.8	315.8	0
16	52.2	316.6	0
17	55.5	316.3	0
18	58.8	313.4	0
19	62.2	306.2	0
20	65.5	292.6	0

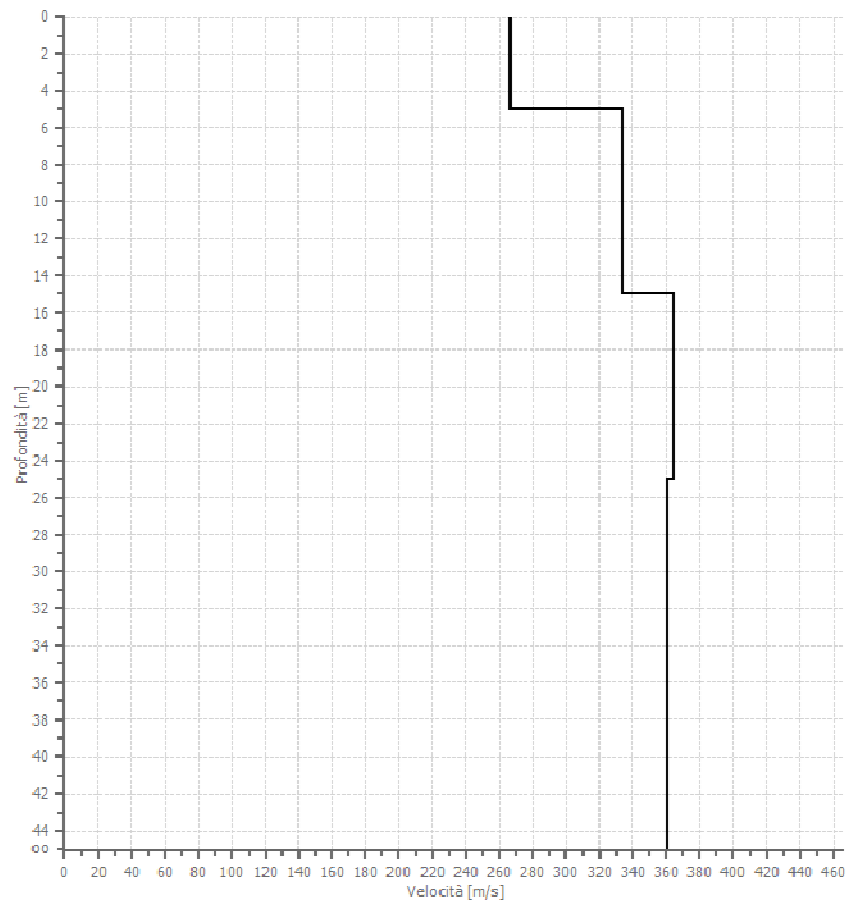


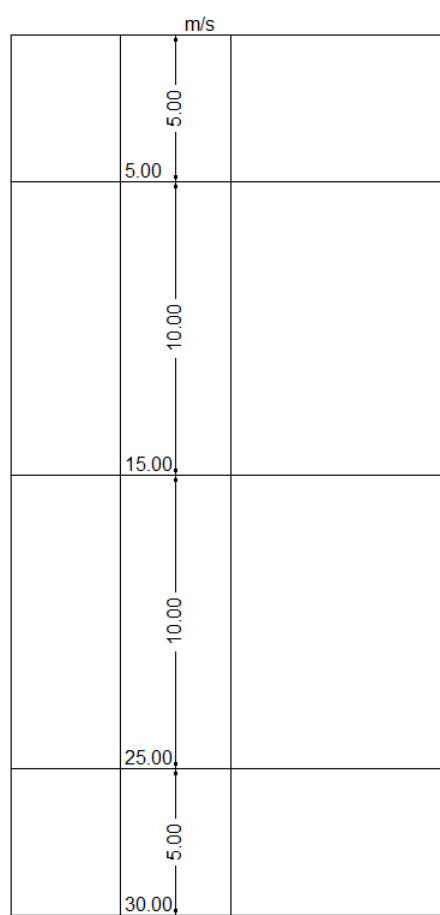
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.00	5.00	1800.0	0.3	Si	498.9	266.7
2		15.00	10.00	1800.0	0.3	Si	623.6	333.3
3		25.00	10.00	1800.0	0.3	Si	681.2	364.1
4		oo	oo	1800.0	0.3	Si	675.5	361.1

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	333.10
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	5.00	5.00	266.67	498.89	1800.00	0.30	128.00	448.00	277.33	332.80	N/A	3227.89
2	15.00	10.00	333.33	623.61	1800.00	0.30	200.00	700.00	433.33	520.00	N/A	N/A
3	25.00	10.00	364.11	681.18	1800.00	0.30	238.63	835.22	517.04	620.45	N/A	N/A
4	oo	oo	361.06	675.48	1800.00	0.30	234.66	821.29	508.42	610.10	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;