

COMUNE DI ARESE COMUNE DI LAINATE

PROVINCIA DI MILANO

ACCORDO DI PROGRAMMA EX ALFA ROMEO AMBITO c1/b

<p>Richiedente:</p> <p>TEA S.p.A. Via Ponchielli, 7 - Milano(MI) - C.F. 03844300966</p> <p>A.G.L.A.R. S.p.A. Via Ponchielli, 7 - Milano(MI) - C.F. 03548400179</p>	<p>Progettista:</p> <p>Dott. Ing. Roberto Stucchi Via San Francesco, 1 - Cornate d'Adda (MI)</p>
<p>Progettazione impiantistica:</p> <p>TeKser S.r.l. Via E. Caviglia, 3/a - Milano(MI)</p>	<p>Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione dell'opera Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione dell'opera:</p> <p>Dott. Arch. Stefano Castronovo Via Emilia, 124 - Voghera (PV)</p>
<p>Direttore Lavori:</p> <p>Dott. Ing. Roberto Stucchi Via San Francesco, 1 - Cornate d'Adda (MI)</p>	<p>Impresa esecutrice:</p>

RICHIESTA PERMESSO DI COSTRUIRE EDIFICI PRIVATI

<p>OGGETTO:</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA</p>				<p>SCALA:</p>
				<p>TAVOLA:</p>
<p>DATA:</p> <p>GENNAIO 2013</p>	<p>AGG:</p>	<p>AGG:</p>	<p>NOTA:</p>	<p>17</p>
<p>AGG:</p>	<p>AGG:</p>	<p>AGG:</p>	<p>AGG:</p>	

COMUNE DI ARESE
Provincia di Milano

SVILUPPO ARESE S.R.L.
Via San Clemente, 1 – 20122 Milano

Piano Attuativo Ambito di Trasformazione c1/b

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

N. Commessa: 1027_13

Data: Febbraio 2013

Collaborazione:

Dott. Geol. Paolo Merlo



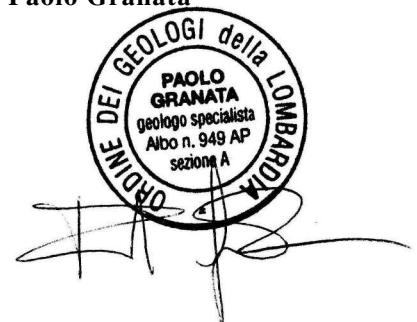
Studio Associato di geologia applicata

Dott. Geol Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata

Via Santa Croce n° 7 - 21100 Varese

Tel. 0332/242283 Fax 0332/241231

e-mail: info@studiocongeo.it



INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE	3
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	4
3.1	Programma d'indagine	4
3.2	Sondaggi geognostici.....	4
3.3	Prove di permeabilità in foro.....	9
3.4	Prove penetrometriche dinamiche	10
3.5	Prove di laboratorio geotecnico	13
3.6	Indagini geofisiche	15
4	MODELLO GEOLOGICO TECNICO.....	20
4.1	Stratigrafia di progetto	20
4.2	Parametri geotecnici caratteristici.....	21
4.3	Assetto idrogeologico	22
5	PERICOLOSITA' SISMICA.....	23
5.1	Caratterizzazione del sito	23
5.2	Pericolosità sismica locale	25
5.3	Analisi sismica di 2° livello	26
5.4	Sintesi dei parametri sismici	30
5.5	Considerazioni sul potenziale di liquefazione.....	30
6	RESISTENZA DEL TERRENO	32
6.1	Considerazioni generali sulle strutture fondazionali.....	33
6.2	Analisi dei risultati	34
6.3	Cedimenti.....	34
6.4	Verifica in condizioni sismiche.....	35
7	CONCLUSIONI	36
7.1	Sintesi delle conoscenze acquisite	36
7.2	Consigli e prescrizioni.....	37

Tavole

Tav. n. 1 – Ubicazione delle indagini geognostiche, scala 1:2.000

Tav. n. 2 – Sezioni geognostiche

Appendici

App. n. 1 – Stratigrafia sondaggi geognostici.

App. n. 2 – Prove di permeabilità in foro.

App. n. 3 – Prove penetrometriche dinamiche.

App. n. 4 – Prove geotecniche.

App. n. 5 - Indagine geofisica.

1 PREMESSA

Gli scriventi hanno ricevuto l'incarico di redigere uno studio teso ad identificare le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati dalla realizzazione del Piano Attuativo c1/b, compreso nell'Accordo di Programma per la ripermetrazione, riqualificazione e la reindustrializzazione dell'area ex FIAT Alfa Romeo" (D.G.R. n. 9/1156 del 29 dicembre 2010).

L'edificazione del comparto si svilupperà principalmente verso il confine Nord dell'area (in prossimità dalle nuove costruzioni esistenti che accolgono attività di logistica e produzione) e sarà caratterizzata da un edificio principale, rappresentato da una grande galleria coperta al cui interno troveranno spazio le varie attività commerciali e di servizio. Il fabbricato si sviluppa su due livelli fuori terra e privo di interrati; sul fronte meridionale e nell'estremità occidentale sono previsti dei parcheggi interrati (rispettivamente di 1 e 2 piani). Sono inoltre previsti, in posizioni marginali al comparto, altri edifici secondari di minore superficie.

L'area oggetto del P.A. attualmente risulta totalmente ineditata a seguito della demolizione degli edifici che in precedenza occupavano il sedime.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 8 sondaggi geognostici, n. 21 prove penetrometriche dinamiche continue e n. 2 stendimenti sismici con metodologia MASW.

Le verifiche geotecniche (statiche e sismiche) saranno svolte in accordo con la teoria dello **stato limite** come previsto dalla normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

La struttura in progetto viene classificata come opera ordinaria (tipo 2 di cui alla Tab. n. 1.1) cui corrisponde un valore di vita nominale $V_N \geq 50$ anni.

Opera	Tipo	V_N (anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	1	≤ 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.	2	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.	3	≥ 100

Tab. n. 1.1 – Tipo e vita nominale dell’opera (D.M. 14/01/2008 – tabella 2.4.I).

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di eventuale collasso in caso di evento sismico l’opera in esame può essere classificata in classe d’uso III cui viene associato un coefficiente d’uso (C_U) pari a 1,5 (tabella n.2.4.II – NTC; Tab. n. 1.2).

Classe d’uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tab. n.1.2 – Classi e coefficienti d’uso (D.M. 14/01/2008 – tabella 2.4.II)

Il periodo di riferimento (V_R) dell’evento sismico, definito come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d’uso (C_U), nel caso del progetto in esame risulta pari a: $V_R = 50\text{anni} \times 1,5 = 75$ anni.

La presente relazione è redatta conformemente al D.M. 14.01.08 “Norme tecniche per le Costruzioni”.

Lo studio, partendo dagli aspetti geologici generali, entra nel dettaglio del comparto, analizzando i terreni investigati ed assegnando i valori dei parametri geotecnici in riferimento all’intervento da realizzare, dando le prescrizioni e i consigli necessari, nel settore di competenza, per una corretta progettazione ed esecuzione dell’opera.

2 INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE

Il comparto in esame è collocato nell'alta pianura lombarda occidentale, a Nord-Ovest dell'area metropolitana milanese.

Questo settore appartiene al cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura", costituito da lenti ghiaioso-sabbiose con intercalazioni argillose anche se non mancano ciottoli fino a decimetrici di rocce granitiche e granodioritiche ben arrotondati e brecce metamorfiche; lo spessore di alterazione è in genere modesto, nell'ordine dei 25 - 70 cm. Nel complesso questi depositi costituiscono una complessa successione di lenti e orizzonti che si interdigitano reciprocamente con variazioni granulometriche più o meno nette e marcate sia in orizzontale che in verticale.

Questi terreni fino a c.ca 140 metri di profondità sono stati depositi nel corso del Pleistocene superiore ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali provenienti dai fronti di espansione dei ghiacciai e sono classificati in letteratura come "Diluvium Recente". Essi sono stati trasportati dalle acque di fusione dei ghiacciai innalzando il livello della pianura fino all'odierna morfologia, in successione ai sedimenti di origine marina costituiti da argille e argille marnose.

Dinamica geomorfologica

L'area, caratterizzata da intensa urbanizzazione, non presenta le morfologie originarie legate all'azione delle acque di fusione glaciale. L'elemento morfogenetico principale è rappresentato dal T.te Lura che scorre con andamento Nord-Sud lungo il perimetro occidentale del settore interessato dalla realizzazione del centro commerciale che non risulta aree soggetto ad allagamento.

Idrogeologia

La falda superficiale che interessa il comparto presenta un andamento generale di deflusso orientato NO-SE, con un gradiente idraulico variabile tra 0,1% e 0,5%; la soggiacenza si attesta intorno ai 15 - 20 m dal p. c..

Per una trattazione più estesa delle problematiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del comparto si rimanda alla precedente relazione geologica (Studio Congeo, aprile 2012).

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 PROGRAMMA D'INDAGINE

Per la caratterizzazione geologica, idrogeologica, meccanica e sismica del comparto in esame è stata realizzata una campagna geognostica strutturata sulle seguenti indagini (*Tav. n. 2*):

- n. 8 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabili tra m 15 e 30 da p.c. con realizzazione di prove penetrometriche e prove di permeabilità in foro e raccolta di campioni rimaneggiati.
- n. 21 prove penetrometriche dinamiche continue spinte fino alla profondità di m 12,0 o fino a rifiuto.
- n. 2 stendimenti sismici con metodologia MASW.
- n. 2 stazioni di misura del rumore sismico ambientale.
- prove di laboratorio geotecnico per la classificazione dei terreni (granulometria).

La tipologia e l'ubicazione delle indagini realizzate è funzione delle caratteristiche geologiche e morfologiche del comparto, oltre che della possibilità di accesso alle aree (presenza di sottoservizi), ed è tesa alla definizione del modello geologico, idrogeologico e geotecnico dell'intera area al fine di permettere la progettazione dell'intervento edilizio in esame.

3.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI

I carotaggi sono stati eseguiti per mezzo di una sonda perforatrice MUSTANG 5-F4 (diametro di carotaggio 127mm e rivestimento, per il sostegno delle pareti del foro, di diametro 152 mm) e di una COMACCHIO GEO 205 (diametro di carotaggio 101mm e rivestimento, per il sostegno delle pareti del foro, di diametro 127 mm).

Il materiale prelevato è stato poi riposto in apposite cassette catalogatrici con scomparti divisorii di lunghezza pari a m 1,0.

Le perforazioni S1, S2 e S3 sono state spinte fino alla profondità di m 30 da p.c.; i sondaggi S4, S5, S6, S7 e S8 hanno raggiunto la profondità di m 15 da p.c..

3.2.1 Stratigrafia

La perforazione a carotaggio continuo a secco ha permesso la definizione dettagliata della stratigrafia dei terreni attraversati (*App. n. 1*).

Al di sotto dei materiali di riporto superficiali si osserva una successione stratigrafica piuttosto monotona costituita da una miscela eterogenea dal punto di vista granulometrico; si tratta in generale di sabbie più o meno limose con ghiaia e ciottoli. Localmente si rinvencono orizzonti di spessore metrico di sabbie pulite e per profondità superiori a 20 m livelli sabbioso limosi o limoso sabbiosi.

Per i rapporti stratigrafici di dettaglio si rimanda all'appendici n. 1.

Nel corso delle perforazioni la presenza della falda idrica è stata rilevata tra 14 e 15 m dal p.c..

3.2.2 Prove SPT

Nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove SPT (Standard Penetration Test), eseguite secondo le norme ISSFME; si tratta delle prove più affidabili e note per la caratterizzazione dei terreni incoerenti poiché possiedono una ricca serie di dati e correlazioni in letteratura.

La prova penetrometrica standard SPT consiste nell'infiggere un campionatore standardizzato nel terreno al fondo del foro di sondaggio mediante battitura in superficie di un maglio di kg 63,5 che cade ripetutamente da un'altezza di mm 760.

La resistenza del terreno è definita in termini di numero di colpi (N_{SPT}) del maglio necessario ad ottenere un'infissione di cm 30 del campionatore, dopo un primo affondamento di cm 15 necessario per superare la zona di fondo disturbata dalle operazioni di sondaggio ed eventualmente ingombra di detriti (questo primo valore di infissione è pertanto scartato).

Sono state realizzate complessivamente n. 48 prove SPT al fine di investigare nel dettaglio le caratteristiche di addensamento e consistenza dei terreni interessati dall'intervento in progetto.

Le risultanze delle prove SPT sono riportate nella tabella n. 3.1.

	Prof.	N1	N2	N3	N_{SPT}
S1	3,0	9	7	7	14
	6,0	10	7	11	18
	12,0	17	47	50R12	RIF
	18,0	16	30	50R11	RIF
	24,0	9	28	26	54
	30,0	24	46	40	86
S2	3,0	10	11	13	24
	6,0	6	6	4	10
	12,0	16	26	23	49
	18,0	13	40	50R12	RIF
	24,0	17	37	49	86
	30,0	17	29	48	77
S3	4,5	22	27	36	63
	6,0	7	9	12	21
	12,0	11	33	45	78
	18,0	9	12	19	31
	24,0	17	32	34	66
	30,0	17	34	50R9	RIF
S4	3,0	4	4	5	9
	4,5	4	8	4	12
	6,0	12	18	18	36
	9,0	10	23	22	45
	12,0	15	15	23	38
	15,0	15	16	32	48
S5	3,00	4	5	13	18
	4,50	10	7	4	11
	6,00	6	6	6	12
	9,00	10	14	15	29
	12,00	25	31	40	71
	15,00	20	12	13	25
S6	3,00	5	12	16	28
	4,50	5	7	7	14
	6,00	9	12	7	19
	9,00	12	21	19	40
	12,00	50R14			RIF
	15,00	25	50R11		RIF
S7	3,00	3	4	10	14
	4,50	11	15	13	28
	6,00	8	7	7	14
	9,00	12	8	9	17
	12,00	26	31	24	55
	15,00	44	46	38	84
S8	3,00	7	11	12	23
	4,50	11	50R12		RIF
	6,00	8	10	8	18
	9,00	25	30	50R12	RIF
	12,00	9	9	14	23
	15,00	21	28	20	48

Tab. n. 3.1 - Risultanze delle prove penetrometriche in foro di sondaggio (SPT).

Normalizzazione dei valori di N_{SPT}

Il valore di N_{SPT} misurato nel corso della prova deve essere normalizzato in funzione del rendimento energetico del dispositivo di infissione secondo un rendimento di riferimento identificato pari al 60% (N_{60}). In mancanza di misure di campo del rendimento medio del dispositivo utilizzato si ricorre a fattori di correzione proposti in letteratura per attrezzature simili a quella utilizzata.

$$N_{60} = ER \cdot N_{SPT} = 1,08 \cdot N_{SPT}$$

Infine il valore di N_{60} viene normalizzato anche per tenere conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante:

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{60} = (1/\sigma_v')^{0,56} \cdot N_{60}$$

Nella tabella n. 3.2 vengono riportati i valori normalizzati che verranno utilizzati per la stima dei parametri geotecnici dei terreni.

	Prof.	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$
S1	3,0	14	15	20
	6,0	18	19	18
	12,0	RIF	RIF	RIF
	18,0	RIF	RIF	RIF
	24,0	54	58	25
	30,0	86	93	35
S2	3,0	24	26	34
	6,0	10	11	10
	12,0	49	53	33
	18,0	RIF	RIF	RIF
	24,0	86	93	39
	30,0	77	83	31
S3	4,5	63	68	72
	6,0	21	23	20
	12,0	78	84	52
	18,0	31	33	17
	24,0	66	71	30
	30,0	RIF	RIF	RIF
S4	3,0	9	10	13
	4,5	12	13	14
	6,0	36	39	35
	9,0	45	49	35
	12,0	38	41	26
	15,0	48	52	29
S5	3,00	18	19	25
	4,50	11	12	13
	6,00	12	13	12
	9,00	29	31	23
	12,00	71	77	48
	15,00	25	27	15
S6	3,00	28	30	39
	4,50	14	15	16
	6,00	19	21	19
	9,00	40	43	31
	12,00	RIF	RIF	RIF
	15,00	RIF	RIF	RIF
S7	3,00	14	15	20
	4,50	28	30	32
	6,00	14	15	14
	9,00	17	18	13
	12,00	55	59	37
	15,00	84	91	50
S8	3,00	23	25	32
	4,50	RIF	RIF	RIF
	6,00	18	19	18
	9,00	RIF	RIF	RIF
	12,00	23	25	15
	15,00	48	52	29

Tab. n. 3.2 – Valori normalizzati N_{60} e $(N_1)_{60}$.

3.3 PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORO

In corrispondenza di alcune perforazioni sono state realizzate delle prove di permeabilità secondo la metodologia Lefranc; le prove hanno lo scopo di valutare la conducibilità idraulica dei terreni.

La prova consiste nell'isolare un tratto di foro e di immettervi acqua pulita fino ad un'altezza nota h_0 , quindi si provvede a misurare le variazioni del battente d'acqua nel tempo (prove a carico variabile) fino alla stabilizzazione al precedente livello statico di falda, o al prosciugamento del foro (Fig. n. 3.1).

Al fine di investigare in modo omogeneo i terreni interessati dalle opere di smaltimento previste, sono stati investigati i seguenti intervalli:

- 1) Sondaggio S5 da m 3,9 a 4,5
- 2) Sondaggio S6 da m 4,0 a 4,5
- 3) Sondaggio S7 da m 3,5 a 4,0
- 4) Sondaggio S8 da m 3,0 a 3,5

Nelle appendici sono riportate le schede di prova (App. n. 2).

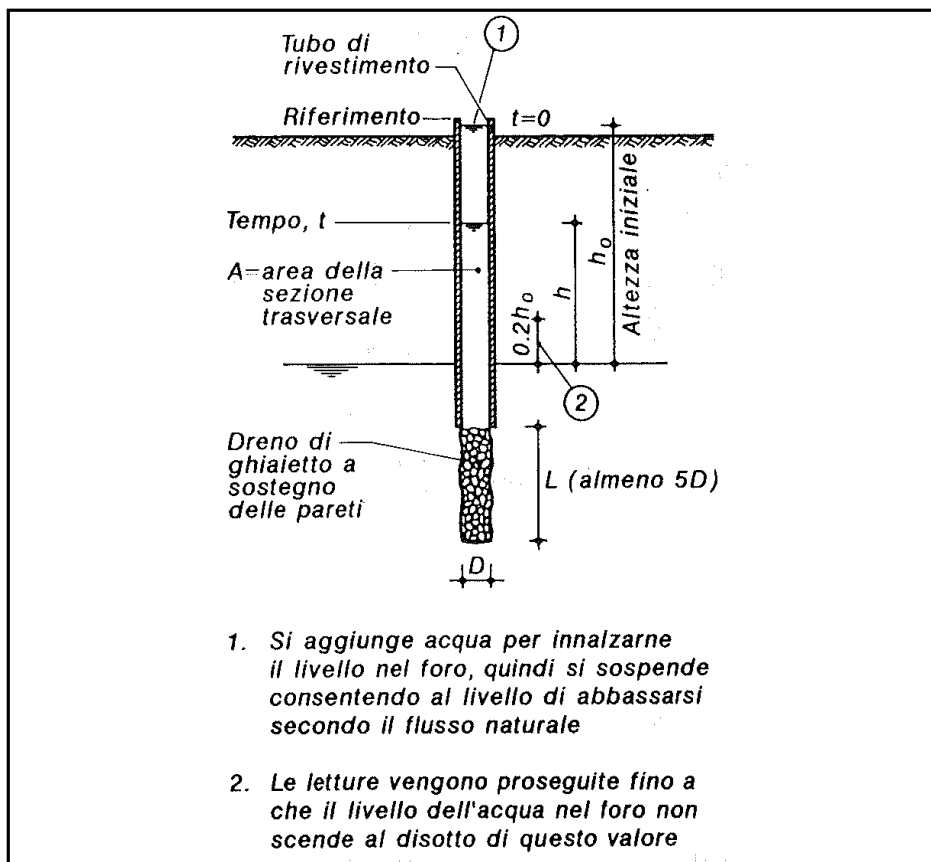


Fig. n. 3.1 – Schema di prova tipo Lefranc per immissione a carico variabile (Cestari, 1996).

La stima del valore della permeabilità è basata sull'interpretazione delle prove in foro secondo la metodologia Lefranc.

La conducibilità idraulica (k) si ricava dalla seguente relazione (raccomandazioni AGI, 1977):

$$k = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \text{Ln} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

A = Area di base del perforo (m^2).

C_L = Coefficiente di forma.

t_1, t_2 = tempi (sec.) in cui si misurano i livelli h_1 e h_2 (m).

Nella seguente tabella vengono riassunti i valori di permeabilità ricavati dalle misurazioni effettuate nel corso delle quattro prove:

Prova	Profondità	Permeabilità (m/sec)
1	S5 da m 3,9 a 4,5	$8,2 \cdot 10^{-6}$
2	S6 da m 4,0 a 4,5	$7,3 \cdot 10^{-5}$
3	S7 da m 3,5 a 4,0	$9,2 \cdot 10^{-5}$
4	S8 da m 3,0 a 3,5	$5,4 \cdot 10^{-5}$

Tab. n. 3.3 – Valori di conducibilità idraulica ricavati dalle prove in foro di sondaggio.

In corrispondenza del sondaggio S4 (tra m 3,5 e 4,0 da p.c.) è stata tentata una quinta prova nel corso della quale però non è stato possibile stabilizzare il livello dell'acqua nel foro. Tale condizione può indicare una permeabilità molto elevata ($1 \cdot 10^{-3}$ m/s) o la non corretta preparazione del foro.

3.4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico tipo TG 63/100 KN che, secondo la normativa europea I.S.S.M.F.E. '88, è paragonabile ad un DPSH (Dynamic Probing Super Heavy).

Le caratteristiche dello strumento utilizzato corrispondono alla nuova categoria di standard internazionale.

La prova consiste nell'infissione lungo la direzione del filo a piombo di una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, in seguito alla discesa di un maglio di peso pari a 63,5 Kg direttamente sulla testa di battuta da un'altezza di caduta di 75 cm.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione di 30 cm delle aste nel terreno (N_D) in modo continuo, fino alla profondità di fine prova, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.

3.4.1 Risultati

La maggior parte delle prove effettuate ha evidenziato la presenza di un livello superficiale rimaneggiato (pavimentazione in cls o asfalto e sottofondo) con numero di colpi molto variabile (in genere molto alto). Al di sotto di questo "orizzonte antropico" si riconosce in tutte le verticali di indagine un livello più o meno spesso caratterizzato da grado di addensamento molto basso ($N_D < 5$ colpi/piede) che si spinge fino a profondità variabili tra m 1,8 e 3,6 da p.c..

Più in profondità si registra un moderato aumento del numero di colpi che però non va al di sopra di 10 - 15 colpi/piede, se non in corrispondenza di intercalazioni di spessore più o meno ridotto.

Solo a partire da profondità di c.ca 6,0 - 9,0 m il grado di addensamento diventa alto ($N_D > 20$ colpi/piede). Il rifiuto alla penetrazione (oltre 100 colpi per un avanzamento di 30 cm) si registra a partire da profondità superiori a m 10,2 (a meno della presenza di blocchi di grosse dimensioni come presumibilmente avvenuto in corrispondenza delle prove DP5 e DP17), ma non è riscontrato in tutte le verticali di indagine.

Nel corso delle prove non è stata rilevata la presenza di acqua.

Profondità	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6	DP7	DP8	DP9	DP10	DP11	DP12	DP13	DP14	DP15	DP16	DP17	DP18	DP19	DP20	DP21	
0,0																						
0,3	57	39	3	14		4			21		88	17										
0,6	11	14	2	10	12	3	14	24	14	18	12	17	12	51	4	85	17	61	16	18	12	
0,9	3	6	3	6	20	4	22	8	7	16	3	10	90	29	6	27	16	18	16	9	2	
1,2	3	5	4	2	21	1	25	13	5	17	5	3	12	25	8	11	34	16	9	7	2	
1,5	2	2	4	1	12	2	8	17	2	21	3	1	4	26	3	4	12	10	7	6	1	
1,8	3	2	2	1	5	3	4	18	1	18	6	1	4	55	1	2	27	8	2	4	1	
2,1	8	4	2	1	6	1	2	5	1	4	10	2	5	29	6	2	25	7	5	3	2	
2,4	7	8	6	1	14	4	2	2	1	3	8	6	4	10	4	10	30	3	6	2	1	
2,7	8	7	25	7	20	10	2	1	2	8	8	9	10	5	9	11	22	6	3	2	3	
3,0	6	8	19	14	3	8	1	4	7	12	9	7	10	4	12	10	12	2	5	2	2	
3,3	5	10	15	10	17	7	1	9	10	11	12	9	10	10	11	9	9	5	7	3	2	
3,6	10	7	23	12	13	7	12	12	7	11	22	7	20	10	12	9	14	16	9	3	10	
3,9	6	15	16	8	13	7	18	12	9	6	31	6	13	11	14	8	13	15	9	7	10	
4,2	10	15	20	7	12	7	69	9	8	14	24	4	10	12	12	8	10	26	6	16	13	
4,5	22	10	20	9	12	11	46	8	10	13	15	7	12	14	8	11	11	50	6	34	19	
4,8	15	7	17	7	9	20	24	16	19	15	9	10	21	16	9	10	16	49	23	33	25	
5,1	7	6	10	5	7	10	18	12	13	12	12	8	38	14	10	6	24	15	35	15	21	
5,4	8	12	10	7	23	9	22	8	9	9	8	13	17	9	7	6	41	8	15	10	36	
5,7	10	11	10	13	60	8	19	9	6	7	6	12	13	14	5	12	38	9	10	9	33	
6,0	8	16	10	7	37	8	10	8	8	10	6	7	10	16	8	13	37	11	9	12	16	
6,3	7	11	13	7	58	10	9	7	11	11	6	9	14	10	7	9	44	17	13	10	9	
6,6	7	14	19	4	72	11	9	8	9	14	8	7	13	15	10	11	29	15	7	13	7	
6,9	13	13	11	10	100	10	9	9	10	9	11	7	9	12	12	9	79	14	10	14	13	
7,2	17	14	9	14		17	14	8	12	10	11	11	11	10	9	9	100	18	9	15	12	
7,5	14	18	15	15		14	10	9	8	11	11	11	8	13	8	13		18	7	12	6	
7,8	18	21	13	12		14	9	10	13	12	18	9	14	8	11	11		19	7	11	6	
8,1	20	24	31	9		19	10	9	13	17	20	11	14	7	12	8		15	8	12	7	
8,4	19	27	18	15		12	8	14	14	17	24	17	16	13	10	18		14	14	14	7	
8,7	17	18	17	14		13	8	16	14	13	19	16	15	12	10	13		16	12	23	8	
9,0	27	19	21	16		18	8	14	13	19	16	36	14	16	10	9		19	12	15	10	
9,3	31	34	19	24		20	12	18	18	18	23	28	22	21	14	19		21	22	14	10	
9,6	21	22	24	31		18	24	17	14	23	24	29	18	16	27	29		24	19	15	14	
9,9	14	17	18	30		19	18	23	24	19	31	20	19	12	68	25		20	18	25	13	
10,2	24	41	18	24		24	17	22	20	21	29	24	24	8	100	26		37	19	29	21	
10,5	23	18	30	32		26	32	24	24	20	40	22	29	7		31		44	20	35	19	
10,8	31	19	42	41		19	100	26	25	38	29	22	31	20		28		53	29	42	22	
11,1	16	59	39	41		27		31	18	64	34	30	30	21		37		48	22	38	49	
11,4	54	74	61	29		31		28	19	100	33	49	41	24		41		100	20	40	29	
11,7	69	100	100	34		41		42	26		51	100	32	29		100			27	29	27	
12,0	100			38		44		34	24		54		33	27					31	51	24	

Tab. n. 3.4 – Risultanze delle prove penetrometriche dinamiche (N_D).

3.4.2 Conversione in valori standard

Il rapporto tra il numero di colpi misurati nella prova DPSH (N_D) e SPT (N_{SPT}), che costituisce la prova di riferimento, risulta molto variabile in particolare in funzione della natura del materiale (contenuto di fine, acqua, etc.) e della tensione geostatica (direttamente collegata alla profondità dal piano campagna). Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze pratiche.

Dal confronto tra i valori della prova standard realizzata nei sondaggi geognostici (N_{SPT}) e quelli registrati nelle prove dinamiche continue limitrofe (N_D), oltreché sulla base dell'esperienza maturata su materiali analoghi, si ritiene di utilizzare un fattore di conversione, comunque cautelativo, pari a 1,15.

Il valore di N_{SPT} ottenuto tramite le correlazione precedentemente descritte deve essere quindi normalizzato secondo le modalità viste precedentemente per la prova standard (cfr 3.2.2).

3.5 PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Nel corso delle perforazioni sono stati raccolti complessivamente cinque campioni rimaneggiati, ritenuti rappresentativi delle diverse litologie incontrate; i campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio finalizzate alla classificazione geotecnica dei terreni (analisi granulometrica). Data la natura dei materiali il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi geotecniche più approfondite non è fattibile.

I punti di prelievo dei campioni sono sintetizzati nella seguente tabella (Tab. n. 3.5).

Camp.	Sondaggio	Prof.
C1	S1	22,0 – 23,0
C2	S2	14,0 – 15,0
C3	S6	6,5 – 7,5
C4	S7	3,0 – 4,0
C5	S8	4,0 – 5,0

Tab. n. 3.5 – Sintesi delle prove di laboratorio geotecnico.

3.5.1 Risultati

Per quanto riguarda la distribuzione granulometrica dei campioni analizzati le tabelle e le figure sottostanti riassumono i risultati delle analisi effettuate.

Camp.	Prof.	ghiaia	sabbia	limo	argilla
C1	22,0 - 23,0	19,14	50,34	20,38	10,14
C2	14,0 - 15,0	27,45	50,35	13,80	8,40
C3	6,5 - 7,5	25,50	51,71	15,52	7,27
C4	3,0 - 4,0	37,40	46,96	11,52	4,12
C5	4,0 - 5,0	45,85	38,87	11,09	4,18

Tab. n. 3.6 – Distribuzione granulometrica dei campioni analizzati.

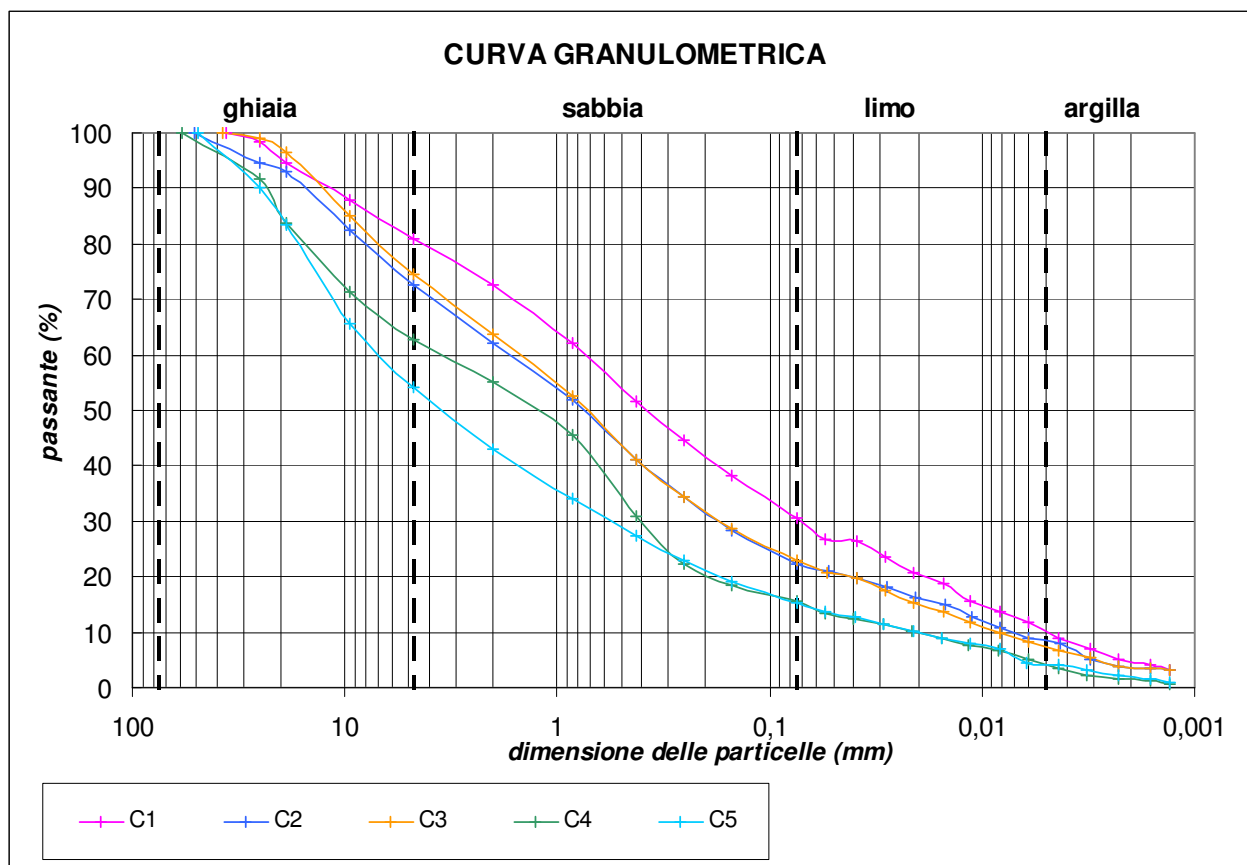


Fig. n. 3.2 – Curva granulometrica dei campioni analizzati.

I campioni analizzati sono costituiti prevalentemente da sabbia (47 - 52%) e ghiaia (19 - 37%) con frazione fine sempre presente in

percentuale significativa (15 – 30%). Secondo la nomenclatura geotecnica AGI i campioni analizzati possono essere denominati:

- C1: sabbia limoso ghiaioso argillosa;
- C2: sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa;
- C3: sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa;
- C4: sabbia con ghiaia limosa con tracce di argilla;
- C5: ghiaia con sabbia limosa con tracce di argilla.

Sulla base delle frazioni granulometriche e delle caratteristiche di plasticità desunte dalle osservazioni in campo i terreni in esame sono classificabili secondo lo standard USCS come:

- C1, C2, C3, C4: SM (sabbie limose con ghiaia);
- C5: GM (ghiaie limose con sabbia).

3.6 INDAGINI GEOFISICHE

Per la caratterizzazione sismica del sito di progetto sono state realizzate le seguenti indagini:

- **n. 2 stendimenti sismici effettuati con la metodologia MASW attiva** al fine di ricostruire il profilo delle onde di taglio con la profondità (profilo Vs-z) per una corretta progettazione antisismica delle strutture (O.P.C.M. 3274 e s.m.i.; D.M. 14.01.2008).

- **n. 2 stazioni di misura del rumore sismico ambientale (HVSR)** al fine di verificare la presenza di interfacce elastiche caratterizzate da forti contrasti di impedenza in grado quindi di generare risonanza.

3.6.1 Metodologia MASW

La prova MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh, che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica generata nel corso di una prova.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo rappresentati dalle onde superficiali (ground roll);
2. costruzione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);

3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale che descrive la variazione di v_s con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio (v_s) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono state generate tramite una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posta ad una distanza di 10 m dai geofoni esterni dello stendimento effettuando più energizzazioni; per la registrazione sono stati utilizzati geofoni da 4,5 Hz collegati ad un sismografo EEG BR24 a 24 canali.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale della v_s dalla curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno sulla base della tipologia dei materiali attraversati.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2,0 m.

3.6.2 Metodologia HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica. Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti. In qualsiasi luogo sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari, etc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F_0) del terreno risulta pari a:

$$F_0 = \frac{V_s}{4H}$$

(v_s = velocità media delle onde S nello strato; h = spessore dello strato).

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

La strumentazione utilizzata per l'indagine è costituita da un geofono triassiale EEG; il segnale dei tre velocimetri è acquisito in sito per un tempo t pari ad almeno 20 minuti, e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori.

3.6.3 Analisi dei risultati

L'analisi sismica con metodologia MASW ha permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Fig. n. 3.7).

Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dai due stendimenti sismici si ottengono i seguenti modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativi dell'area investigata:

MASW1		MASW2	
z (m)	Vs (m/s)	z (m)	Vs (m/s)
2	138	2,2	199
9,9	284	9,7	289
13,8	370	14,7	373
17,6	613	18,9	609
23,6	583	24	585
34,9	576	32,9	594
46,9	693	47,1	876

Tab. n. 3.7 – Modello sismico monodimensionale.

Il profilo delle onde di taglio mostra un graduale aumento delle velocità nel quale si inseriscono due significativi e repentini incrementi alle profondità di m 14-15 e 33-35 da p.c. che rappresentano importanti discontinuità (litozone aventi caratteristiche elastiche molto differenti). I risultati ottenuti dai due stendimenti risultano in buon accordo.

Il substrato sismico di riferimento (velocità delle onde s superiori a 800 m/s) è raggiunto solo nella seconda prova sismica alla profondità di m 32,9.

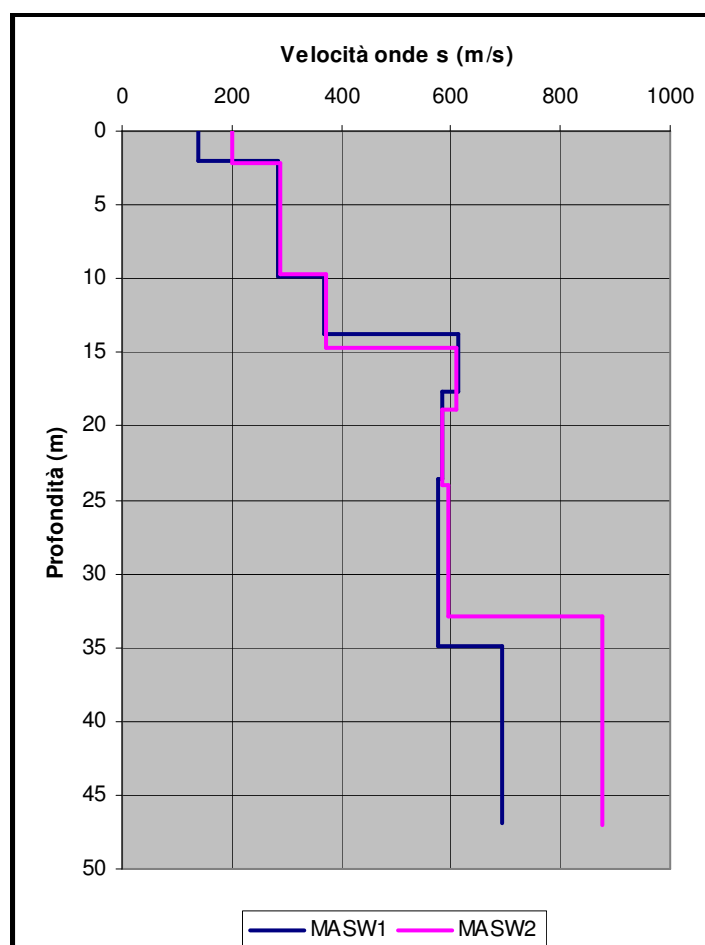


Fig. n. 3.3 – Profilo di velocità delle onde s con la profondità.

L'analisi con metodologia di sismica passiva H/V ha evidenziato anche in questo caso un buon accordo tra le misure effettuate nei due punti di stazione (Fig. n. 3.4). Entrambe le prove hanno evidenziato un picco principale di frequenza localizzato a c.ca 7 Hz, ed un secondo picco, molto più marcato, localizzato a c.ca 50-60 Hz. Quest'ultimo è riferibile a fattori di disturbo antropico, mentre il precedente (7 Hz) può essere correlato ad una discontinuità elastica presente alla profondità di c.ca m 10 da p.c.

(profondità alla quale le prove penetrometriche cominciano ad evidenziare una superficie di rifiuto alla penetrazione).

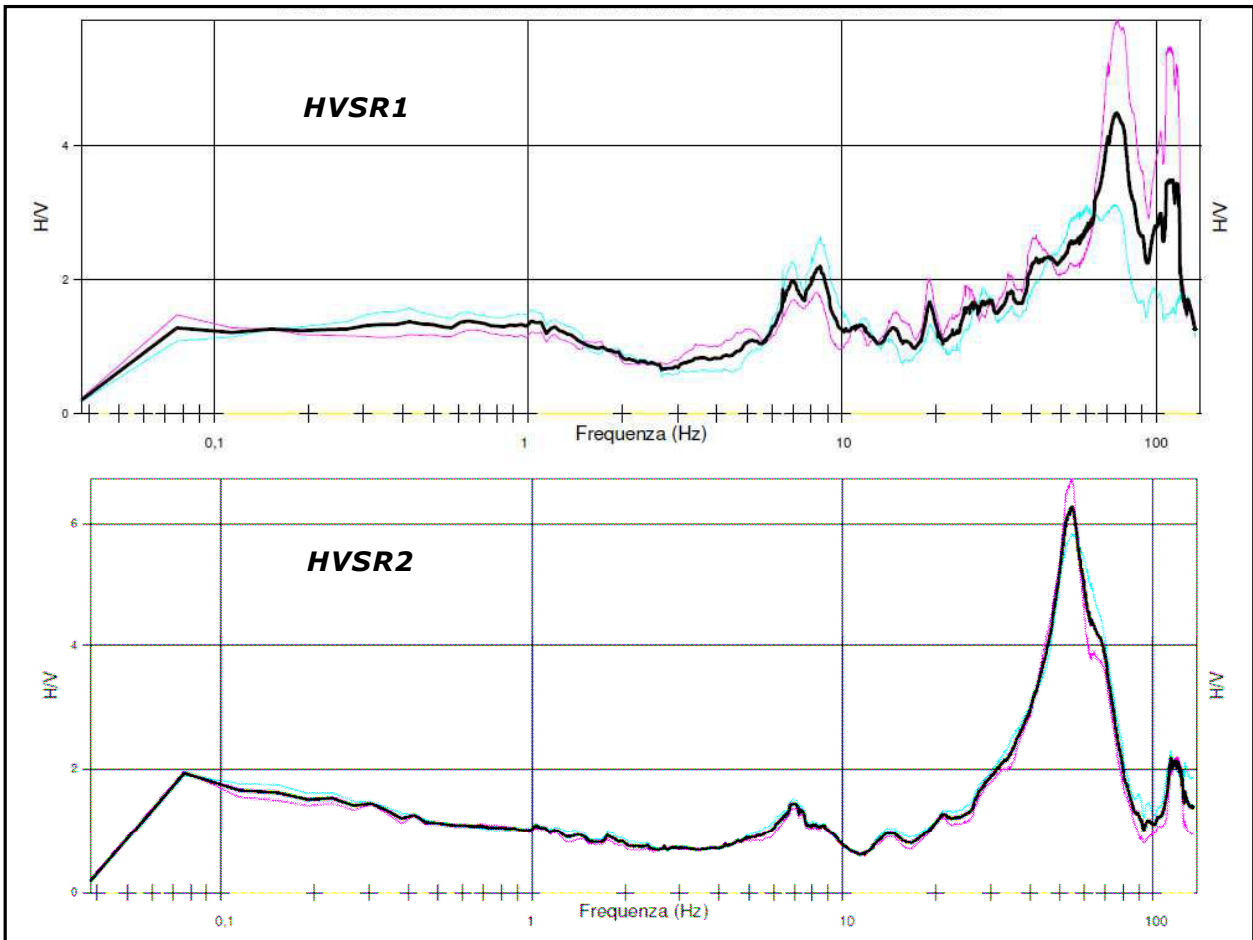


Fig. n. 3.4 – Rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali nelle due stazioni di misura.

4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO

Dall'analisi delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile individuare quattro **tre** unità litotecniche principali che costituiscono il substrato dell'area interessata dall'intervento in esame. Per chiarezza il modello elaborato è stato rappresentato tramite alcune sezioni geognostiche interpretative (*Tav. n. 2*) in modo da consentire una visione immediata delle sue caratteristiche.

4.1 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

La distinzione tra le unità litotecniche descritte nel seguito è basata principalmente sulle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche e quindi rispecchia i cambiamenti nel grado di addensamento dei materiali, che all'infuori degli orizzonti superficiali, sono costituiti da terreni eterometrici generalmente identificabili come sabbie o sabbie limose con ghiaia e ciottoli.

Nel suo complesso l'area in esame è quindi caratterizzata, a partire dalla superficie, dai seguenti livelli:

UNITA' A

Questa unità è situata al di sotto dell'orizzonte di riporto presente in tutto il comparto (ad esclusione di piccole aree a verde) ed è costituita da terreni medio fini rappresentati da limi sabbioso argillosi, generalmente con poca ghiaia che si spingono anche fino a c.ca m 2,7/3,0 da p.c.. Il grado di consistenza è basso, testimoniato da valori di N_{SPT} compresi tra 2 e 5 colpi/piede. Il comportamento è supposto cautelativamente di natura granulare, anche se può essere presente una significativa componente coesiva.

N_{SPT}	γ_n (kN/m ³)	φ_k' (°)	c'_k (kPa)	E_k (MPa)
2 ÷ 5	18,0	28,0	0,0	9,5

UNITA' B

E' costituita da sabbia debolmente limosa o limosa con ghiaia e ciottoli (presenti in percentuali molto variabili); il grado di addensamento risulta variabile da medio - basso a medio - alto, come evidenziato dal numero di

colpi N_{SPT} compreso in media tra 8 e 17 colpi/piede. Si riconosce al di sotto dell'unità precedente e fino alla profondità di m 9 da p.c..

Il comportamento geotecnico è di tipo granulare, le proprietà discrete.

N_{SPT}	γ_n (kN/m ³)	φ_k' (°)	c'_k (kPa)	E_k (MPa)
8 ÷ 17	18,5	30,6	0,0	20,1

UNITA' C

Si tratta dell'unità più profonda, che si individua per profondità superiori a c.ca m 9 da p.c.; spesso è individuabile anche come orizzonte lentiforme discontinuo a quote superiori, già a partire da m 3,0 da p.c.. Dal punto di vista litologico è sempre costituita da sabbia debolmente limosa o limosa con ghiaia e ciottoli con grado di addensamento da alto a molto alto, testimoniato da valori medi di N_{SPT} compresi tra 20 e 40 colpi/piede, che spesso raggiungono anche il valore di rifiuto alla penetrazione, registrato in genere a partire da profondità di c.ca 10 - 12 m.

Il comportamento geotecnico è di tipo granulare e le proprietà meccaniche buone.

N_{SPT}	γ_n (kN/m ³)	φ_k' (°)	c'_k (kPa)	E_k (MPa)
20 ÷ 40	19,0	35,7	0,0	31,9

4.2 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Nelle tabelle precedenti sono stati riportati i parametri geotecnici caratteristici (X_k) secondo la definizione del Nuovo Testo Unico delle Costruzioni (D.M. 14/01/2008). I valori dei parametri sono desunti dall'analisi dei risultati delle prove effettuate, unitamente a considerazioni sulla tipologia dei terreni da analisi della letteratura e da esperienza pregressa: il valore proposto rappresenta una stima cautelativa che tiene conto del numero di dati a disposizione, della loro dispersione e della variabilità del sottosuolo.

L'andamento dei parametri grezzi e del valore caratteristico stimato è sintetizzato nei seguenti grafici (Fig. n. 4.1).

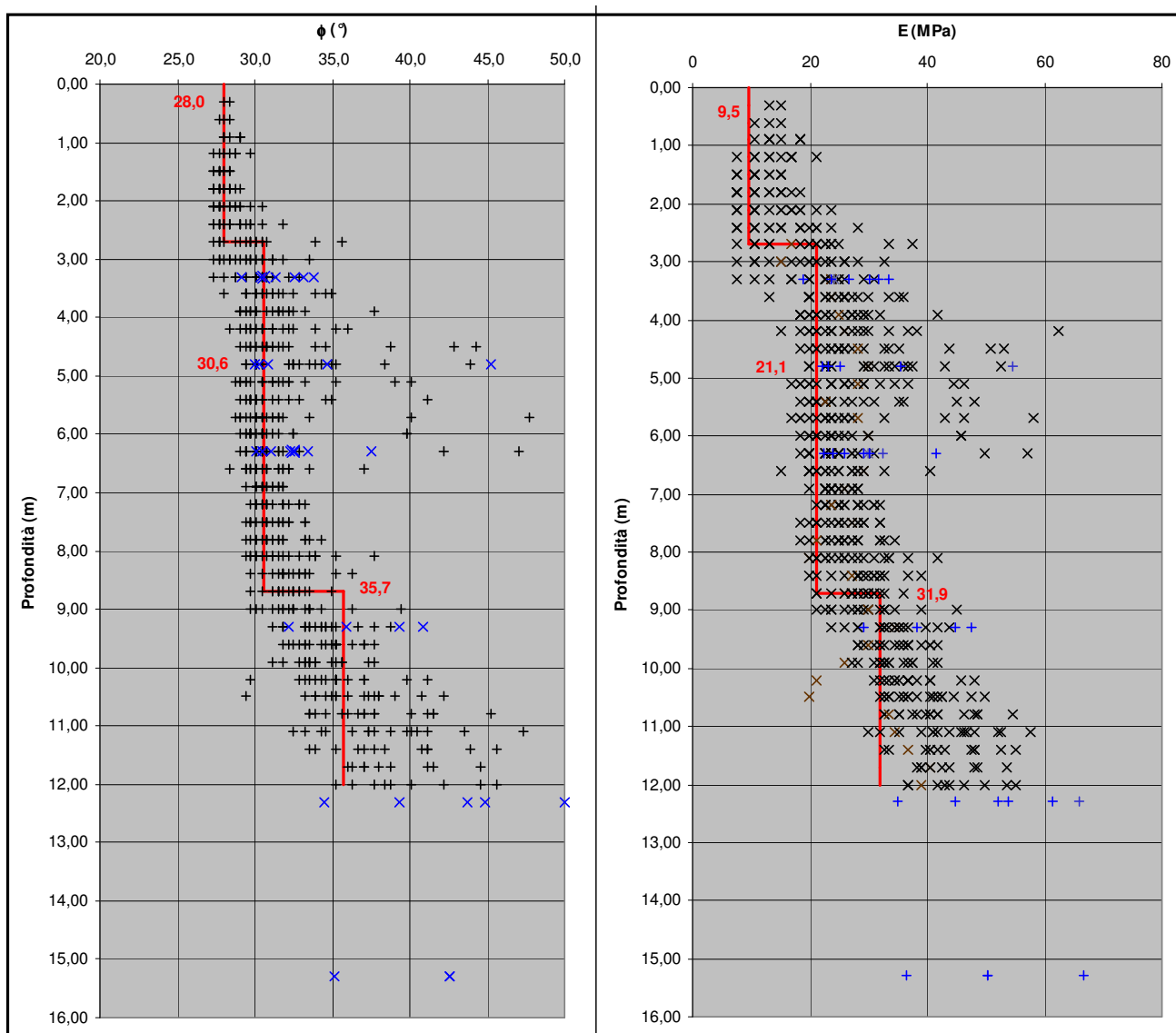


Fig. n. 4.1 – Andamento dei parametri geotecnici: angolo di attrito ϕ' (°) e Modulo elastico E (MPa).; in nero da prove DPSH, in blu da SPT; in rosso X_k .

4.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le indagini geognostiche hanno permesso l'identificazione del livello di falda sulla base delle osservazioni di campo e delle informazioni disponibili a profondità superiori a 14 – 15 m dal piano campagna.

La falda quindi non presenta interferenze dirette con le strutture in esame.

5 PERICOLOSITA' SISMICA

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

La classificazione sismica del territorio nazionale pone il territorio del Comune di Arese in zona 4 (O.P.C.M. n. 3274 del 20-03-2003, All. n. 1; Fig. n. 5.1).

La pericolosità sismica di base, valutata in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di sottosuolo A nelle NTC), viene espressa in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g in base ai nodi del reticolo di riferimento e a diversi tempi di ritorno.

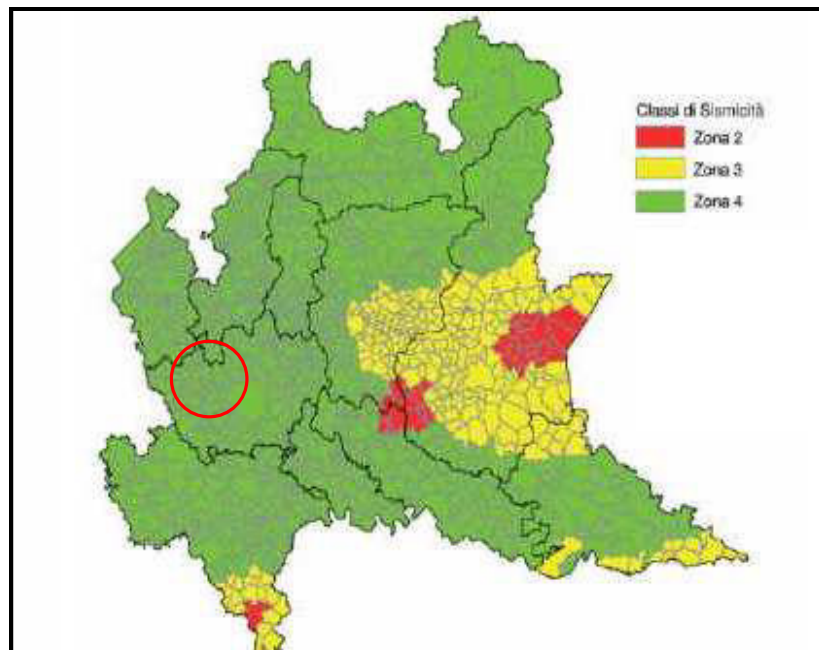


Fig. n. 5.1 – Classificazione sismica secondo l' O.P.C.M. n. 3274 del 20-03-2003.

Per il sito in esame si è stimata, in accordo a quanto previsto dal D.M. 14-01-2008, una accelerazione massima del suolo a_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 712 anni) pari a 0,047g (Fig. n. 5.2 e Tab. n. 5.1).

	Prob. Sup. [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F₀ [-]	T_c* [s]
SLO	81	45	0,020	2,534	0,180
SLD	63	75	0,025	2,567	0,196
SLV	10	712	0,047	2,696	0,295
SLC	5	1462	0,056	2,764	0,313

Tab. n. 5.1 – Parametri sismici di base (non sono presi in considerazione i possibili effetti di amplificazione di sito).

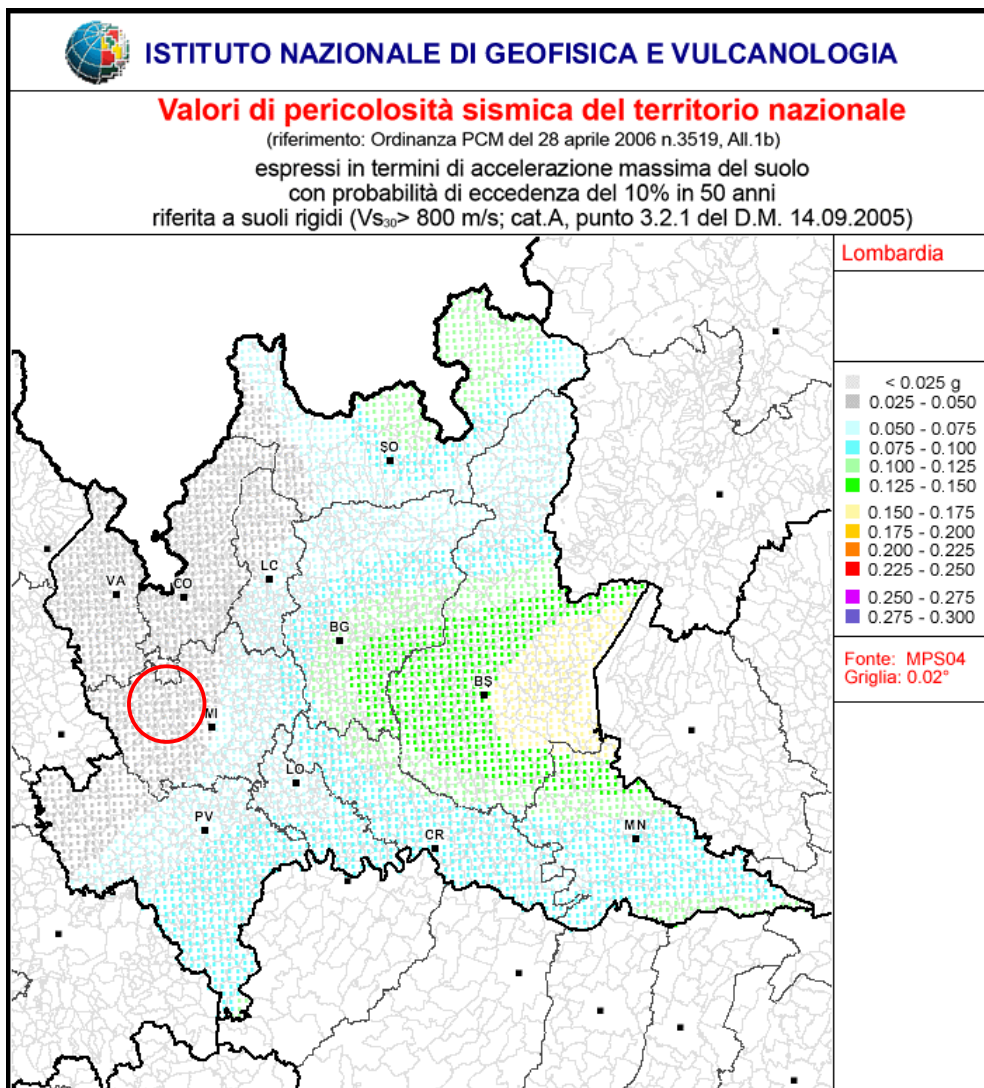


Fig. n. 5.2 – Pericolosità sismica, Regione Lombardia.

Per le verifiche geotecniche in condizioni sismiche si considerano come stati limite caratteristici lo stato di danno (**SLD**) e di salvaguardia della vita (**SLV**).

5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Secondo la normativa nazionale (D.M. 14-01-2008) gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i parametri S_S (coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo) e S_T (coefficiente che tiene conto delle condizioni topografiche).

Effetti stratigrafici

Il parametro " S_S " che definisce gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia viene valutato in funzione delle caratteristiche del terreno nei primi 30 m di profondità.

A partire dal modello sismico monodimensionale ricavato dalle indagini sismiche effettuate con la metodologia MASW sul sito in esame (*Tab. n. 3.7 e Fig. n. 3.3*), si calcola il valore delle V_{s30} , che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (nel caso di fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di posa delle stesse).

Per il calcolo delle V_{s30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14-01-2008 ("*Norme tecniche per le costruzioni*"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (i 30 m di profondità sono stati misurati a partire dal previsto piano fondazionale, supposto a c.ca m 2,5 da p.c. nei settori privi di piano interrato, a c.ca m 5,0 da p.c. nei settori con un piano interrato e a c.ca m 8,5 da p.c. nei settori con due piani interrati):

- MASW 1: rispettivamente $V_{s30} = 438$ m/s, $V_{s30} = 468$ m/s e $V_{s30} = 528$ m/s.
- MASW 2: rispettivamente $V_{s30} = 440$ m/s, $V_{s30} = 479$ m/s e $V_{s30} = 550$ m/s.

a cui corrisponde la **categoria di sottosuolo di tipo B** (*Tab. n. 5.2*).

Sulla base della categoria di sottosuolo, tramite le espressioni riportate nella tabella 3.2.V del D.M. 14-01-2008 si ricava un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S pari a 1,2.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V_{s30} (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360 - 800	> 50	> 250
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 180	< 15	< 70
E	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			

Tab. n. 5.2 - Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14.01.2008).

Effetti topografici

Per la valutazione degli effetti topografici si fa riferimento alla classificazione proposta nella tabella 3.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008, in base alla quale il comparto in esame viene classificato nella categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) cui corrisponde un valore di S_T pari a 1,0 (tabella 3.2. VI del D.M. 14-01-2008).

5.3 ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

La normativa regionale che determina i criteri per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del

Territorio (D.G.R. n. 9/2616 del 30 novembre 2011) prevede (allegato 5), per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, nelle aree PSL Z3 e Z4 lo sviluppo del secondo livello di approfondimento sismico nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 e del D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904.

Sulla base delle caratteristiche geologiche generali il comparto in esame ricade nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale Z4a (*"zona di fondovalle e di pianura con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi"*); poiché il progetto, riguardante un centro commerciale di grande estensione, si configura come edificio rilevante (*"e. edifici e strutture aperte al pubblico, destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento"*), deve essere sviluppato il secondo livello di approfondimento sismico previsto dalla normativa regionale.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (Fa). Per l'analisi degli effetti litologici si seguono le indicazioni fornite dall'Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-11.

1. Scelta della *scheda di valutazione di riferimento*

In base all'andamento delle v_s con la profondità ricavato dall'indagine con metodologia MASW si è scelta la scheda per *litologia limoso - sabbiosa di tipo 2* per la quale la curva v_s -z sperimentale è interamente compresa nel campo di validità.

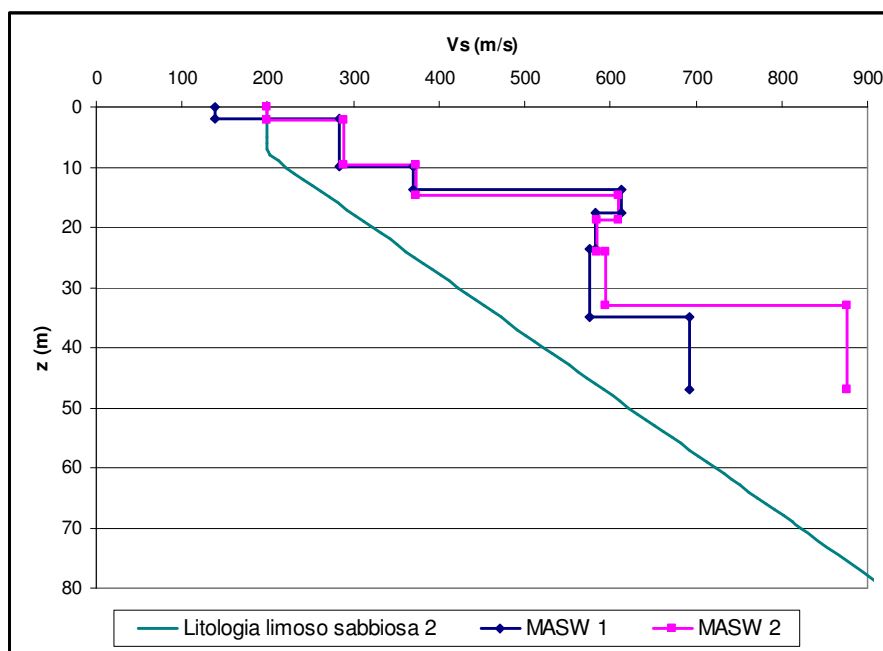


Fig. n. 5.3 – Andamento dei valori di v_s con la profondità: confronto tra misurazioni in sito e scheda limoso sabbiosa tipo 2.

2. Scelta della curva T-Fa

Con riferimento al presunto piano di posa fondazionale è stato considerato come strato superficiale lo spessore di c.ca m 5 – 7 con velocità V_s di c.ca 285 m/s corrispondenti quindi alla curva 3 (blu) del grafico T-Fa.

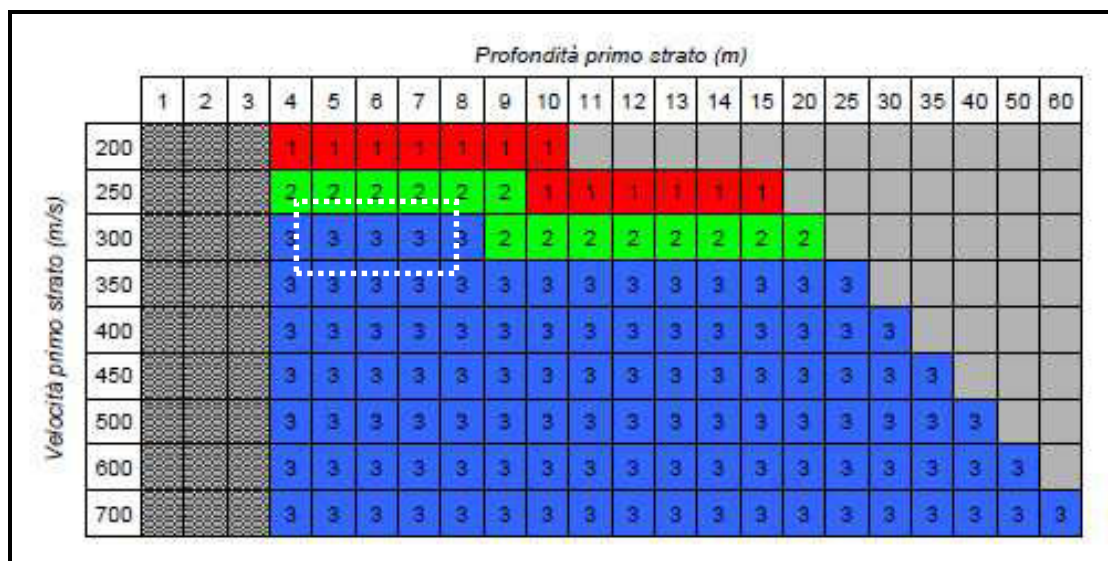


Fig. n. 5.4 – Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del fattore di amplificazione.

3. Calcolo del periodo proprio del sito

Il calcolo considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Si ottengono in questo modo valori del periodo proprio del sito (in funzione della profondità del piano di posa fondazionale) variabili tra 0,18 e 0,33s.

4. Determinazione del fattore di amplificazione

Dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico (Fig. n. 5.5) è stato stimato un fattore di amplificazione medio F_a per i due periodi tipici

0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili) pari a:

Fa	
0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
1,77	1,26

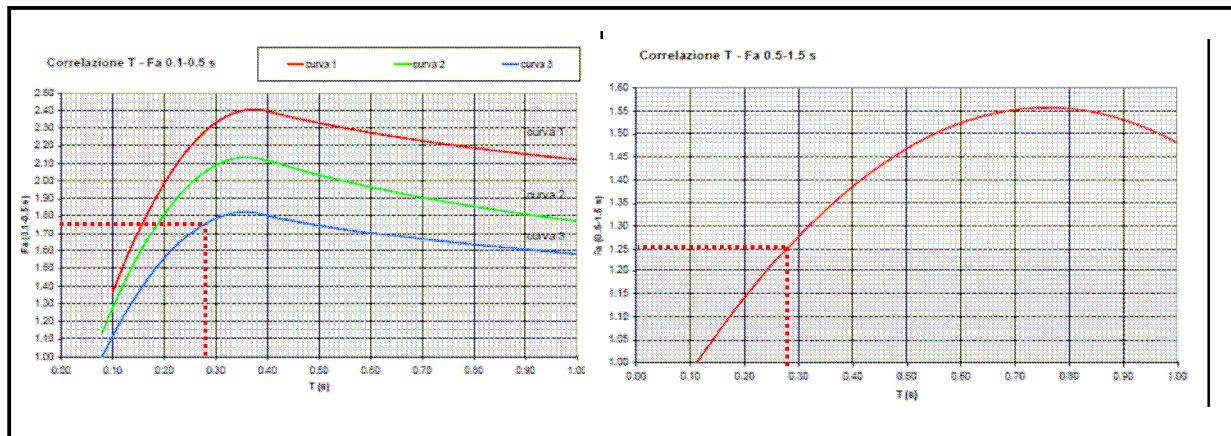


Fig. n. 5.5 – Grafico per la determinazione del fattore di amplificazione.

5. Confronto con i valori soglia calcolati per il Comune di Arese.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori soglia calcolati dalla Regione:

Categorie di suolo	Valori soglia			
	B	C	D	E
Periodo 0,1 – 0,5 s	1,4	1,8	2,2	2,0
Periodo 0,5 – 1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

Nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide si registrano valori di Fa superiori alla soglia calcolata dalla Regione Lombardia, per suoli appartenenti alla categoria B.

La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") non è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia.

In fase di progettazione edilizia si dovranno effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore. Nel caso in esame potrà essere utilizzato lo

spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C, che presenta un valore soglia del fattore di amplificazione superiore a quello calcolato ($1,77 < 1,8$).

5.4 SINTESI DEI PARAMETRI SISMICI

L'analisi sismica di secondo livello ha evidenziato che la normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia. In fase di progettazione delle strutture dovrà quindi essere utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C.

Nella seguente tabella si sintetizzano i parametri sismici per la definizione dello spettro di risposta elastico.

	S_s [-]	S_T [-]	C_c [-]	K_h [-]	K_v [-]	a_{max} [m/s ²]
SLO	1,500	1,000	1,850	0,006	0,003	0,292
SLD	1,500	1,000	1,800	0,007	0,004	0,362
SLV	1,500	1,000	1,570	0,014	0,007	0,690
SLC	1,500	1,000	1,540	0,017	0,008	0,820

Tab. n. 5.3 – Sintesi dei parametri sismici di risentimento al sito.

In alternativa potranno essere sviluppate analisi sismiche più approfondite (terzo livello), consistenti nella modellazione numerica monodimensionale che sulla base delle acquisizioni svolte (sondaggi geognostici e stendimenti sismici MASW) permette di ricavare uno spettro di risposta elastico sito specifico.

5.5 CONSIDERAZIONI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno di annullamento temporaneo della resistenza al taglio dovuto ad accumulo di deformazioni plastiche nei terreni saturi, prevalentemente sabbiosi (ma non solo) sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate; questo fenomeno fa sì che il terreno si comporti come un fluido e interessa materiali privi di coesione quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata dalla colonna di terreno sovrastante.

In accordo a quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 la verifica del potenziale di liquefazione può essere omessa qualora si verifichi almeno una delle condizioni sotto elencate:

- A. Magnitudo dell'evento atteso $M < 5$.
- B. Accelerazione massima al suolo (a_{max}) in condizioni di free-field inferiore a $0,10g$.
- C. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m e fondazioni di tipo superficiale.
- D. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$.
- E. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura n. 7.11.1 delle NTC08.

Nel caso specifico in studio la massima accelerazione attesa al sito a_{max} risulta pari a :

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,071g < 0,1g$$

E' quindi possibile escludere che il sito possa essere soggetto a fenomeni di liquefazione.

6 RESISTENZA DEL TERRENO

Lo studio delle pressioni sul terreno è stato condotto facendo riferimento alle metodologie di calcolo specificate nelle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni". Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione,
- R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

Nel presente documento la resistenza di progetto R_d è stata calcolata seguendo l'Approccio 2 definito nel testo unitario (A1+M1+R3).

La resistenza di progetto R_d è uguale alla resistenza caratteristica (R) calcolata nelle condizioni M1 (considerando i parametri geotecnici caratteristici divisi per un coefficiente parziale γ_m - Tab. n. 6.1), tenendo conto del coefficiente parziale γ_R definito per la combinazione R3 (Tab. n. 6.2).

PARAMETRO	GRANDEZZA A CUI APPLICARE IL COEF. PARZIALE	COEF. PARZIALE γ_m	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. n. 6.1 - Coefficienti parziali parametri geotecnici del terreno (γ_m).

VERIFICA	Simbolo	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	γ_R	1,0	1,8	2,3
Scorrimento	γ_R	1,0	1,1	1,1

Tab. n. 6.2 - Coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche (γ_R).

I valori ottenuti dovranno essere confrontati con quelli di progetto delle azioni E_d calcolati secondo il medesimo approccio.

La resistenza caratteristica (R) è stata valutata mediante la formulazione proposta da Brinch Hansen (1970):

$$R = c N_c s_c + \gamma'_1 D_f N_q s_q + 1/2 \gamma'_2 B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

R	resistenza caratteristica.
c	coesione.
γ'_1	peso di volume efficace per il terreno sopra l'imposta della fondazione.
D_f	Interramento della fondazione.
γ'_2	peso di volume efficace per il terreno sotto la fondazione.
B	larghezza della fondazione.
$N_c-N_q-N_\gamma$	fattori di capacità portante.
$s_c-s_q-s_\gamma$	fattori di forma.

6.1 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE STRUTTURE FONDAZIONALI

Il progetto in esame è rappresentato da un fabbricato principale ad uso commerciale avente una superficie coperta complessiva di c.ca 79.600 m², privo di piani interrati (ad esclusione della porzione orientale dove saranno realizzati dei parcheggi interrati) ed altezza fuori terra di c.ca m 16,0; sono inoltre previsti altri edifici minori (con superficie inferiore a c.ca 1.500 m²) costituiti da un piano fuori terra e privi di interrato. Infine sono previsti un parcheggio interrato di due piani nell'estremità occidentale (lato parco) ed un parcheggio interrato di un piano lungo il fronte meridionale.

Allo stato attuale di progettazione non sono note la tipologia di fondazione che verrà utilizzata né l'entità e la distribuzione dei carichi previsti: il presente documento si prefigge quindi lo scopo di fornire delle indicazioni preliminari sulle caratteristiche di portanza dei terreni investigati.

Per la verifica della capacità portante e dei cedimenti sono state considerate le seguenti ipotesi generali:

- Fondazione del tipo a plinto quadrato di ampiezza variabile tra m 2,0 e 3,0 e profondità di interramento (D_f) pari a m 0,7.
- Carico non eccentrico.
- Profondità di posa, stabilita sulla base del modello geologico tecnico descritto nei capitoli precedenti, non inferiore a m 2,5 da p.c., al di sotto dell'unità A limoso argillosa.

6.2 ANALISI DEI RISULTATI

Nella seguente tabella vengono riportati i valori calcolati della capacità portante ammissibile in funzione della tipologia fondazionale.

Fondazione	Q_{amm}
Plinto 2,0 x 2,0 m	249
Plinto 2,5 x 2,5 m	264
Plinto 3,0 x 3,0 m	280

Tab. n. 6.3 – Valori di resistenza caratteristica del terreno di fondazione (kPa).

Tali valori dovranno risultare superiori ai valori di progetto delle azioni (E_d) calcolati con le medesime ipotesi progettuali e secondo l'approccio 2 (combinazione A1).

6.3 CEDIMENTI

La valutazione dei cedimenti è stata realizzata mediante un algoritmo di calcolo che considera la distribuzione delle pressioni indotte dai carichi delle fondazioni su semispazio elastico.

Il contributo degli strati al cedimento totale è calcolato fino a profondità per le quali lo sforzo verticale (indotto dal carico esterno) è minore del 10% dell'effettivo sforzo geostatico verticale.

I cedimenti attesi sono calcolati come:

$$s = \sum_i \frac{1}{E_i} [\Delta\sigma_{zi} - \nu_i (\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})] \Delta l_i$$

essendo:

s cedimenti;

E_i modulo di Young dello strato i-esimo;

ν coefficiente di Poisson per lo strato i-esimo;

$\Delta\sigma_{xi}$, $\Delta\sigma_{yi}$, $\Delta\sigma_{zi}$ incremento di sforzo nello strato i-esimo, rispettivamente in direzione x, y, z;

Δl_i spessore dello strato i-esimo.

I cedimenti sono stati calcolati nel punto centrale della fondazione, con una pressione di riferimento stimata in 100 t e rappresentano la

verifica nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE); i risultati sono riportati in tabella n. 6.4.

Fondazione	Cedimento (mm)		
	Settore privo di interrato	1 livello interrato	2 livelli interrati
Plinto 2,0 x 2,0 m	16	11	5
Plinto 2,5 x 2,5 m	11	6	3
Plinto 3,0 x 3,0 m	7	3	1

Tab. n. 6.4 – Cedimenti (mm).

I cedimenti calcolati secondo il metodo elastico non superano il valore di 25 mm (ritenuto limite tollerabile per strutture simili a quella in esame)

6.4 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

Per l'analisi della capacità portante del terreno in presenza di sisma oltre alle forze inerziali dovute alle masse in elevazione occorre tenere conto della forza inerziale agente sul volume di terreno in potenziale movimento.

A tale proposito si può fare riferimento al metodo di calcolo proposto da Paolucci & Peker (1997), basato su un approccio di tipo cinematico che prevede l'impiego delle stesse formulazioni di cui alle condizioni statiche ma tenendo conto di fattori di capacità portante ($N_{\gamma-e}$, N_{q-e} , N_{c-e}) ridotti rispetto a quelli statici grazie ad opportuni fattori riduttivi (z_{γ} , z_q , z_c), definiti in funzione dei parametri di resistenza al taglio del terreno di fondazione e del coefficiente pseudo-statico di progetto (k_h) mediante le seguenti espressioni:

$$z_{\gamma} = z_q = (1 - k_h/\tan\phi')^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,34k_h$$

Le azioni sismiche comportano una riduzione della resistenza di progetto del terreno di fondazione poco significativa (c.ca 1%).

Fondazione	Q_{amm}
Plinto 2,0 x 2,0 m	247
Plinto 2,5 x 2,5 m	261
Plinto 3,0 x 3,0 m	277

Tab. n. 6.5 – Valori di resistenza caratteristica del terreno di fondazione (kPa) in condizioni sismiche.

7 CONCLUSIONI

7.1 SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

Il comparto interessato dagli interventi di edificazione previsti dal Piano Attuativo dell'Ambito di Trasformazione c1/b è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali appartenenti al cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura".

Sulla base dei sondaggi geognostici effettuati i terreni di sedime, al di sotto dei materiali di riporto superficiali, sono costituiti da una successione stratigrafica piuttosto monotona rappresentata da una miscela eterogenea dal punto di vista granulometrico; si tratta in generale di sabbie più o meno limose con ghiaia e ciottoli. Localmente si rinvergono orizzonti di spessore metrico di sabbie pulite e per profondità superiori a 20 m livelli sabbioso limosi o limoso sabbiosi.

Sulla base delle prove penetrometriche dinamiche sono state distinte quattro differenti unità caratterizzate da grado di addensamento via via crescente:

UNITA' A - posta direttamente al di sotto dell'orizzonte di riporto è costituita da terreni medio fini (limi sabbioso argillosi, generalmente con poca ghiaia) poco consistenti (N_{SPT} compresi tra 2 e 5 colpi/piede) che si spingono fino a profondità variabili tra pochi decimetri e m 1,8/2,2 da p.c..

UNITA' B - è costituita da sabbia debolmente limosa o limosa con ghiaia e ciottoli (presenti in percentuali molto variabili); il grado di addensamento è variabile da medio - basso a medio - alto (N_{SPT} compreso in media tra 8 e 17 colpi/piede). Si riconosce fino alla profondità di c.ca m 9,0 da p.c..

UNITA' C - si individua per profondità superiori a c.ca m 9 da p.c., anche se spesso è individuabile come orizzonte lentiforme discontinuo a quote superiori, già a partire da m 3,0 da p.c.. Dal punto di vista litologico è sempre costituita da sabbia debolmente limosa o limosa con ghiaia e ciottoli con grado di addensamento da alto a molto alto (N_{SPT} compresi in media tra 20 e 40 colpi/piede, che spesso raggiungono anche il valore di rifiuto alla penetrazione).

Le indagini geognostiche, in accordo con le informazioni bibliografiche, hanno evidenziato la presenza di una falda con soggiacenza nell'ordine di

14 - 15 m da p.c., quindi al di fuori delle profondità interessate dalle strutture in progetto.

La classificazione sismica del territorio nazionale pone il Comune di Arese in zona 4; il sito in esame sulla base delle indagini geofisiche effettuate, ricade all'interno della *categoria di sottosuolo B*.

7.2 CONSIGLI E PRESCRIZIONI

I terreni appartenenti all'Unità A presenti al di sotto dei materiali di riporto, costituiti da limi sabbioso argillosi con poca ghiaia scarsamente consistenti non appaiono idonei alla realizzazione di fondazioni dirette.

Il piano fondazionale dovrà essere posto in corrispondenza delle sottostanti unità, costituite da sabbia più o meno limosa con ghiaia e ciottoli, presenti per profondità superiori a m 1,8 / 2,2 che sono in grado di garantire resistenze di progetto comprese tra 250 e 280 kPa (in funzione della dimensione fondazionale).

L'analisi sismica di secondo livello (D.G.R. n. 9/2616 del 30 novembre 2011) ha evidenziato che la normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia in quanto il fattore di amplificazione calcolato per il sito risulta superiore al valore soglia: si dovranno quindi effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (nel caso in esame potrà essere utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C).

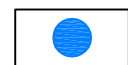
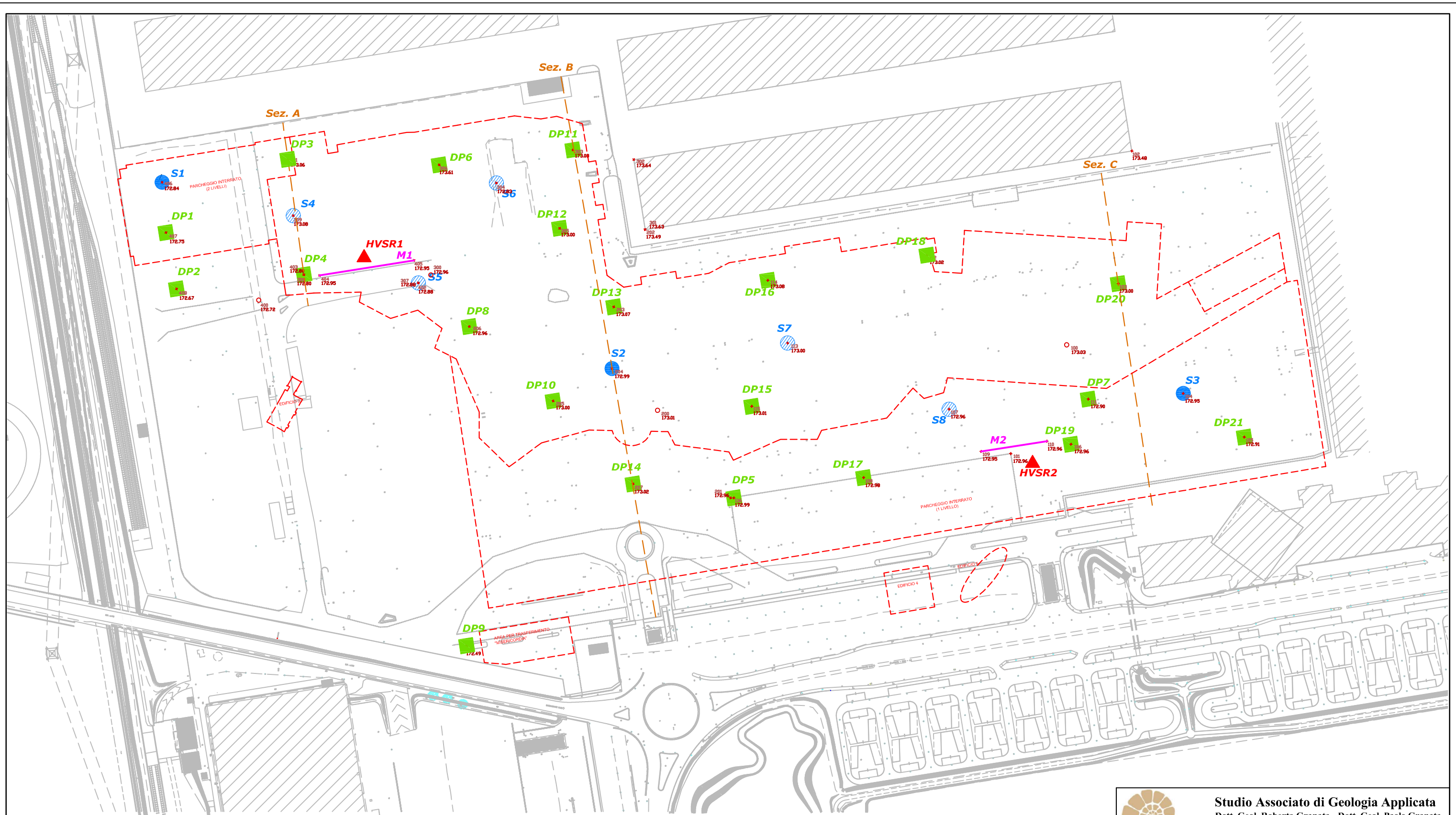
Alla luce dell'indagine sismica condotta, che ha evidenziato la presenza di un picco di frequenza a c.ca 7 Hz, la progettazione delle strutture in esame dovrà verificare che la frequenza propria dell'edificio non coincida con la frequenza di picco propria del sito al fine di evitare fenomeni di doppia risonanza che possono amplificare l'onda sismica fino a danneggiare le strutture in progetto.

Particolare attenzione dovrà essere posta durante le fasi di approfondimento e di apertura degli scavi, vista la presenza di terreni sciolti. Le operazioni di sbancamento dovranno avvenire in modo graduale, osservando il comportamento del fronte in merito alla stabilità e alle infiltrazioni idriche, realizzando le eventuali opere di drenaggio per

l'allontanamento delle acque, in modo da non creare instabilità dei fronti. Le pareti dovranno avere pendenze idonee a garantire la stabilità a lungo termine tenendo conto dei fenomeni di precipitazione intensa ed eccezionale causa di erosioni e dissesti. Gli scavi con pareti prossime alla verticale e/o con cospicue altezze dei fronti e/o soggetti a sovraccarichi (stradali, cantieristici, etc.) dovranno essere armati utilizzando opportune strutture di sostegno.

Nei settori interessati dai parcheggi interrati, per i quali sono previsti sbancamenti fino a c.ca m 8,5 da p.c., si consiglia, qualora non possano essere garantire pendenze idonee, la realizzazione di adeguate opere di contenimento (paratie, diaframmi, berlinesi di micropali, etc.) che dovranno essere oggetto di specifica progettazione basata sulle risultanze del presente studio.

In merito all'allontanamento e/o al riutilizzo in sito di terre e rocce da scavo dovranno essere rispettate le prescrizioni del ai sensi del D. Lgs 152/06 e s.m.i. e del D.M. n. 161/2012 (*Piano di Utilizzo*).



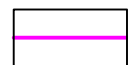
Sondaggio profondo (30m)



Sondaggio superficiale (15m)



Prova penetrometrica dinamica continua (DPSH)



Stendimento sismico con metodologia MASW



Punto di misura del rumore sismico ambientale (HVS)



Traccia di sezione geognostica



Studio Associato di Geologia Applicata
 Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata
 Via Santa Croce n°7 - 21100 Varese
 Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231
 e-mail: info@studiocongeo.it

PIANO ATTUATIVO AMBITO DI TRASFORMAZIONE C1/B

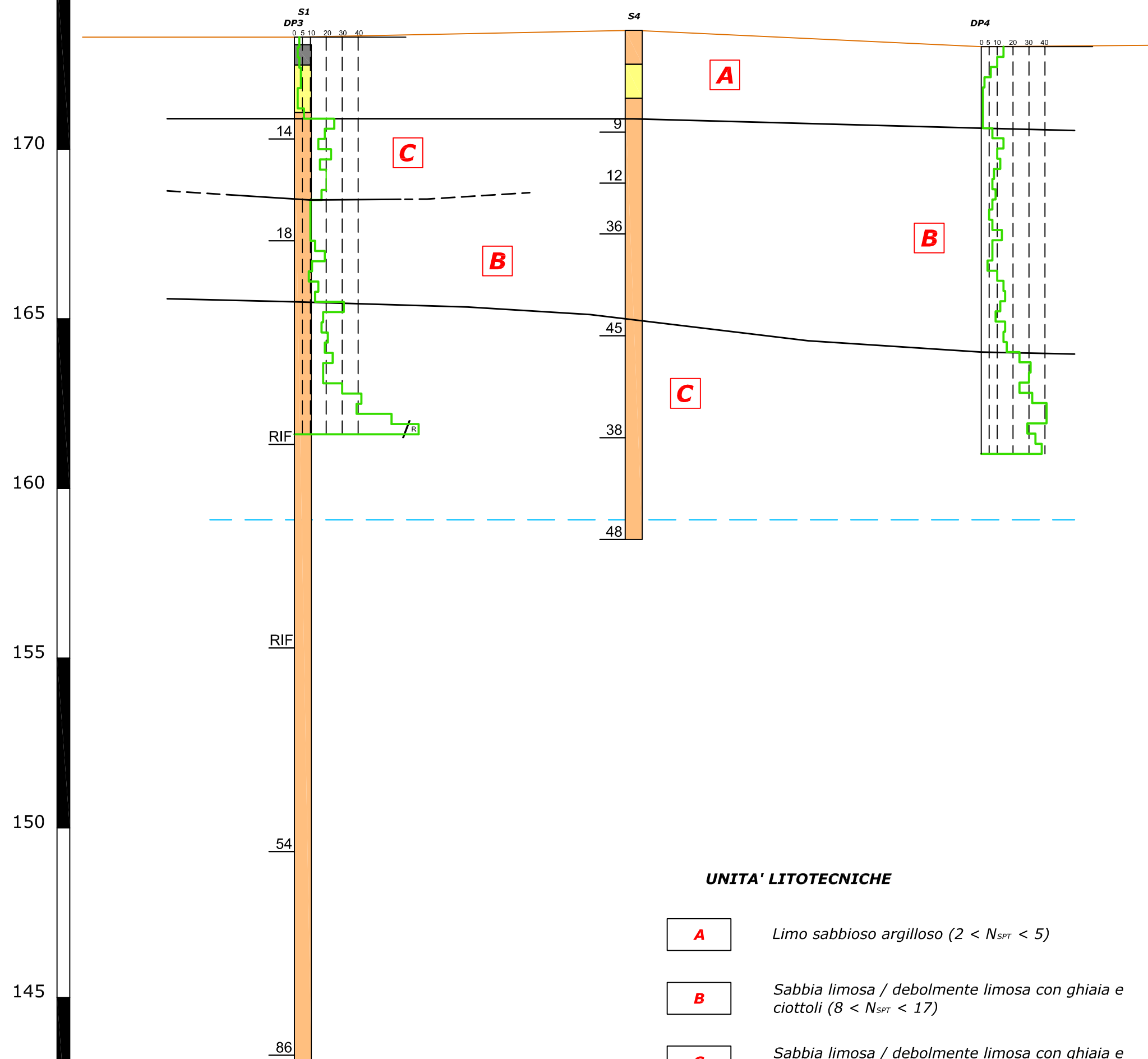
UBICAZIONE INDAGINI
 GEOGNOSTICHE

TAVOLA




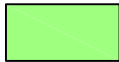
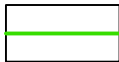
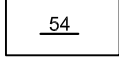
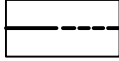

SCALA
 1:2.500

DATA
 Febbraio 2013




1



LITOLOGIA

-  *Materiali di riporto*
-  *Limo sabbioso argilloso*
-  *Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli*
-  *Sabbia limoso argillosa*
-  *Andamento prova penetrometrica*
-  *Numero colpi prova SPT*
-  *Limite tra unità litotecniche*
-  *Presunta superficie piezometrica*

UNITA' LITOTECNICHE

-  *Limo sabbioso argilloso ($2 < N_{SPT} < 5$)*
-  *Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($8 < N_{SPT} < 17$)*
-  *Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($20 < N_{SPT} < 40$)*



Studio Associato di Geologia Applicata
 Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata
 Via Santa Croce n°7 - 21100 Varese
 Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231
 e-mail: info@studiocongeo.it

PIANO ATTUATIVO AMBITO DI TRASFORMAZIONE C1/B

SEZIONE GEOGNOSTICA A

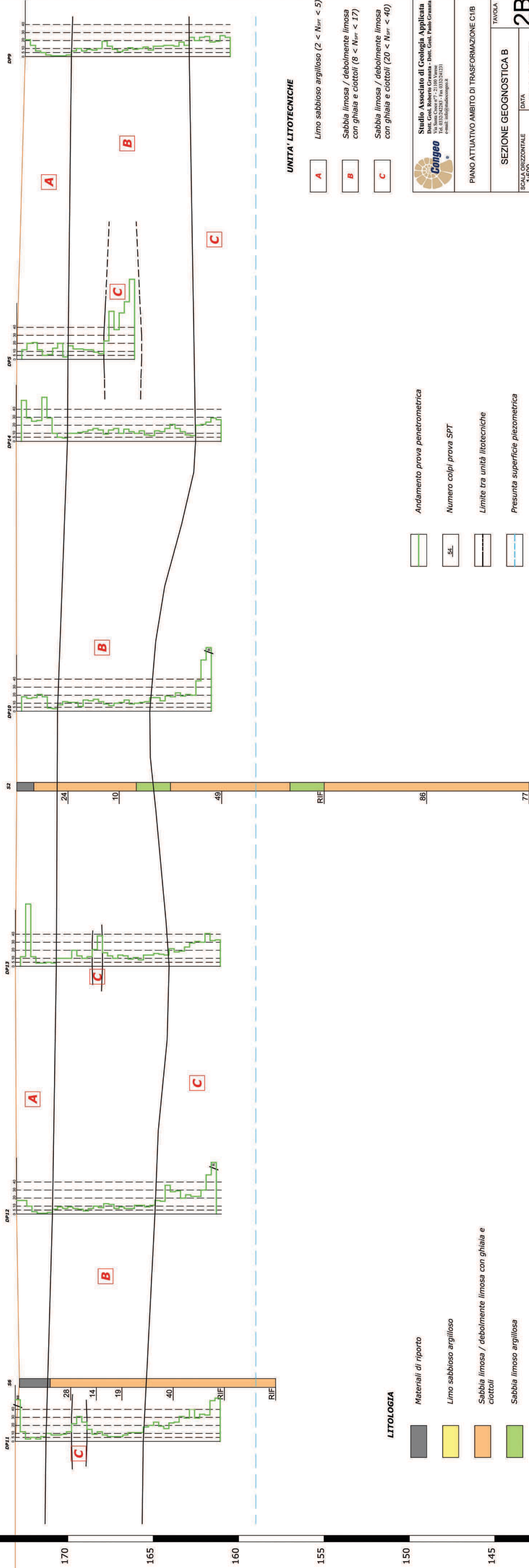
TAVOLA

SCALA ORIZZONTALE
 1:500
 SCALA VERTICALE
 1:125

DATA
 Febbraio 2013

2A

m s.l.m.



LITOLOGIA

- Materiali di riporto
- Limo sabbioso argilloso
- Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli
- Sabbia limosa argillosa

- Andamento prova penetrometrica
- Numero colpi prova SPT
- Limite tra unità litotecniche
- Presunta superficie piezometrica

UNITA' LITOTECNICHE

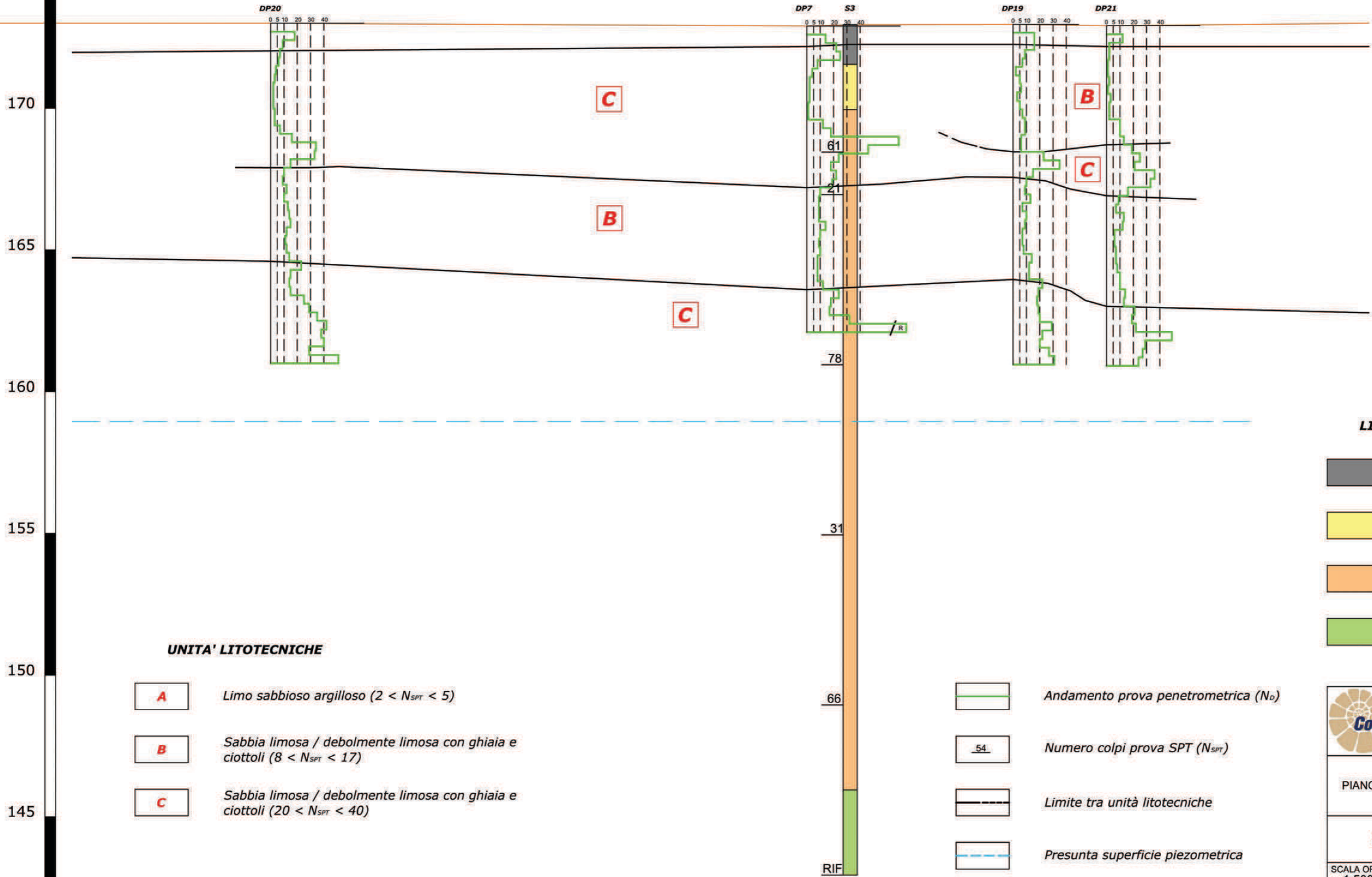
- A** Limo sabbioso argilloso ($2 < N_{SPT} < 5$)
- B** Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($8 < N_{SPT} < 17$)
- C** Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($20 < N_{SPT} < 40$)

Congeo
 Studio Associato di Geologia Applicata
 Dott. Geol. Roberto Gramata - Dott. Geol. Paolo Gramata
 Via Santa Croce n°7 - 21100 Varese
 Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231
 e-mail: info@studiocongeo.it

PIANO ATTUATIVO AMBITO DI TRASFORMAZIONE C1/B

TAVOLA	
SEZIONE GEOGNOSTICA B	DATA
SCALA ORIZZONTALE 1:500	Febbraio 2013
SCALA VERTICALE 1:125	2B





m s.l.m.

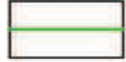
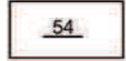




UNITA' LITOTECNICHE

- A** Limo sabbioso argilloso ($2 < N_{SPT} < 5$)
- B** Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($8 < N_{SPT} < 17$)
- C** Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli ($20 < N_{SPT} < 40$)

LITOLOGIA

-  Materiali di riporto
-  Limo sabbioso argilloso
-  Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli
-  Sabbia limosa argillosa

-  Andamento prova penetrometrica (N_0)
-  Numero colpi prova SPT (N_{SPT})
-  Limite tra unità litotecniche
-  Presunta superficie piezometrica

 **Studio Associato di Geologia Applicata**
 Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata
 Via Santa Croce n°7 - 21100 Varese
 Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231
 e-mail: info@studiocongeo.it

PIANO ATTUATIVO AMBITO DI TRASFORMAZIONE C1/B

SEZIONE GEOGNOSTICA C

SCALA ORIZZONTALE 1:500
 SCALA VERTICALE 1:125

DATA Febbraio 2013

TAVOLA **2C**

APPENDICE 1
Stratigrafia sondaggi geognostici



Committente: Sviluppo Arese s.r.l.		Località: Arese, ex Alfa Romeo	
Data: 21-22/01/2013	Quota: 172,84 m s.l.m.	Metodo: carotaggio continuo	
Sondaggio: S1	Tipo Sonda: MUSTANG 5-F4	Diametro: perf.: 131 mm / riv.: 152 mm	

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
0,60			Resti di pavimentazione in asfalto e sottofondo ghiaioso sabbioso con ciottoli.				
1,00			Limo sabbioso con poca ghiaia di colore marrone grigiastro.				
1,50			Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli sparsi di colore marrone grigiastro.				
2,00			Limo argilloso con poca ghiaia di colore marrone nocciola.		0,23 kg/cmq	0,2 kg/cmq	
3,00			Sabbia con ghiaia da debolmente limosa a limosa di colore marrone grigiastro; ciottoli sparsi di dimensione massima 8-10 cm.	3,0			
4,00				9			
5,00				7			
6,00				7			
5,50			Sabbia ghiaiosa da debolmente limosa a limosa di colore marrone chiaro; rari ciottoli; clasti di dimensione massima 7-8 cm.	6,0			
7,00				10			
8,00				7	0,9 - 1,1 kg/cmq		
9,00				11			
10,00			Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore grigio; clasti di dimensione fino a 8-9 cm; parzialmente alterati. Molto umida.	12,0			
11,00				17	1,1 kg/cmq		
12,00				47			
13,00			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone.	56			
14,50							
16,00			Sabbia con ghiaia e ciottoli sparsi di colore marrone grigiastro; clasti di dimensione massima 10 cm.				
16,50							
17,00			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone.				
18,00						0,2 kg/cmq	0,1 kg/cmq
18,00			Sabbia con ghiaia e ciottoli sparsi di colore marrone grigiastro; clasti di dimensione massima 7-8 cm.	18,0			
19,00				16			
19,00			Sabbia ghiaiosa limosa / debolmente limosa di colore marrone grigiastro.	30			
20,00				50R11			
22,00			Sabbia e ghiaia debolmente limosa di colore marrone grigiastro.				
23,00							C1
24,00			Sabbia fine limosa di colore marrone chiaro; rara ghiaia.	24,0			
25,00				9			
25,00			Sabbia da debolmente limosa a limosa con ciottoli e poca ghiaia di colore beige. Clasti di dimensione massima 8-10 cm.	28			
26,00				26			
27,00							
28,00							
30,00				30,0			
				24			
				46			
				40			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l.		Località: Arese, ex Alfa Romeo	
Data: 22-23/01/2013	Quota: 172,99 m s.l.m.	Metodo: carotaggio continuo	
Sondaggio: S2	Tipo Sonda: MUSTANG 5-F4	Diametro: perf.: 131 mm / riv.: 152 mm	

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
0,30			Pavimentazione in cls.				
1,00			Limo con sabbia, ghiaia e ciottoli di colore marrone nocciola.			0,2 kg/cmq	
2,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone nocciola; ciottoli sparsi di dimensione fino a 8-9 cm al di sotto di m 2,0.				
2,50				3,0			
3,00				10			
4,00				11			
5,00				13			
6,00				6,0			
6,00				6			
7,00				6			
7,00				4			
8,00							
8,00							
9,00							
10,00							
11,00							
12,00				12,0			
12,00				16			
13,00				26			
13,00				23			
14,00							
14,50							
15,00							
15,00							
16,00							
16,00							
17,00							
17,00							
18,00				18,0			
18,00				13			
19,00				40			
19,00				50R12	0,10 - 0,20 kg/cmq		
20,00							
21,00							
22,00							
22,00							
23,00							
24,00				24,0			
24,00				17			
25,00				37			
25,00				49			
26,00							
27,00							
27,00							
28,00							
28,00							
29,00							
29,00							
30,00				30,0			
30,00				17			
30,00				29			
30,00				48			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l.		Località: Arese, ex Alfa Romeo	
Data: 23-24/01/2013	Quota: 172,95 m s.l.m.	Metodo: carotaggio continuo	
Sondaggio: S3	Tipo Sonda: MUSTANG 5-F4	Diametro: perf.: 131 mm / riv.: 152 mm	

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
0,30			Pavimentazione in cls.				
1,0			Ghiaia con sabbia e ciottoli di colore grigio; frammenti di laterizi.				
1,40							
2,0			Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone nocciola; rara ghiaia e ciottoli.				
3,0							
3,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone grigiastro; clasti di dimensione fino a 6 cm.				
4,0				4,5			
4,50			Sabbia con ghiaia e ciottoli di colore marrone grigiastro; clasti di dimensione fino a 7-8 cm.	22			
5,0				27			
6,0				36			
6,00				6,0			
7,0				7			
7,0				9			
7,0				12			
8,0			Sabbia ghiaiosa da debolmente limosa a limosa di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 5-6 cm.				
9,0							
10,0							
10,00			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro; rari ciottoli sparsi di dimensione fino a 7 cm.				
11,0							
12,0				12,0			
12,0				11			
13,0				33			
13,0			Sabbia ghiaioso limosa di colore marrone grigiastro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 9-10 cm, talora alterati.	45			
14,0							
14,50							
15,0							
15,00							
16,0							
16,00			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone grigiastro; rari ciottoli sparsi di dimensione fino a 8-9 cm.				
17,0							
18,0				18,0			
18,0				9			
18,50				12			
19,0				19			
20,0			Sabbia debolmente limosa con ghiaia di colore grigiastro; ciottoli sparsi di dimensione massima 8 cm.				
21,0							
22,0							
22,0			Sabbia ghiaiosa, a tratti debolmente limosa di colore marrone grigiastro; ciottoli sparsi di dimensione massima 4-8 cm.				
23,0							
24,0				24,0			
24,0				17			
25,0				32			
25,0			Sabbia limoso ghiaiosa di colore marrone grigiastro. Clasti alterati, di dimensione massima 7-8 cm.	34			
26,0							
27,0							
27,00			Sabbia fine limosa/debolmente limosa di colore marrone grigiastro.				
28,0							
29,0							
29,40			Limo argilloso sabbioso di colore marrone chiaro; plastico, mediamente consistente.		2,8-5,5 kg/cmq	0,8-1,5 kg/cmq	
29,80			Sabbia fine limosa di colore marrone chiaro; ben addensata.	30,0			
30,0				17			
30,00				34			
				50R9			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l. **Località:** Arese, ex Alfa Romeo

Data: 24-25/01/2013 **Quota:** 173,08 m s.l.m. **Metodo:** carotaggio continuo

Sondaggio: S4 **Tipo Sonda:** COMACCHIO GEO 205 **Diametro:** perf.: 101 mm / riv.: 127 mm

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
1.0	1,00		Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro.				
2.0	2,30		Limo con sabbia di colore marrone nocciola, rari ciottoli; presenza di resti vegetali.				
3.0			Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone/grigio; clasti di dimensione fino a 8-9 cm.	3,0			
4.0	4,00			4			
5.0	5,00		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone grigiastro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 9 cm.	5			
6.0	6,00			4,5			
7.0	7,00			4			
8.0	8,00		Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 8-9 cm.	8			
9.0	9,00			4			
10.0	10,00		Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 8-9 cm.	6,0			
11.0	11,00			12			
12.0	12,00		Sabbia ghiaiosa limosa di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 3-4 cm.	18			
13.0	13,00			18			
14.0	14,00		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro; rari ciottoli sparsi di dimensione fino a 7 cm.	9,0			
15.0	15,00			10			
				23			
				22			
			Sabbia ghiaiosa di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 2-3 cm, talora alterati.				
				12,0			
				15			
				15			
				23			
			Sabbia con ghiaia di colore marrone chiaro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 7-8 cm; ben addensata.				
				15,0			
				15			
				16			
				32			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l. **Località:** Arese, ex Alfa Romeo

Data: 25-29/01/2013 **Quota:** 172,88 m s.l.m. **Metodo:** carotaggio continuo

Sondaggio: S5 **Tipo Sonda:** COMACCHIO GEO 205 **Diametro:** perf.: 101 mm / riv.: 127 mm

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
0,30			Asfalto e sottofondo con sabbia, ghiaia e ciottoli di colore grigio.				
1.0			Sabbia debolmente limosa con ghiaia di colore marrone chiaro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 9-10 cm; poco addensata.				
2.0							
3.00			Sabbia debolmente limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone grigiastro; clasti di dimensione fino a 10 cm; poco addensata.	3,0			
4.0				4			
4,50				5			
5.0			Sabbia limoso ghiaiosa di colore marrone chiaro / grigio, rari ciottoli. Clasti di dimensione media 3-6 cm, massima 7-8 cm.	13			
6.0				4,5			
7.0				10			
8.0				7			
9.0			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 7-8 cm, talora molto alterati.	4			
10.0				6,0			
11.0				6			
12.0				6			
13.0				6			
13,00			Sabbia debolmente limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro.	9,0			
13,50				10			
14.0			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro; clasti alterati.	14			
14,00				15			
15.0			Sabbia di colore marrone chiaro, rara ghiaia.	12,0			
				25			
				31			
				40			
				15,0			
				20			
				12			
				13			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l. **Località:** Arese, ex Alfa Romeo

Data: 29-30/01/2013 **Quota:** 172,83 m s.l.m. **Metodo:** carotaggio continuo

Sondaggio: S6 **Tipo Sonda:** COMACCHIO GEO 205 **Diametro:** perf.: 101 mm / riv.: 127 mm

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
1.0			Pavimentazione in cls e sottofondo costituito da ghiaia grossa e sabbia. Tra 1,5 e 1,8 cls.				
2.0	1,80		Sabbia con ghiaia e qualche ciottolo di colore marrone chiaro / grigio; clasti di dimensione fino a 8-10 cm; sciolta.	3,0			
3.0				5			
4.0				12			
4.50				16			
5.0	4,50		Sabbia debolmente limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro / grigio. Clasti di dimensione fino a 7-8 cm.	4,5			
5.50				5			
6.0	5,50		Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 3-5 cm.	7			
6.50				7			
7.0	6,50		Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 2-3 cm.	6,0			
7.50				9			
8.0	7,50		Sabbia di colore marrone chiaro con poca ghiaia.	12			
8.20				7			
9.0	8,20		Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 4-5 cm.	9,0			
10.0				12			
11.0	10,00		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 2-3 cm, talora alterati.	21			
12.0				19			
13.0	12,00		Sabbia debolmente limosa con ghiaia di colore marrone chiaro; ciottoli sparsi di dimensione fino a 7-8 cm, talora molto alterati.	12,0			
14.0				50R14			
15.0	15,00			15,0			
				25			
				50R11			

C3



Committente:

Sviluppo Arese s.r.l.

Località:

Arese, ex Alfa Romeo

Data:

30-31/01/2013

Quota:

173,00 m s.l.m.

Metodo:

carotaggio continuo

Sondaggio:

S7

Tipo Sonda:

COMACCHIO GEO 205

Diametro:

perf.: 101 mm / riv.: 127 mm

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
1,0	1,00		Pavimentazione in cls e sottofondo costituito da sabbia e ghiaia con ciottoli di colore grigio.				
2,0	2,20		Limo sabbioso argilloso di colore marrone bruno; rara ghiaia e ciottoli sparsi.				
3,0	2,70		Ghiaia sabbiosa con ciottoli di colore marrone grigiastro.	3,0			
4,0			Sabbia con ghiaia di colore marrone grigiastro, qualche ciottolo. Clasti di dimensione fino a 8-12 cm.	3			C4
5,0				4			
6,0	6,00			10			
7,0				4,5			
8,0				11			
9,0				15			
10,0			Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 4-5 cm, talora molto alterati.	13			
11,0				6,0			
12,0	7,50			8			
13,0				7			
14,0			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro grigiastro. Clasti di dimensione fino a 5-6 cm, più abbondanti della parte bassa, talora molto alterati (metamorfici).	7			
15,0				9,0			
				12			
				8			
			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro. Clasti di dimensione fino a 1-3 cm.	9			
				12,0			
				26			
			Sabbia con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro; clasti di dimensione fino a 7-8 cm.	31			
				24			
				15,0			
				44			
				46			
				38			



Committente: Sviluppo Arese s.r.l. **Località:** Arese, ex Alfa Romeo

Data: 31/01-01/02/2013 **Quota:** 172,96 m s.l.m. **Metodo:** carotaggio continuo

Sondaggio: S8 **Tipo Sonda:** COMACCHIO GEO 205 **Diametro:** perf.: 101 mm / riv.: 127 mm

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT	PP	VT	Camp.
0,70			Pavimentazione in cls e sottofondo costituito da ghiaia grossolana e sabbia di colore grigio.				
2,00			Limo sabbioso argilloso con ghiaia di colore marrone bruno; clasti di dimensione massima fino a 7-8 cm.				
2,50			Limo argilloso con sabbia di colore marrone grigiastro; poca ghiaia.				
3,0			Sabbia debolmente limosa con ghiaia di colore marrone grigiastro, qualche ciottolo. Clasti di dimensione fino a 8-9 cm.	3,0			
4,0				7			
5,0				11			
6,0				12			
7,0				4,5			
8,0				11			
8,5				50R12			
6,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone grigiastro; qualche ciottolo. Clasti di dimensione fino a 7-8 cm.	6,0			
7,0				8			
8,0				10			
7,50				8			
9,0			Ghiaia con sabbia debolmente limosa di colore grigio. Clasti di dimensione fino a 7-8 cm, più abbondanti della parte bassa, talora molto alterati (metamorfici).	9,0			
10,0				25			
11,0				30			
12,0				50R12			
12,0			Sabbia debolmente limosa di colore marrone. Poca ghiaia di dimensione fino a 1-3 cm, talora alterata. Presenza di livelli decimetrici sabbiosi o limoso argillosi.	12,0			
13,0				9			
14,0				9			
15,0				14			
15,0				15,0			
				21			
				28			
				20			

C5



Postazione sondaggio S1.



Sondaggio S1 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S1 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S1 da m 10,0 a 15,0 m.



Sondaggio S1 da m 15,0 a 20,0 m.



Sondaggio S1 da m 20,0 a 25,0 m.



Sondaggio S1 da m 25,0 a 30,0 m.



Postazione sondaggio S2.



Sondaggio S2 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S2 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S2 da m 10,0 a 15,0 m.



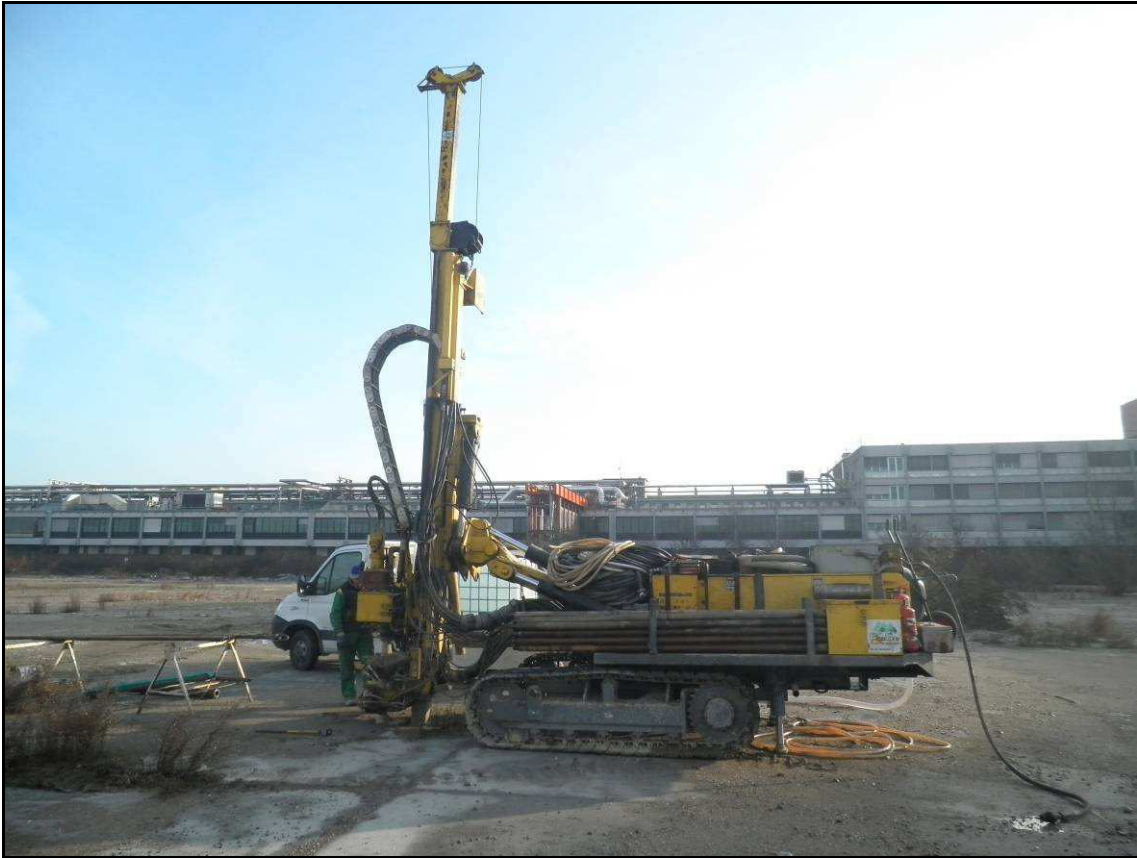
Sondaggio S2 da m 15,0 a 20,0 m.



Sondaggio S2 da m 20,0 a 25,0 m.



Sondaggio S2 da m 25,0 a 30,0 m.



Postazione sondaggio S3.



Sondaggio S3 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S3 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S3 da m 10,0 a 15,0 m.



Sondaggio S3 da m 15,0 a 20,0 m.



Sondaggio S3 da m 20,0 a 25,0 m.



Sondaggio S3 da m 25,0 a 30,0 m.



Postazione sondaggio S4.



Sondaggio S4 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S4 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S4 da m 10,0 a 15,0 m.



Postazione sondaggio S5.



Sondaggio S5 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S5 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S5 da m 10,0 a 15,0 m.



Postazione sondaggio S6.



Sondaggio S6 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S6 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S6 da m 10,0 a 15,0 m.



Postazione sondaggio S7.



Sondaggio S7 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S7 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S7 da m 10,0 a 15,0 m.



Postazione sondaggio S8.



Sondaggio S8 da m 0,0 a 5,0 m.



Sondaggio S8 da m 5,0 a 10,0 m.



Sondaggio S8 da m 10,0 a 15,0 m.

APPENDICE 2
Prove di permeabilità in foro

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

Cantiere: **Arese, ex Alfa Romeo**

Commit.: **Sviluppo Arese s.r.l.**

Data: **29/01/2013**

Foro N°: **S5** Prova N°: 1 da m **3,9** a m **4,5** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 3,9 a 4,5 m da p.c.

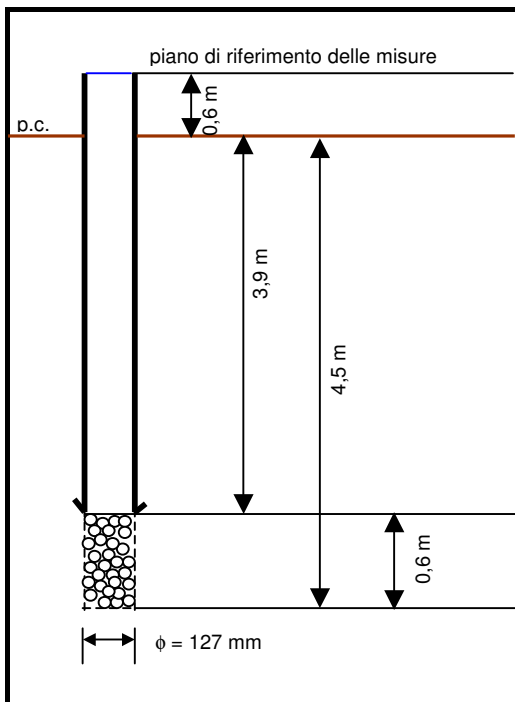
Carico variabile

Altezza tasca di prova: 0,6 m

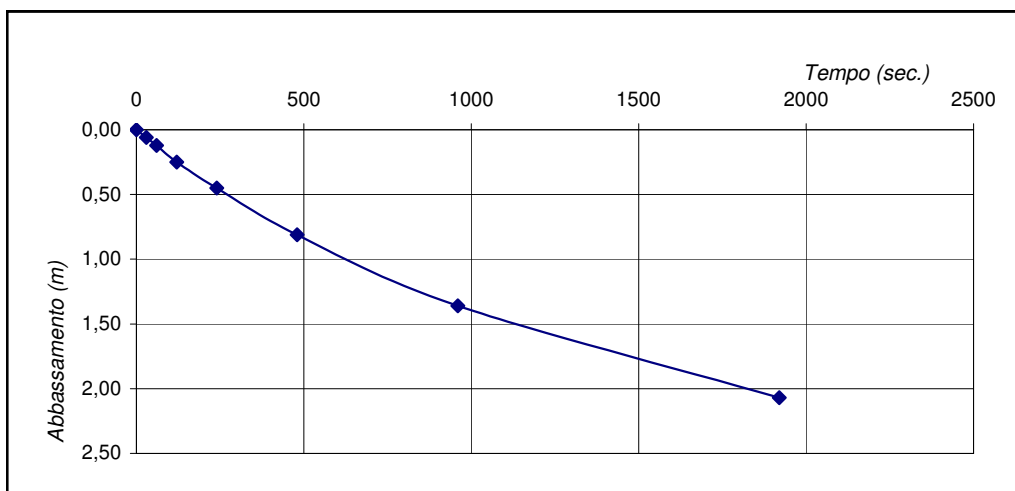
Altezza boccaforo: 0,6 m

Diametro: 127 mm

Falda: assente



Tempo (sec.)	Abbassamento (m)
0	0,00
30	0,06
60	0,12
120	0,25
240	0,45
480	0,81
960	1,36
1920	2,07



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

$K = 8,2E-06$ m/s

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

Cantiere: **Arese, ex Alfa Romeo**

Commit.: **Sviluppo Arese s.r.l.**

Data: **29/01/2013**

Foro N°: **S6** Prova N°: 1 da m **4,0** a m **4,5** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 4,0 a 4,5 m da p.c.

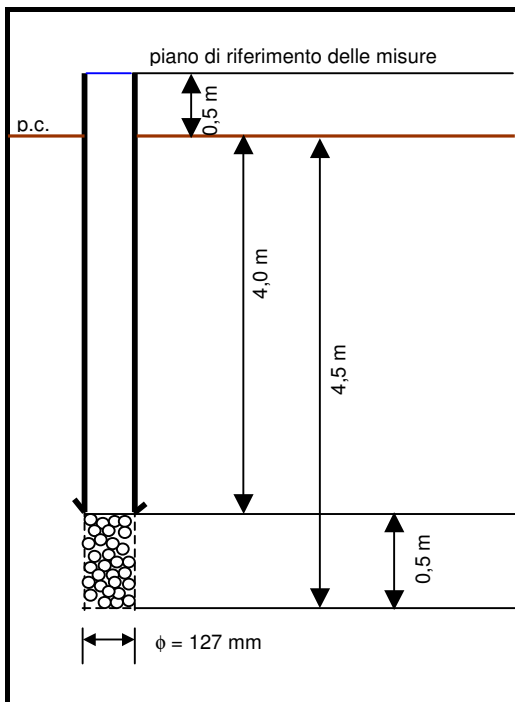
Carico variabile

Altezza tasca di prova: 0,5 m

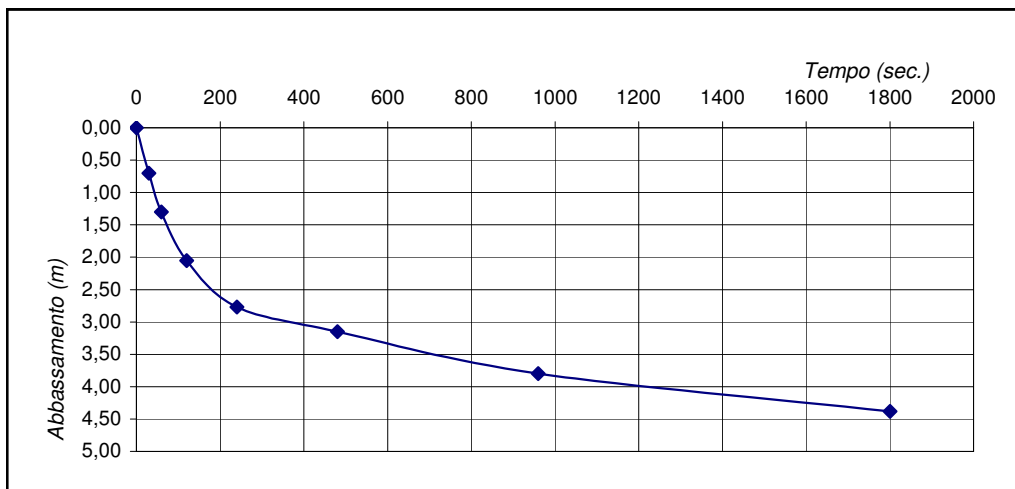
Altezza boccaforo: 0,5 m

Diametro: 127 mm

Falda: assente



Tempo (sec.)	Abbassamento (m)
0	0,00
30	0,70
60	1,30
120	2,05
240	2,77
480	3,15
960	3,80
1800	4,38



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

K = 7,3E-05 m/s

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

Cantiere: **Arese, ex Alfa Romeo**

Commit.: **Sviluppo Arese s.r.l.**

Data: **30/01/2013**

Foro N°: **S7** Prova N°: 1 da m **3,5** a m **4,0** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 3,5 a 4,0 m da p.c.

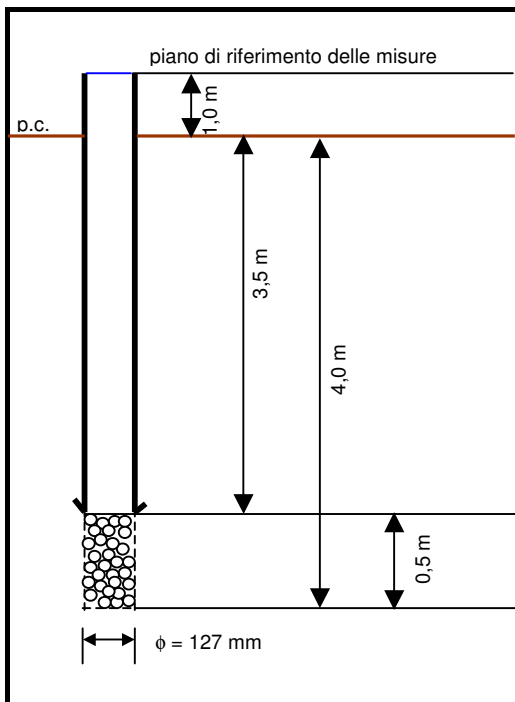
Carico variabile

Altezza tasca di prova: 0,5 m

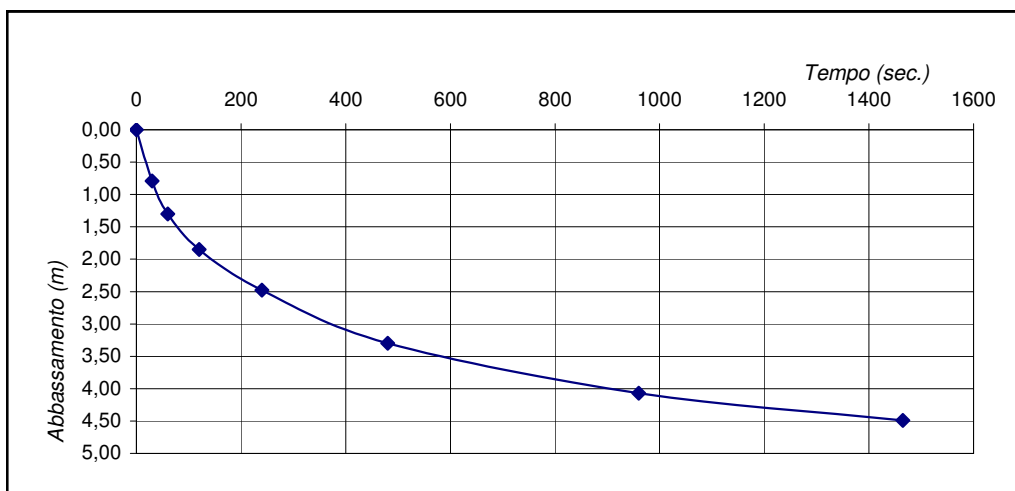
Altezza boccaforo: 1,0 m

Diametro: 127 mm

Falda: assente



Tempo (sec.)	Abbassamento (m)
0	0,00
30	0,79
60	1,30
120	1,85
240	2,48
480	3,30
960	4,07
1465	4,49



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

K = 9,2E-05 m/s

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

Cantiere: **Arese, ex Alfa Romeo**

Commit.: **Sviluppo Arese s.r.l.**

Data: **31/01/2013**

Foro N°: **S8** Prova N°: 1 da m **3,0** a m **3,5** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 3,0 a 3,5 m da p.c.

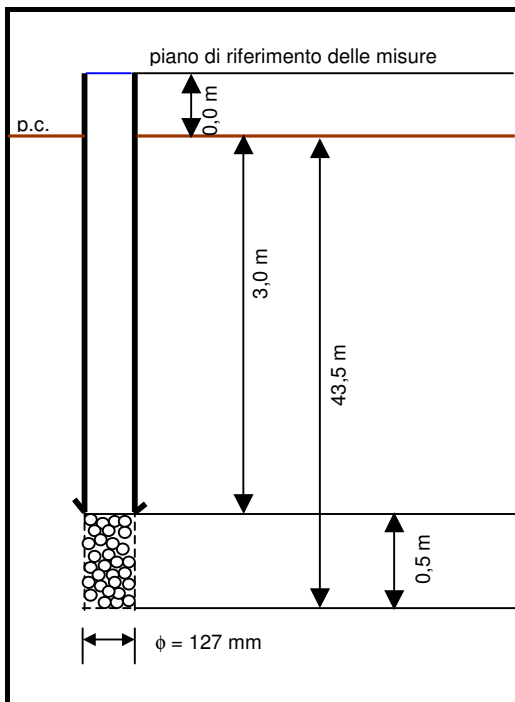
Carico variabile

Altezza tasca di prova: 0,5 m

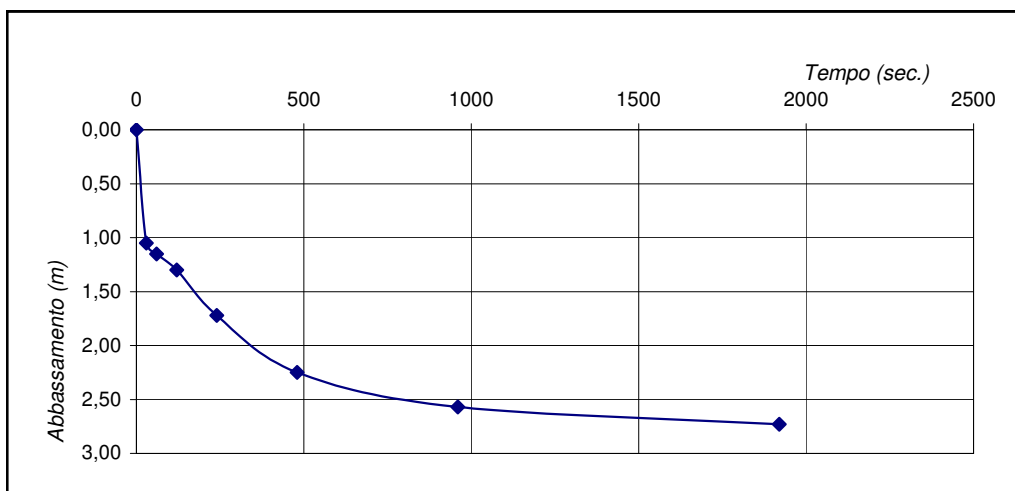
Altezza boccaforo: 0,0 m

Diametro: 127 mm

Falda: assente



Tempo (sec.)	Abbassamento (m)
0	0,00
30	1,05
60	1,15
120	1,30
240	1,72
480	2,25
960	2,57
1920	2,73



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

$K = 5,4E-05 \text{ m/s}$

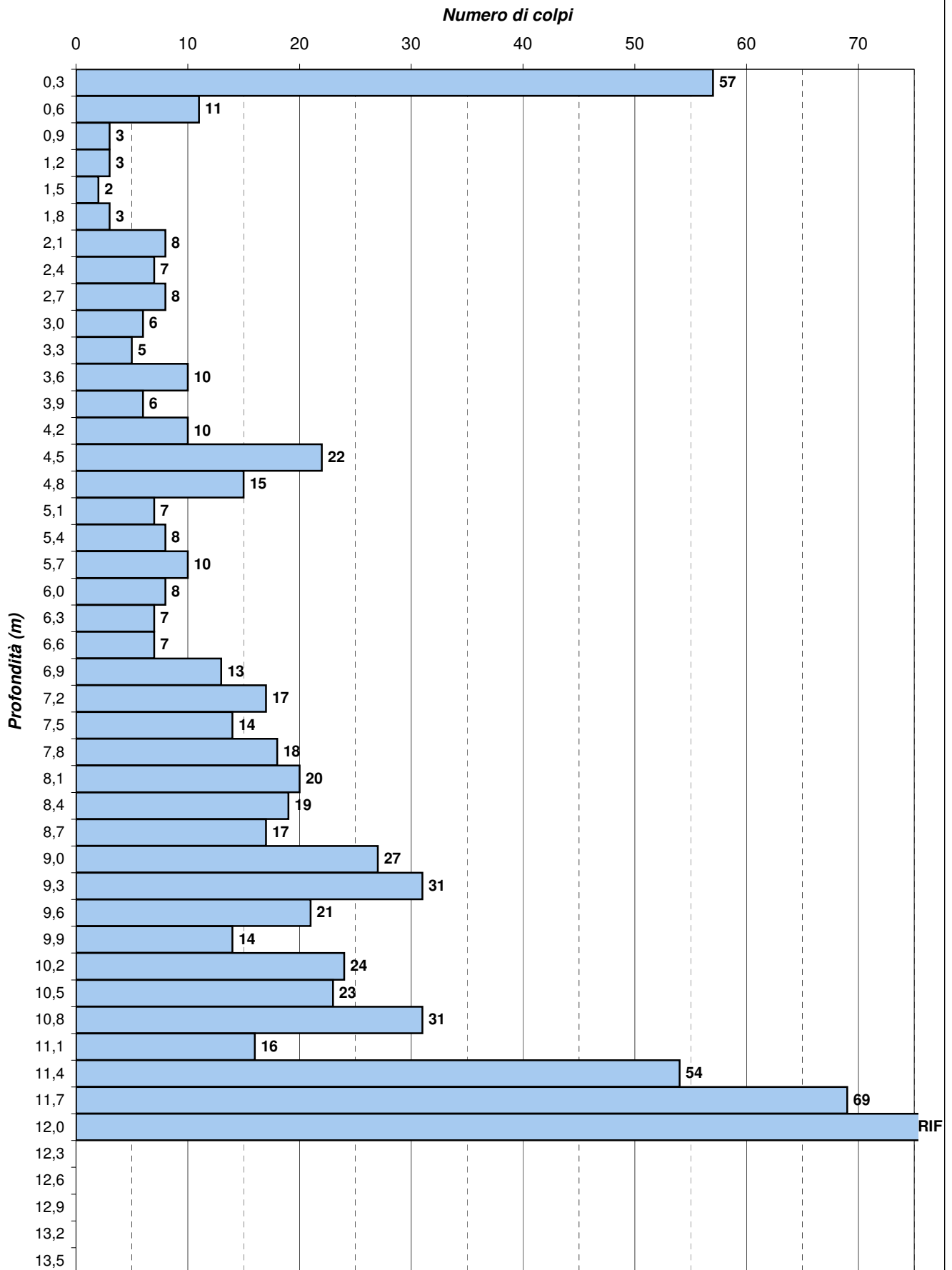
APPENDICE 3

Prove penetrometriche dinamiche

Prova penetrometrica DP1

ARESE - Ex Alfa Romeo

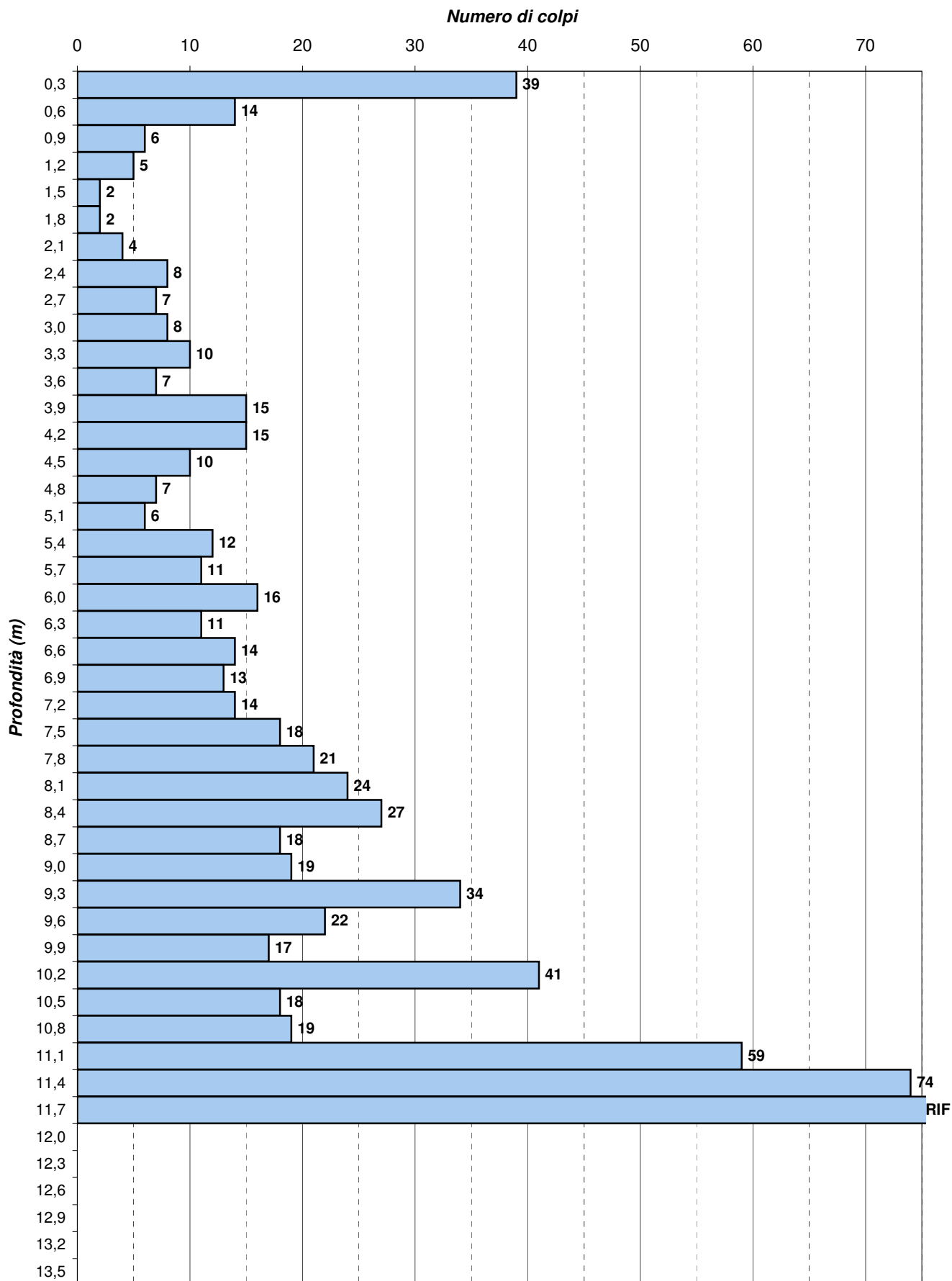
23-01-2013



Prova penetrometrica DP2

ARESE - Ex Alfa Romeo

23-01-2013

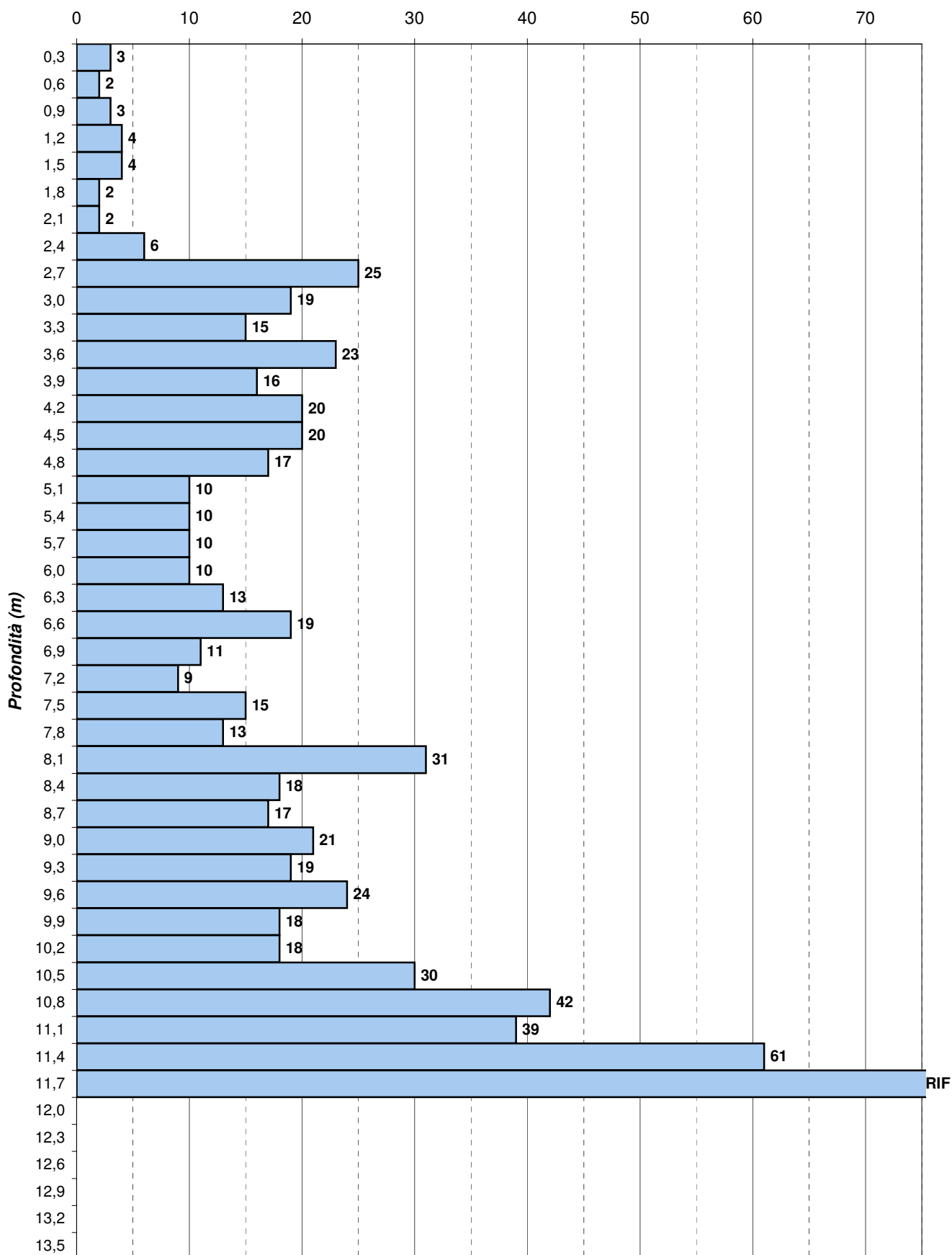


Prova penetrometrica DP3

ARESE - Ex Alfa Romeo

23-01-2013

Numero di colpi

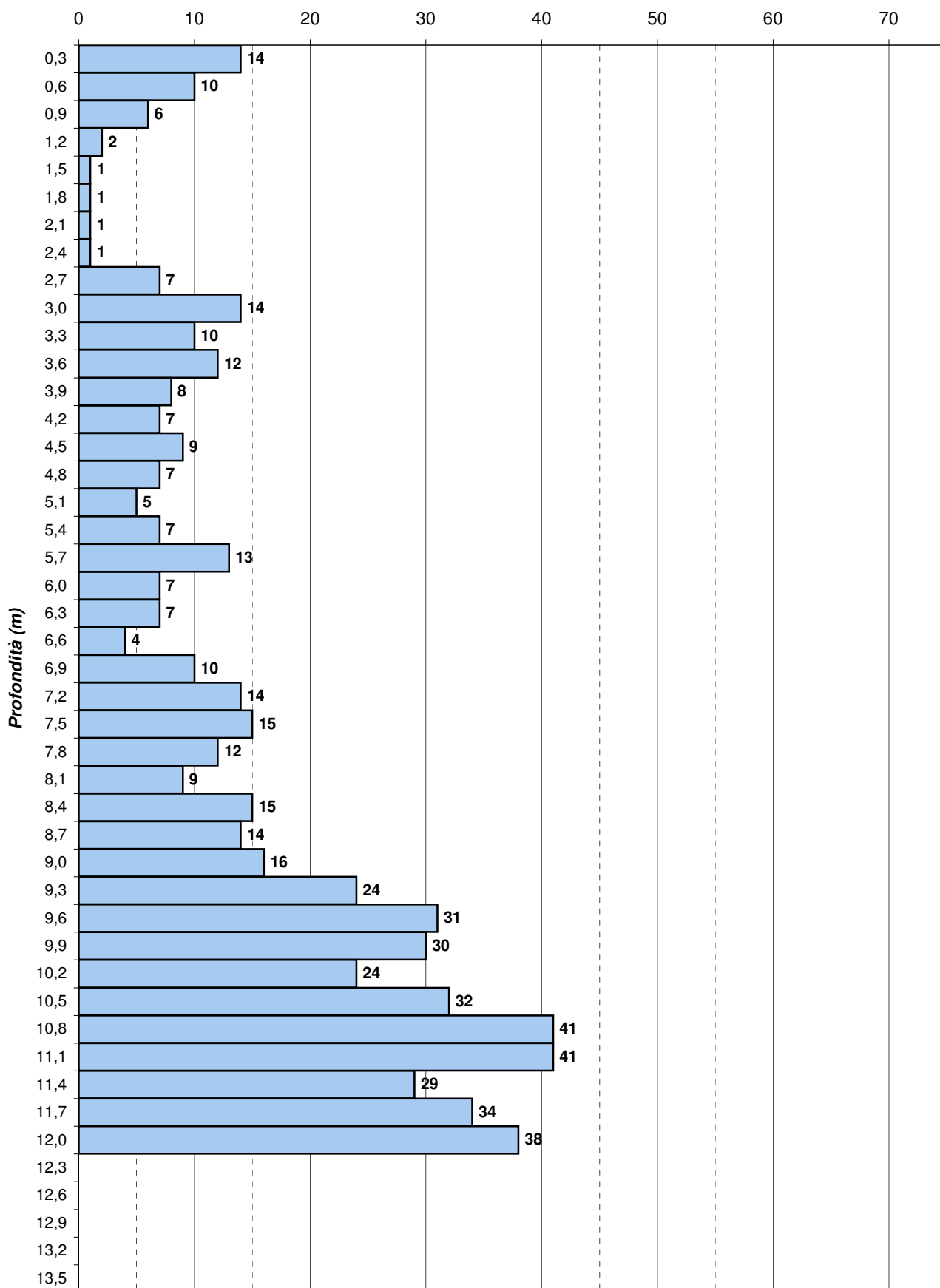


Prova penetrometrica DP4

ARESE - Ex Alfa Romeo

23-01-2013

Numero di colpi

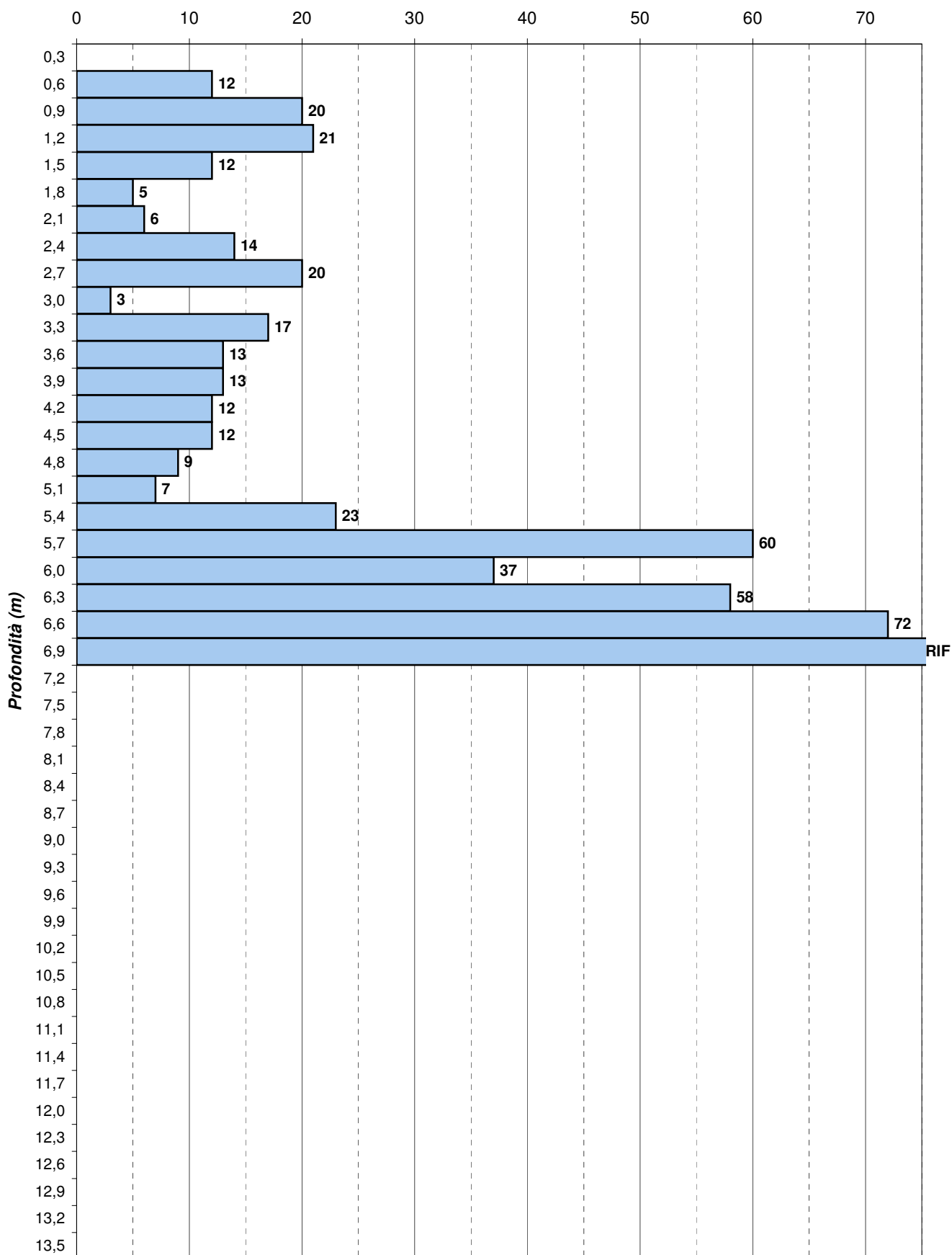


Prova penetrometrica DP5

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

Numero di colpi

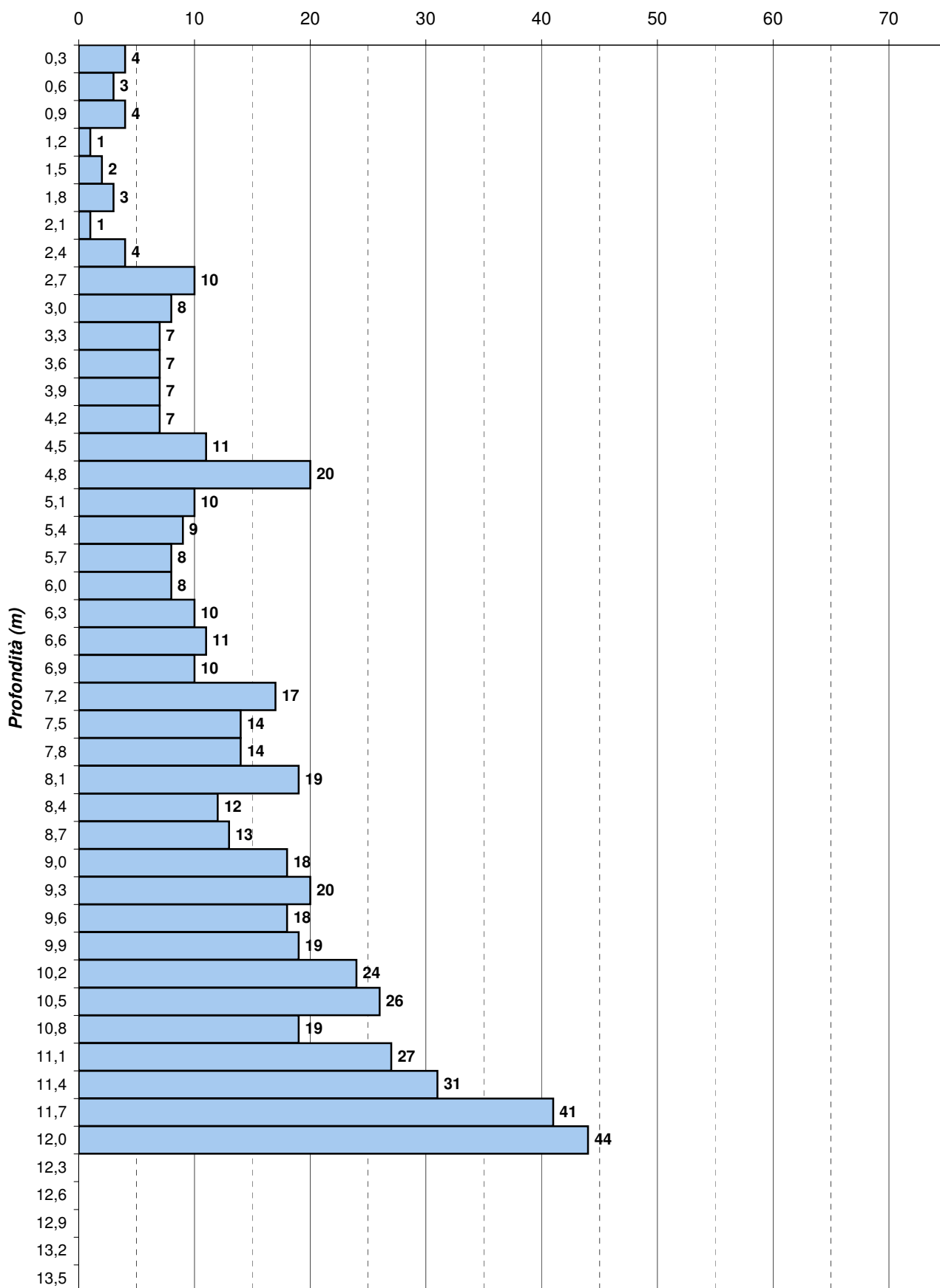


Prova penetrometrica DP6

ARESE - Ex Alfa Romeo

23-01-2013

Numero di colpi

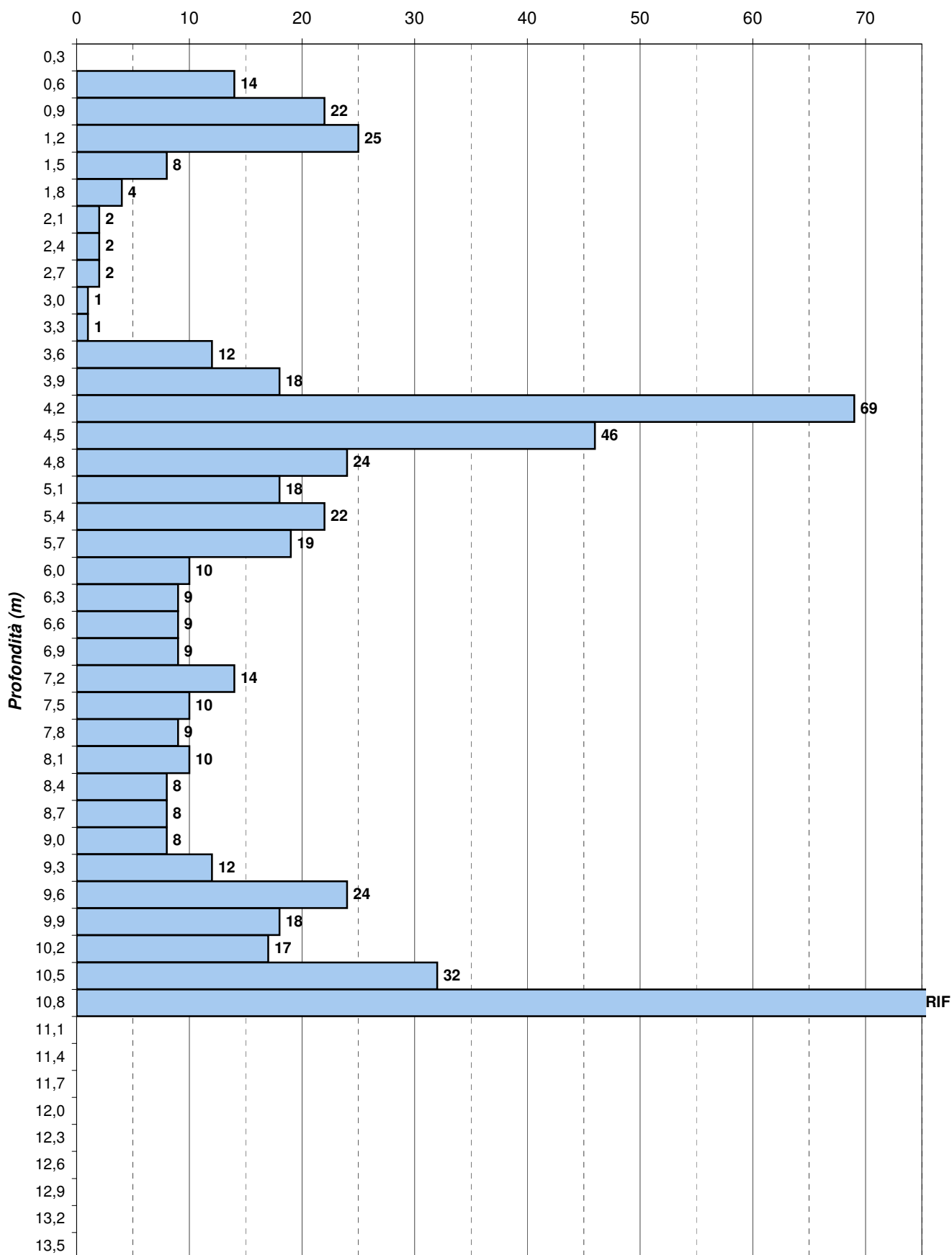


Prova penetrometrica DP7

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

Numero di colpi

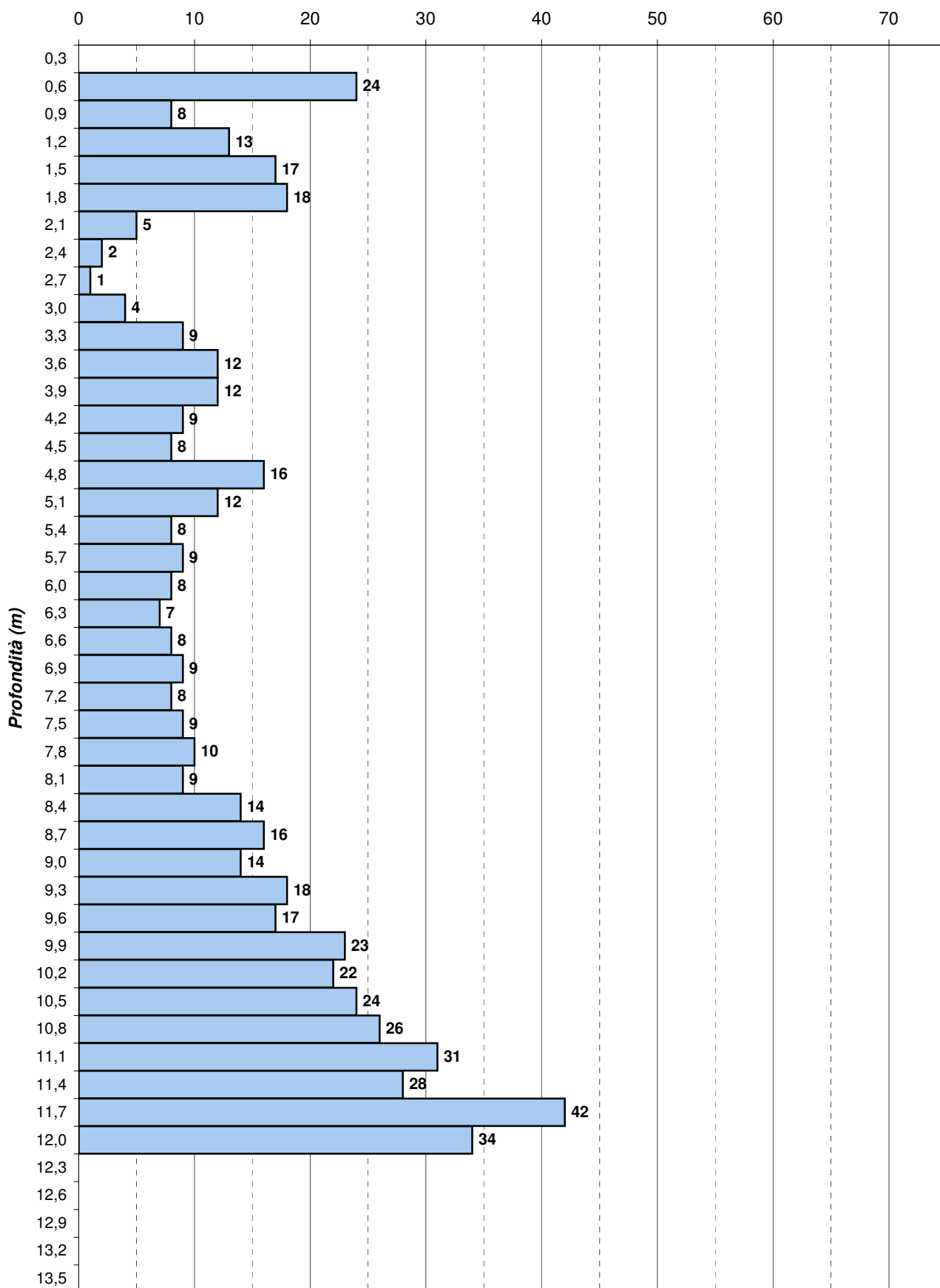


Prova penetrometrica DP8

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

Numero di colpi

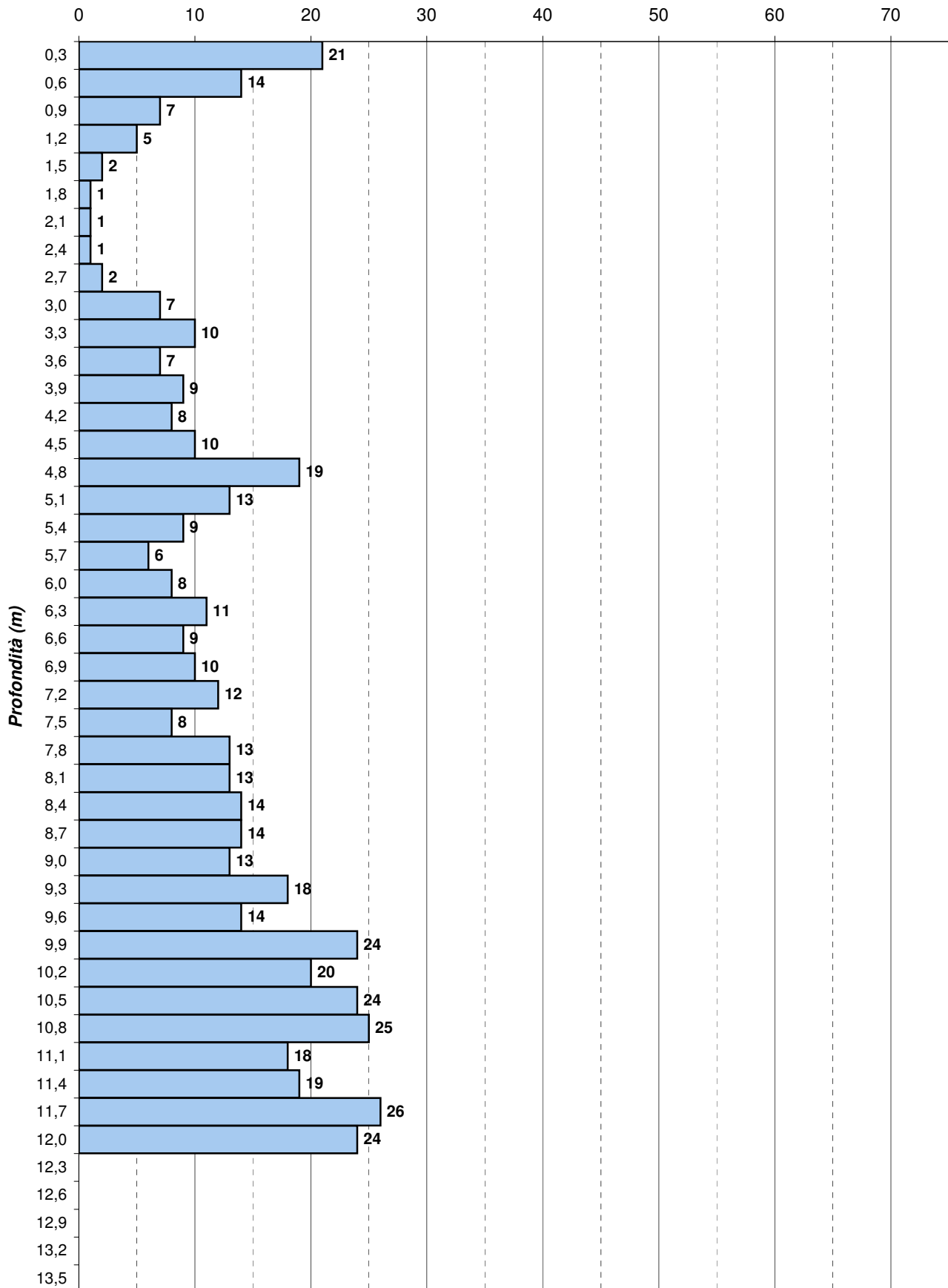


Prova penetrometrica DP9

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

Numero di colpi

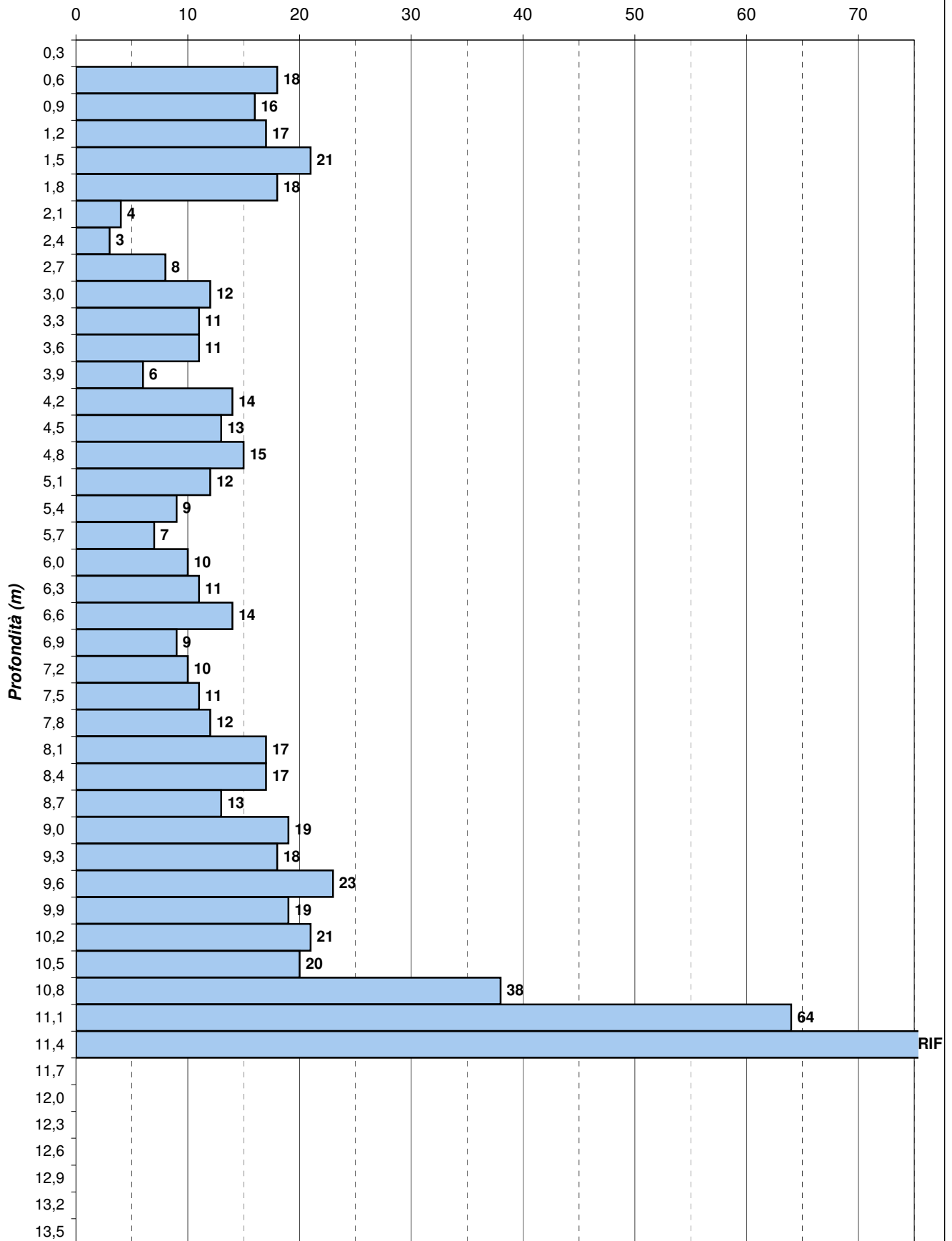


Prova penetrometrica DP10

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

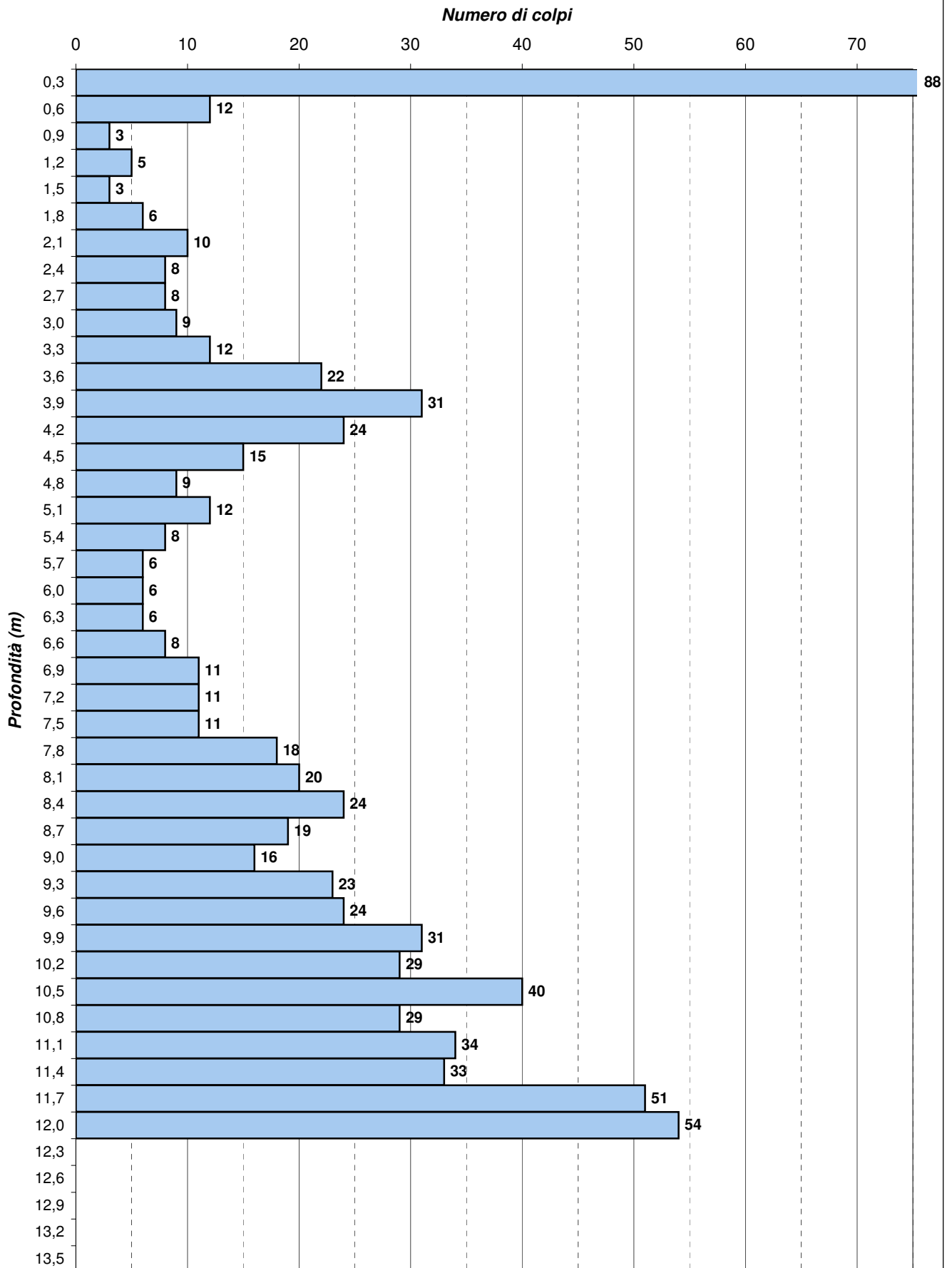
Numero di colpi



Prova penetrometrica DP11

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

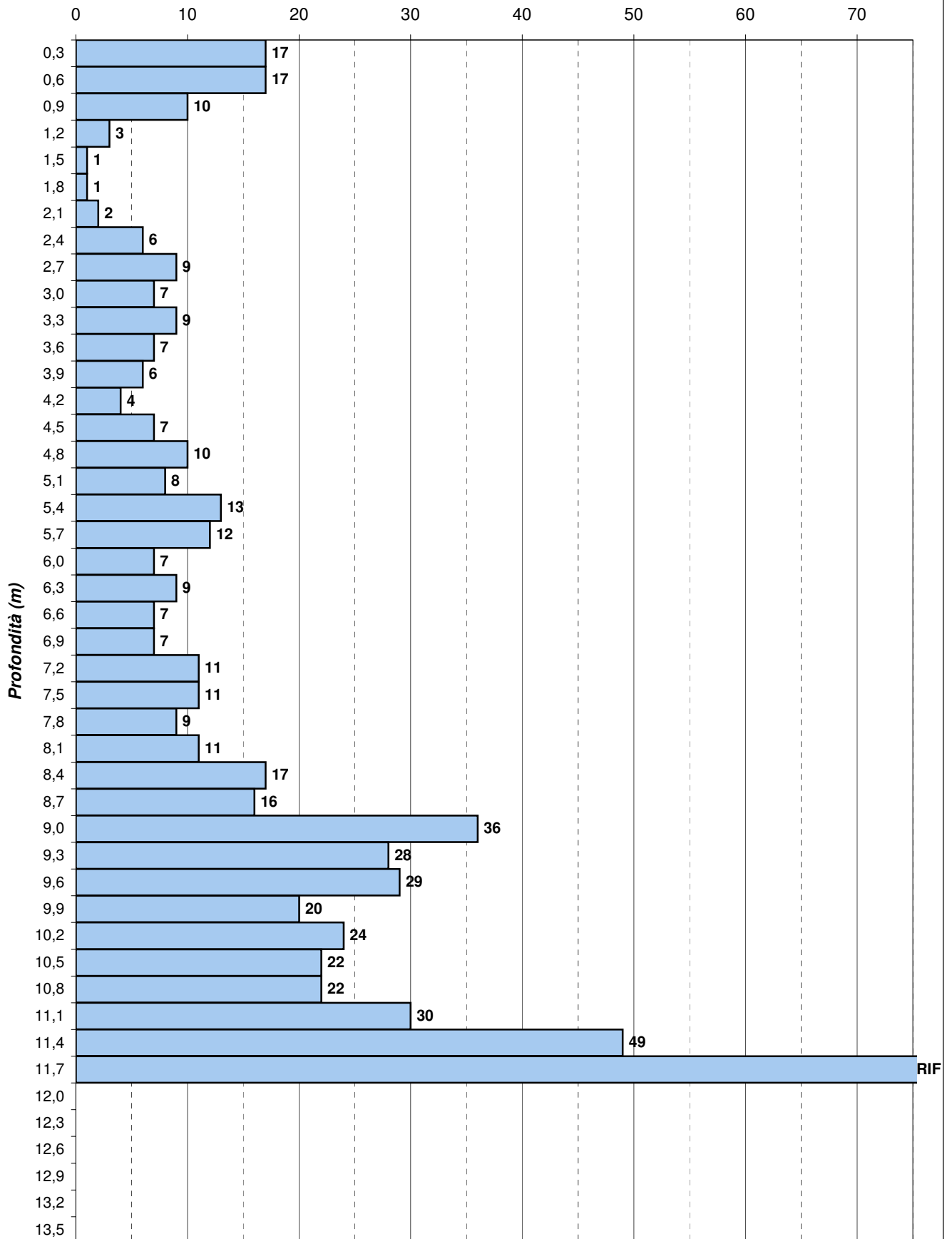


Prova penetrometrica DP12

ARESE - Ex Alfa Romeo

23-01-2013

Numero di colpi

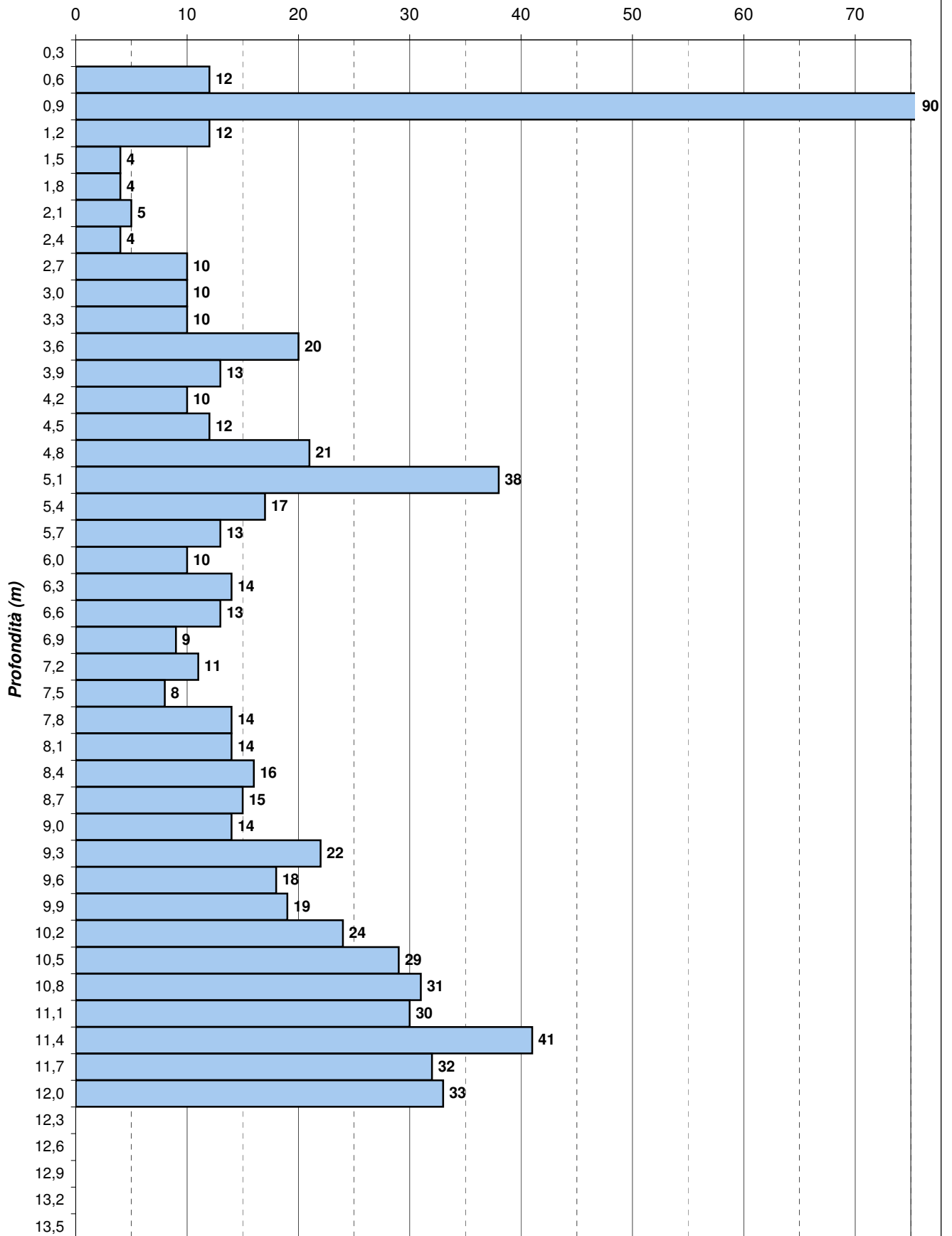


Prova penetrometrica DP13

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

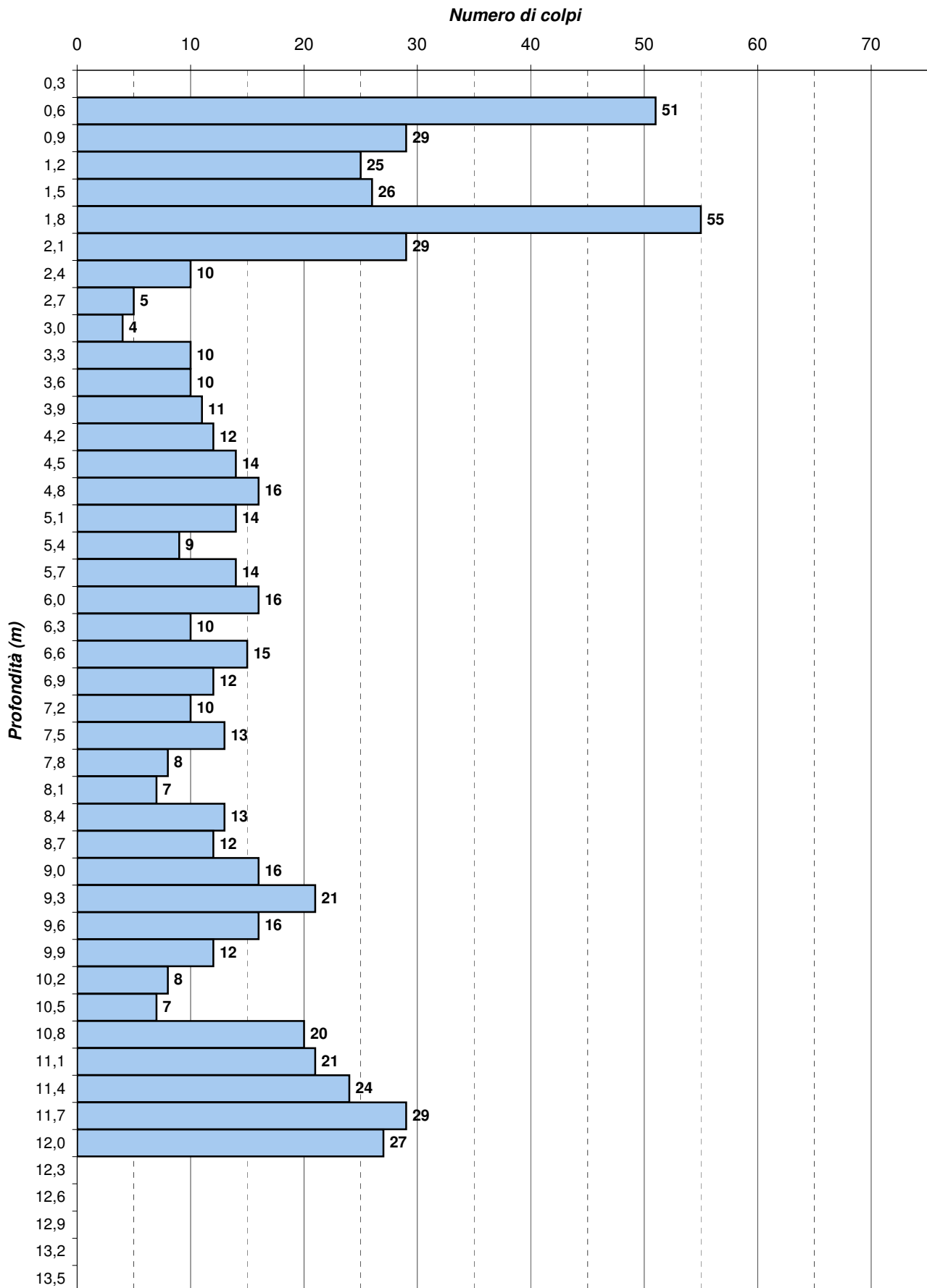
Numero di colpi



Prova penetrometrica DP14

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

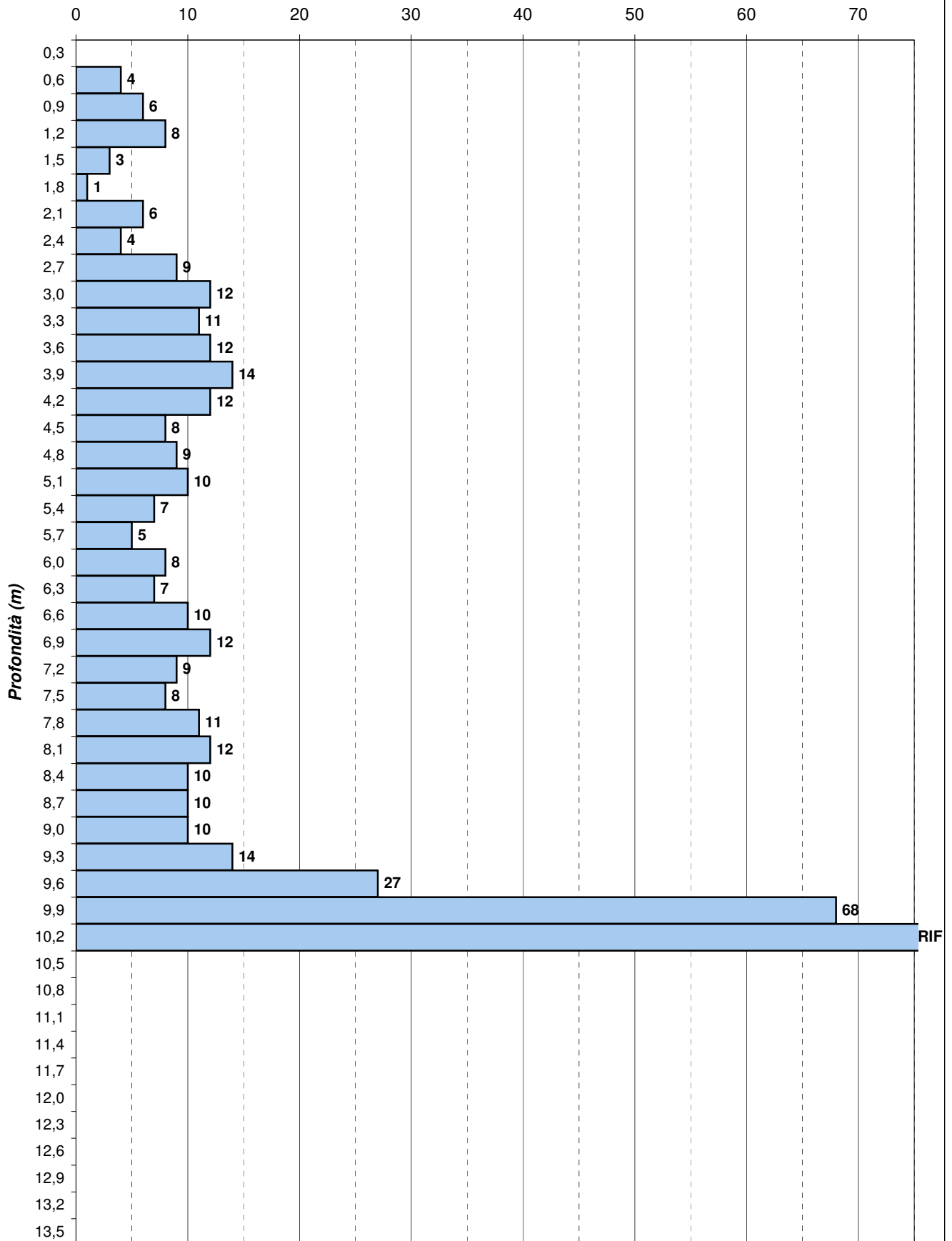


Prova penetrometrica DP15

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

Numero di colpi

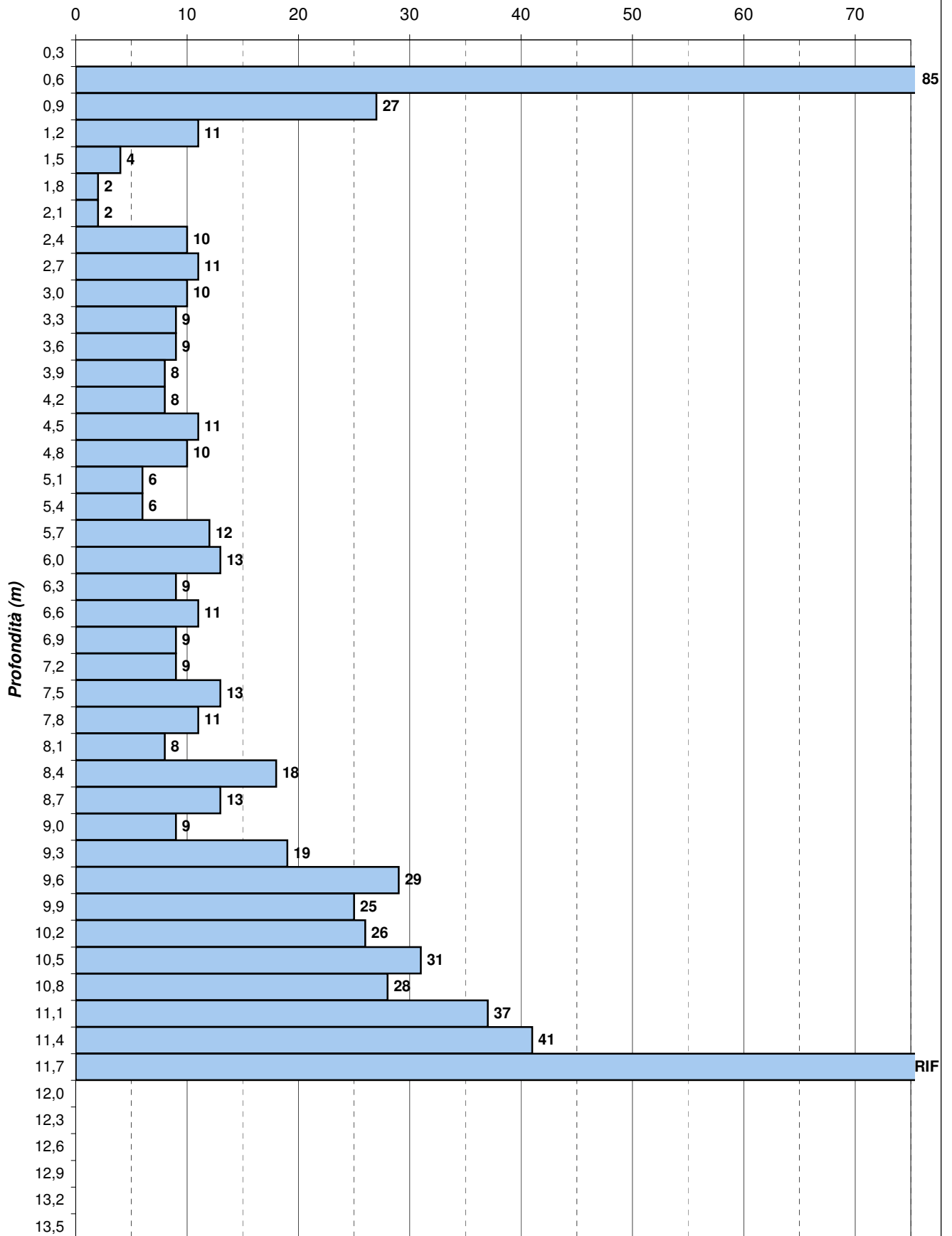


Prova penetrometrica DP16

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

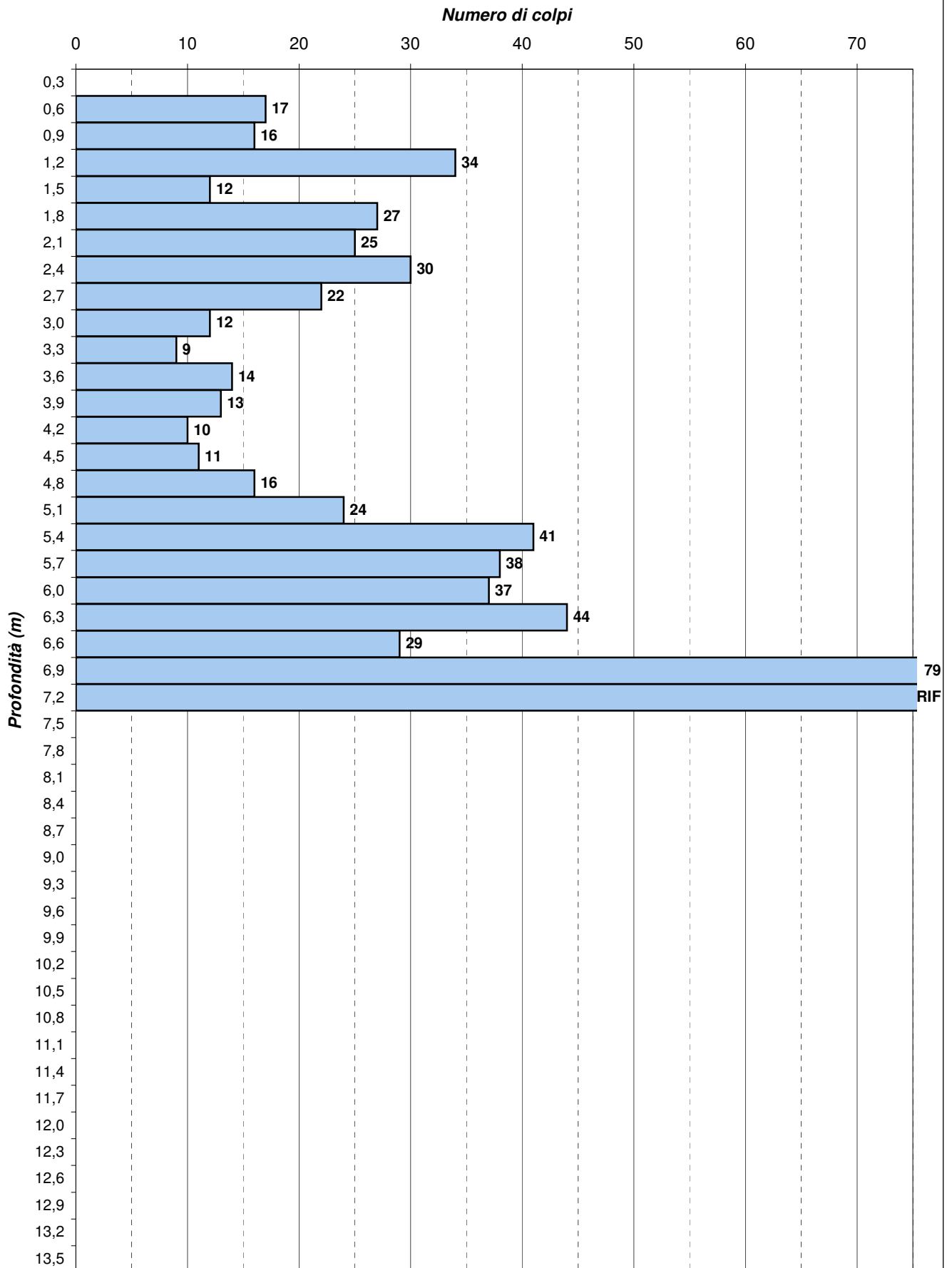
Numero di colpi



Prova penetrometrica DP17

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

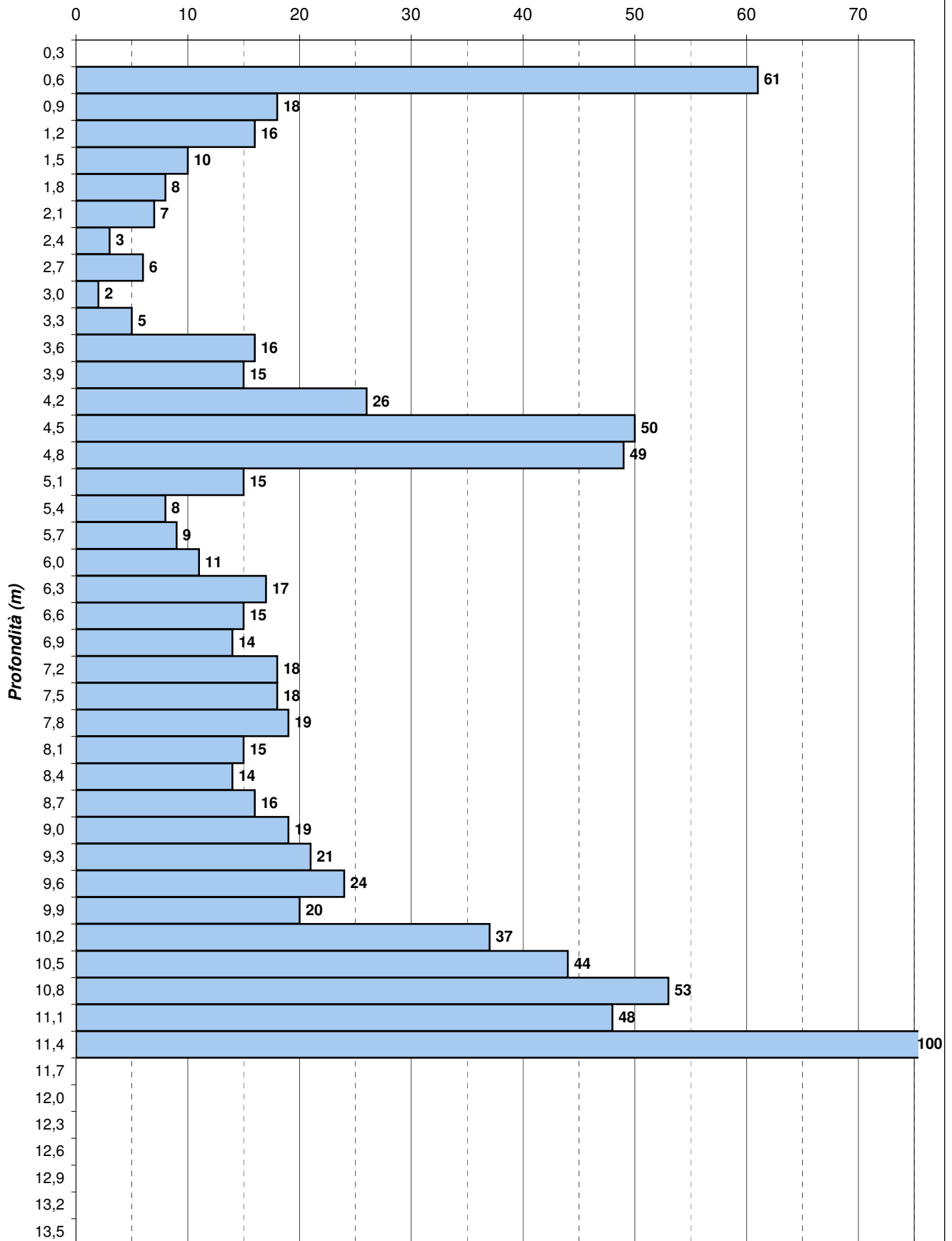


Prova penetrometrica DP18

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

Numero di colpi

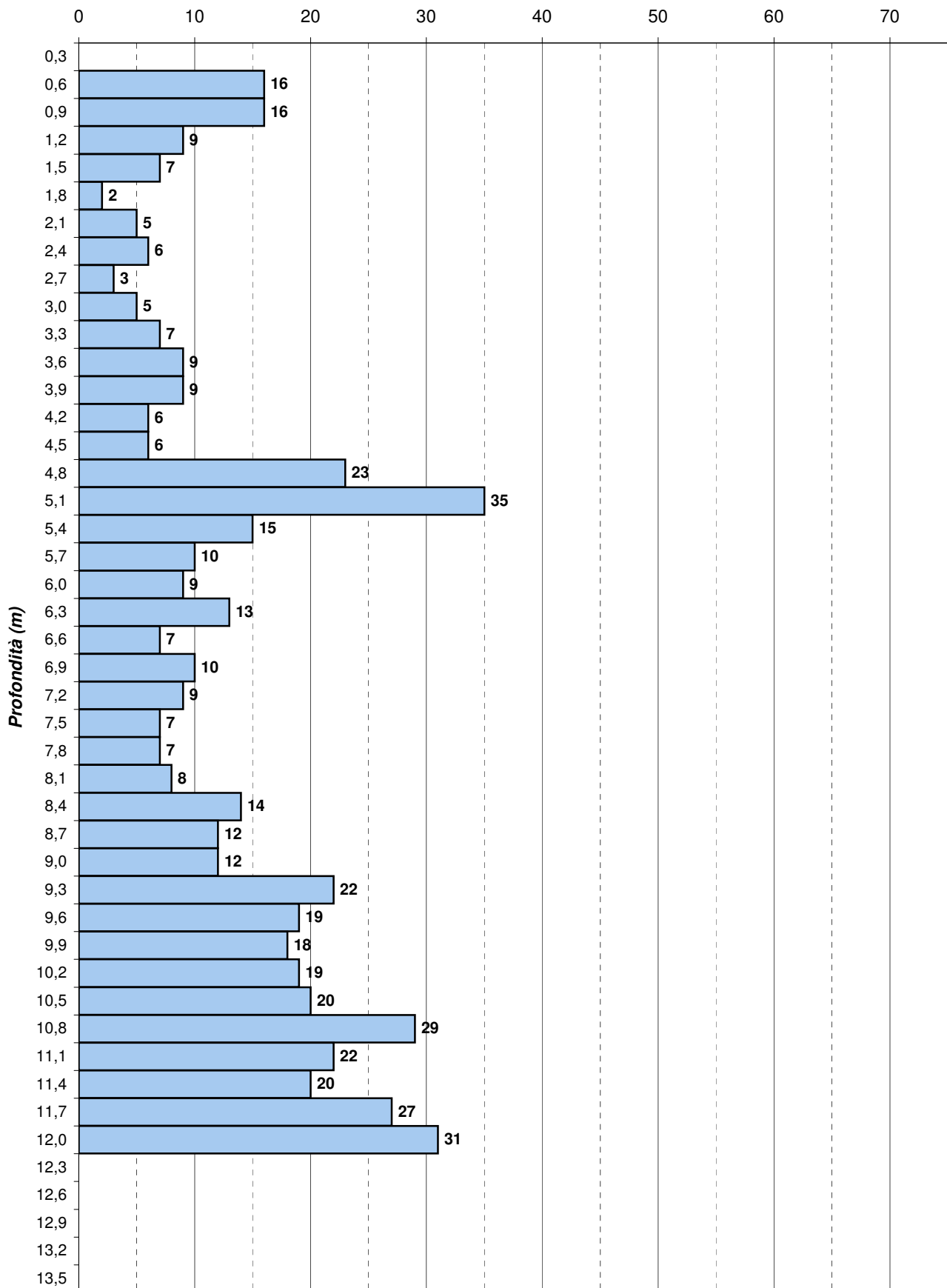


Prova penetrometrica DP19

ARESE - Ex Alfa Romeo

24-01-2013

Numero di colpi

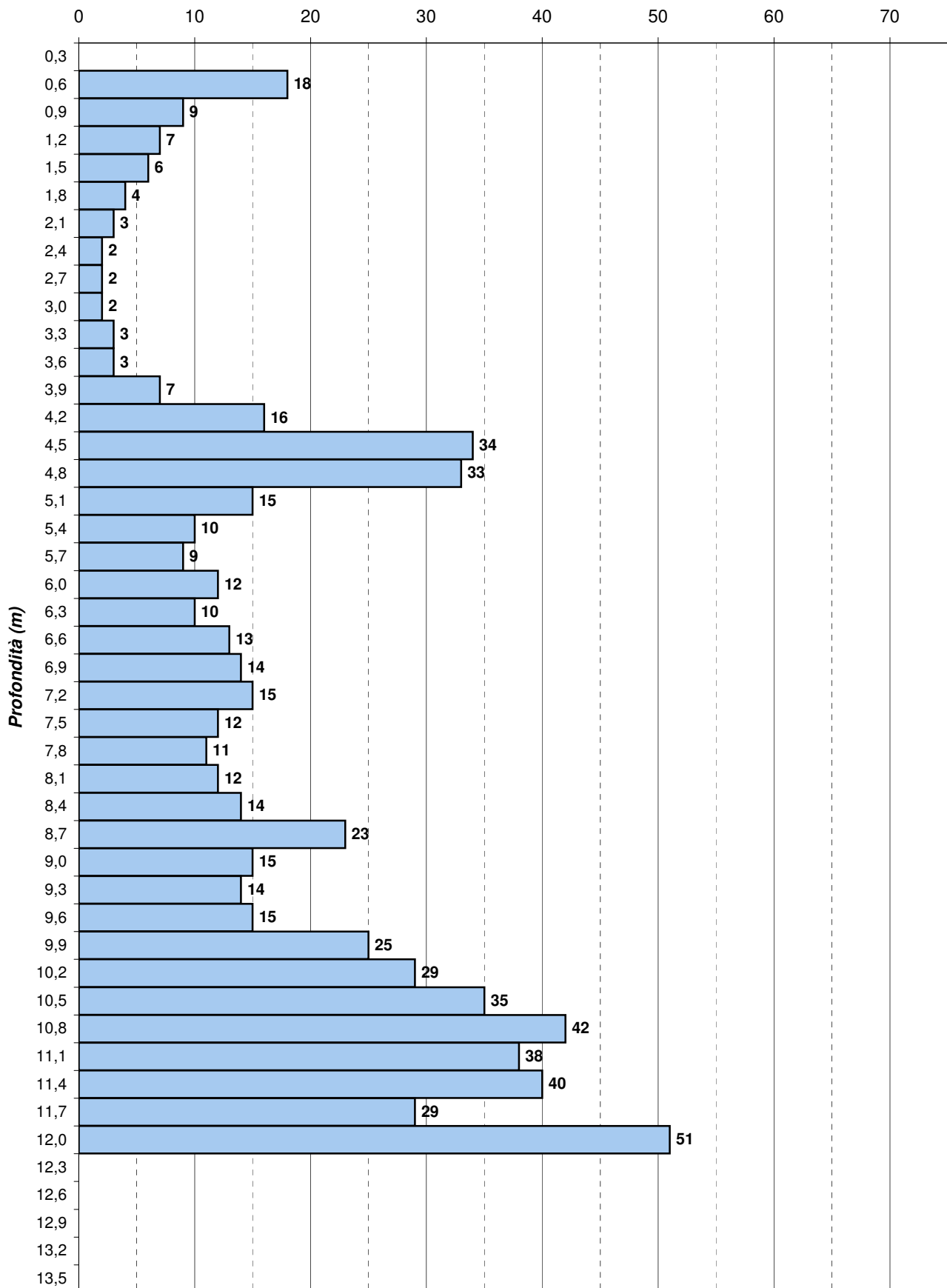


Prova penetrometrica DP20

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

Numero di colpi

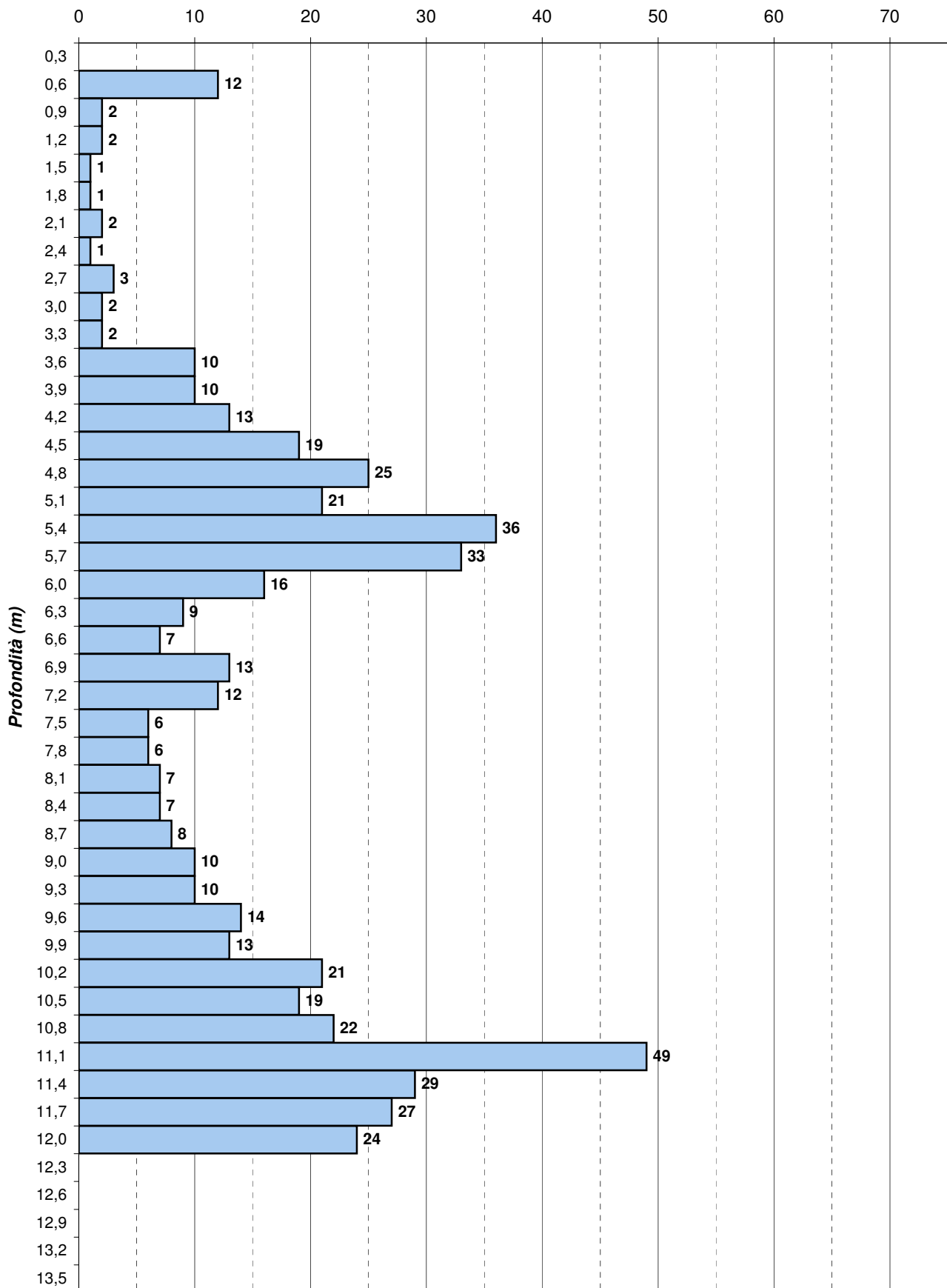


Prova penetrometrica DP21

ARESE - Ex Alfa Romeo

25-01-2013

Numero di colpi





Postazione prova penetrometrica DP1.



Postazione prova penetrometrica DP11.



Postazione prova penetrometrica DP1.



Postazione prova penetrometrica DP21.

APPENDICE 4
Prove geotecniche di laboratorio

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 90 del 01/02/2013	Accettazione 1474 del 31/01/2013
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 01/02/2013 data fine prova 06/02/2013

COMMITTENTE: STUDIO CONGEO	
COMMESSA:	
LOCALITA': ARESE EX ALFA ROMEO (MI)	
SONDAGGIO : S1 CAMPIONE:	PROFONDITA' : 22,00-23,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	1611,7	g	
Diametro massimo	36	mm	
Diametro minimo	16	mm	
	mm	in.-No.	
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	98,52 %
Passante	19,0	3/4	94,63 %
Passante	9,5	3/8	87,74 %
Passante	4,75	No. 4	80,86 %
Passante	2,0	No. 10	72,57 %
Passante	0,850	No. 20	62,17 %
Passante	0,425	No. 40	51,59 %
Passante	0,254	No. 60	44,65 %
Passante	0,150	No. 100	38,11 %
Passante	0,075	No. 200	30,52 %

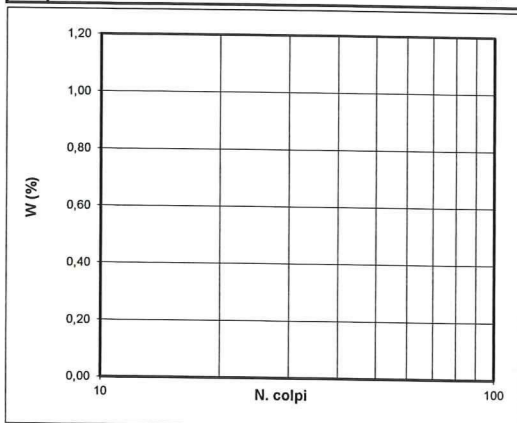
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
	0,0548	mm	26,86 %
	0,0390	mm	26,38 %
	0,0287	mm	23,48 %
	0,0210	mm	20,58 %
	0,0152	mm	18,65 %
	0,0115	mm	15,75 %
	0,0083	mm	13,82 %
	0,0060	mm	11,89 %
	0,0044	mm	8,99 %
	0,0031	mm	7,06 %
	0,0023	mm	5,12 %
	0,0016	mm	4,16 %
	0,0013	mm	3,19 %

LIMITI DI CONSISTENZA

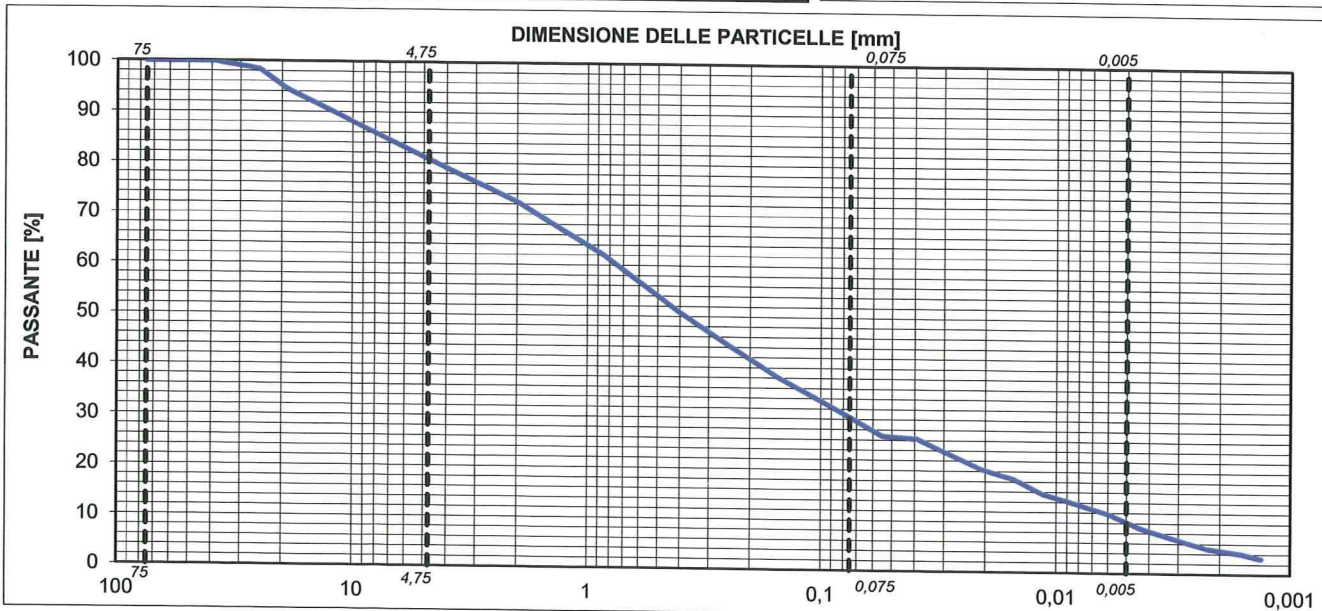
Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL				
LP				



Ghiaia g (19-75)	5,37 %
Ghiaia f (4,75-19,0)	13,77 %
Sabbia g (2-4,75)	8,29 %
Sabbia m (0,425-2)	20,98 %
Sabbia f (0,075-0,425)	21,07 %
Limo+argilla (< 0,075)	30,52 %
Limo (0,005-0,075)	20,38 %
Argilla (< 0,005)	10,14 %

CLASSIFICAZIONE ASTM	
SM SC SC-SM	
AASHTO M 145-82	
-	
γ_s	- Mg/mc
CU	- -
CC	- -



SPERIMENTATORE	DIRETTORE

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail: info@geoaltair.it P.E.C.: altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 91	del 01/02/2013	Accettazione 1474	del 31/01/2013
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)		data inizio prova 01/02/2013	data fine prova 06/02/2013

COMMITTENTE:	STUDIO CONGEO		
COMMESSA:			
LOCALITA':	ARESE EX ALFA ROMEO (MI)		
SONDAGGIO :	S2	CAMPIONE:	PROFONDITA' : 14,00-15,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

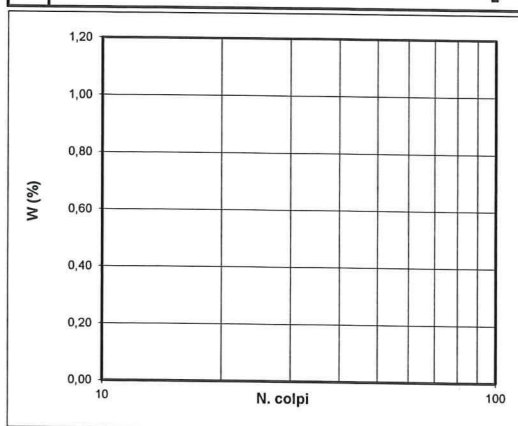
Peso iniziale	1790,4	g	
Diametro massimo	51	mm	
Diametro minimo	22	mm	
	mm	in.-No.	
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	94,65 %
Passante	19,0	3/4	92,98 %
Passante	9,5	3/8	82,42 %
Passante	4,75	No. 4	72,55 %
Passante	2,0	No. 10	62,13 %
Passante	0,850	No. 20	51,82 %
Passante	0,425	No. 40	41,05 %
Passante	0,254	No. 60	34,33 %
Passante	0,150	No. 100	28,43 %
Passante	0,075	No. 200	22,21 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
	0,0532	mm	20,95 %
	0,0385	mm	19,90 %
	0,0281	mm	18,14 %
	0,0205	mm	16,38 %
	0,0149	mm	14,98 %
	0,0112	mm	12,87 %
	0,0082	mm	10,76 %
	0,0060	mm	9,00 %
	0,0043	mm	7,95 %
	0,0031	mm	5,13 %
	0,0023	mm	3,73 %
	0,0016	mm	3,38 %
	0,0013	mm	3,03 %

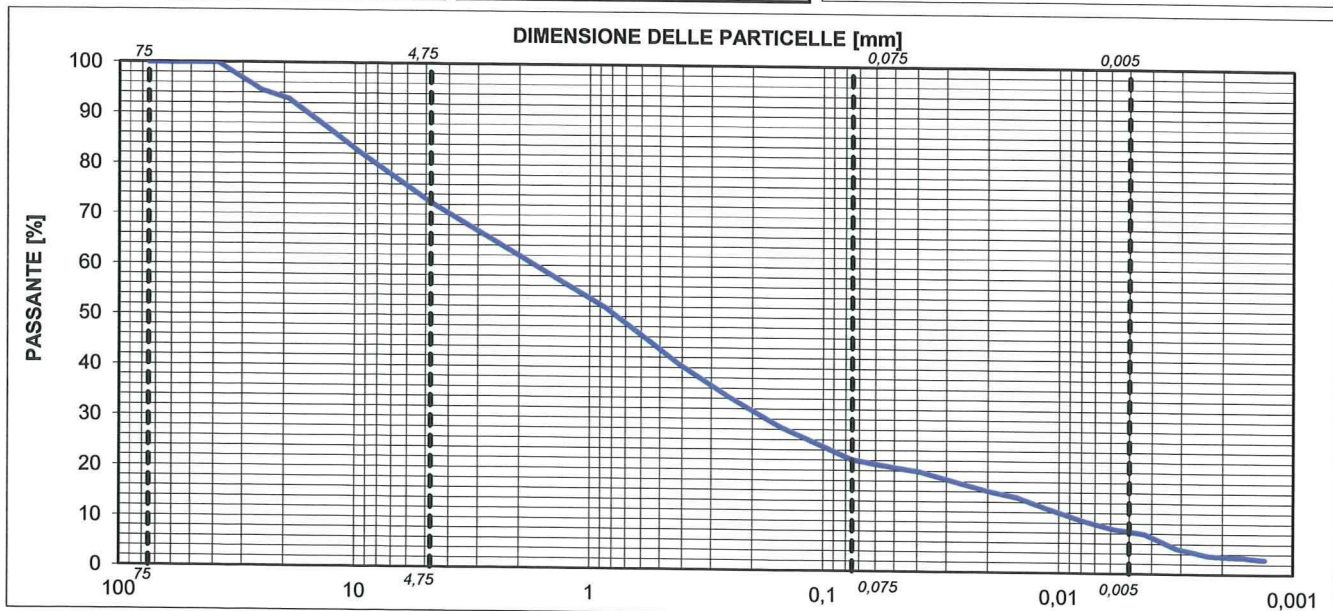
LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%			
Limite Plastico	%			
Indice di Plasticità	%			
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL				
LP				



Ghiaia g	(19-75)	7,02	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	20,43	%
Sabbia g	(2-4,75)	10,42	%
Sabbia m	(0,425-2)	21,09	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	18,84	%
Limo+argilla	(< 0,075)	22,21	%
Limo	(0,005-0,075)	13,80	%
Argilla	(< 0,005)	8,40	%

CLASSIFICAZIONE ASTM	
SM SC SC-SM	
AASHTO M 145-82	
-	
γ_s	- Mg/mc
CU	- -
CC	- -



SPERIMENTATORE	DIRETTORE

Capitale Sociale € 95.000,00. - i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail: info@geoaltair.it P.E.C.: altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

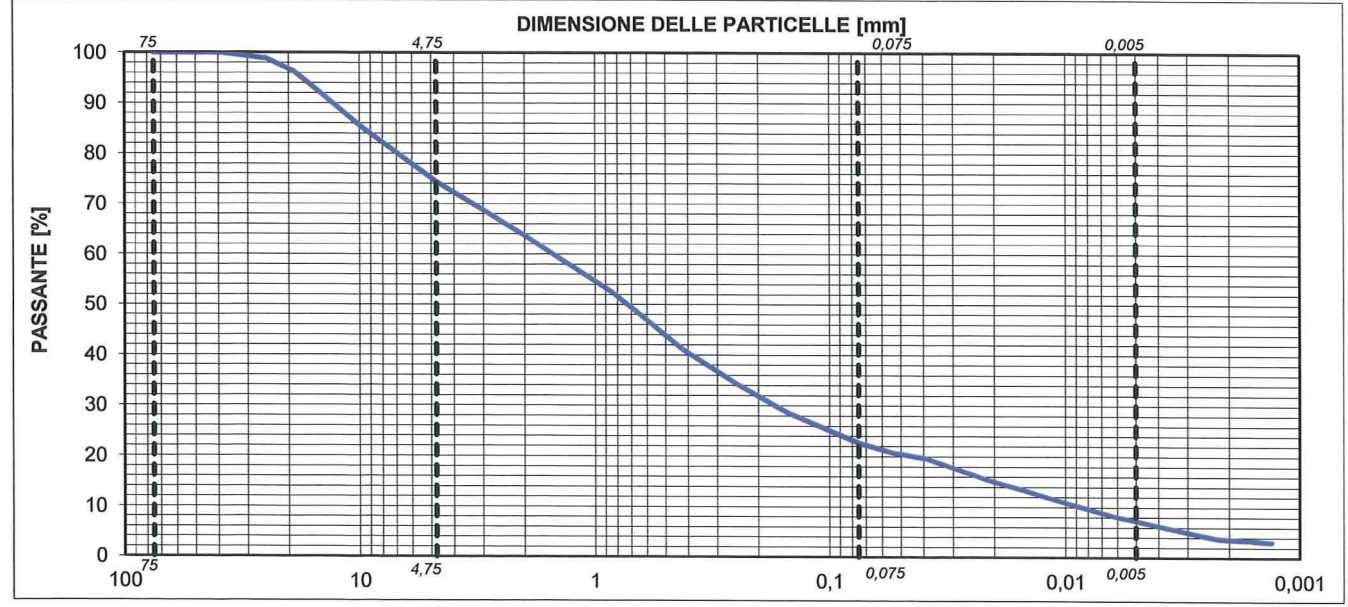
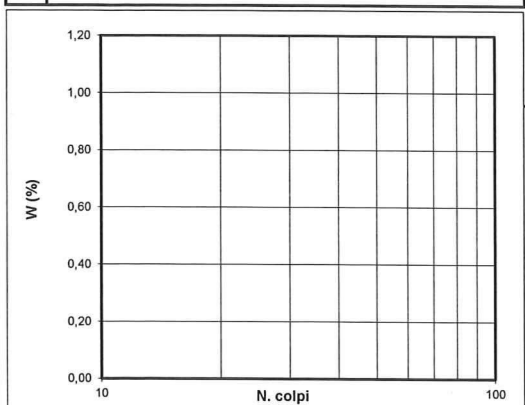
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
 D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 92 del 01/02/2013	Accettazione 1474 del 31/01/2013
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 01/02/2013 data fine prova 06/02/2013

COMMITTENTE:	STUDIO CONGEO		
COMMESSA:			
LOCALITA':	ARESE EX ALFA ROMEO (MI)		
SONDAGGIO :	S6	CAMPIONE:	PROFONDITA' : 6,50-7,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA							
Peso iniziale	2257,7	g		Peso iniziale	50	g	Limite Liquido							
Diametro massimo	38	mm		Diametro massimo	0,075	mm	Limite Plastico							
Diametro minimo	20	mm					Indice di Plasticità							
	<i>mm</i>	<i>in.-No.</i>			<i>Diametro</i>	<i>Percentuale</i>								
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0540	mm	20,78 %	TARA (g)		PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI		
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0390	mm	19,70 %	LL							
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0287	mm	17,53 %	LP							
Passante	25,4	1	98,97 %	0,0210	mm	15,37 %								
Passante	19,0	3/4	96,39 %	0,0153	mm	13,57 %								
Passante	9,5	3/8	84,90 %	0,0115	mm	11,76 %								
Passante	4,75	No. 4	74,50 %	0,0083	mm	9,96 %								
Passante	2,0	No. 10	63,79 %	0,0060	mm	8,16 %								
Passante	0,850	No. 20	52,60 %	0,0044	mm	6,71 %								
Passante	0,425	No. 40	41,19 %	0,0031	mm	5,27 %								
Passante	0,254	No. 60	34,51 %	0,0023	mm	3,83 %								
Passante	0,150	No. 100	28,70 %	0,0016	mm	3,47 %								
Passante	0,075	No. 200	22,79 %	0,0013	mm	3,11 %								
Ghiaia g	(19-75)		3,61 %	CLASSIFICAZIONE ASTM										
Ghiaia f	(4,75-19,0)		21,89 %	SM SC SC-SM										
Sabbia g	(2-4,75)		10,71 %	AASHTO M 145-82										
Sabbia m	(0,425-2)		22,60 %	-										
Sabbia f	(0,075-0,425)		18,40 %	γs			-	Mg/mc						
Limo+argilla	(< 0,075)		22,79 %											
Limo	(0,005-0,075)		15,52 %	CU	-	-								
Argilla	(< 0,005)		7,27 %	CC	-	-								



SPERIMENTATORE	DIRETTORE

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geoaltair.it P.E.C.: altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 93	del 01/02/2013	Accettazione 1474	del 31/01/2013
------------------------------	------------------------------	---------------------------------	------------------------------

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 01/02/2013	data fine prova 06/02/2013
--	-------------------------------------	-----------------------------------

COMMITTENTE:	STUDIO CONGEO		
COMMESSA:			
LOCALITA':	ARESE EX ALFA ROMEO (MI)		
SONDAGGIO :	S7	CAMPIONE:	PROFONDITA' : 3,00-4,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	1974,4	g	
Diametro massimo	59	mm	
Diametro minimo	34	mm	
	mm	in.-No.	
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	91,58 %
Passante	19,0	3/4	83,90 %
Passante	9,5	3/8	71,31 %
Passante	4,75	No. 4	62,60 %
Passante	2,0	No. 10	55,13 %
Passante	0,850	No. 20	45,41 %
Passante	0,425	No. 40	31,04 %
Passante	0,254	No. 60	22,31 %
Passante	0,150	No. 100	18,50 %
Passante	0,075	No. 200	15,64 %

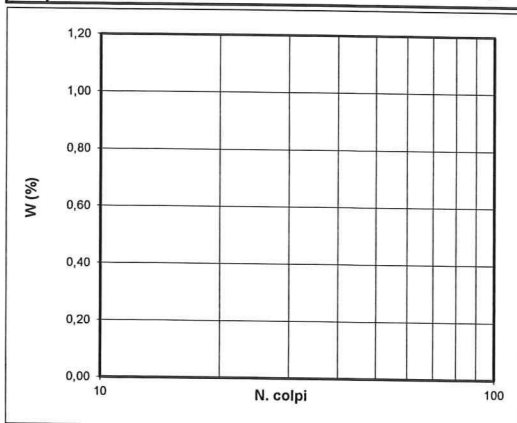
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	g
Diametro massimo	0,075	mm
	Diametro	Percentuale
	0,0551 mm	13,52 %
	0,0401 mm	12,53 %
	0,0290 mm	11,54 %
	0,0213 mm	10,05 %
	0,0154 mm	9,06 %
	0,0116 mm	7,58 %
	0,0084 mm	6,59 %
	0,0061 mm	5,10 %
	0,0044 mm	3,62 %
	0,0032 mm	2,38 %
	0,0023 mm	1,64 %
	0,0016 mm	1,14 %
	0,0013 mm	0,65 %

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL				
LP				

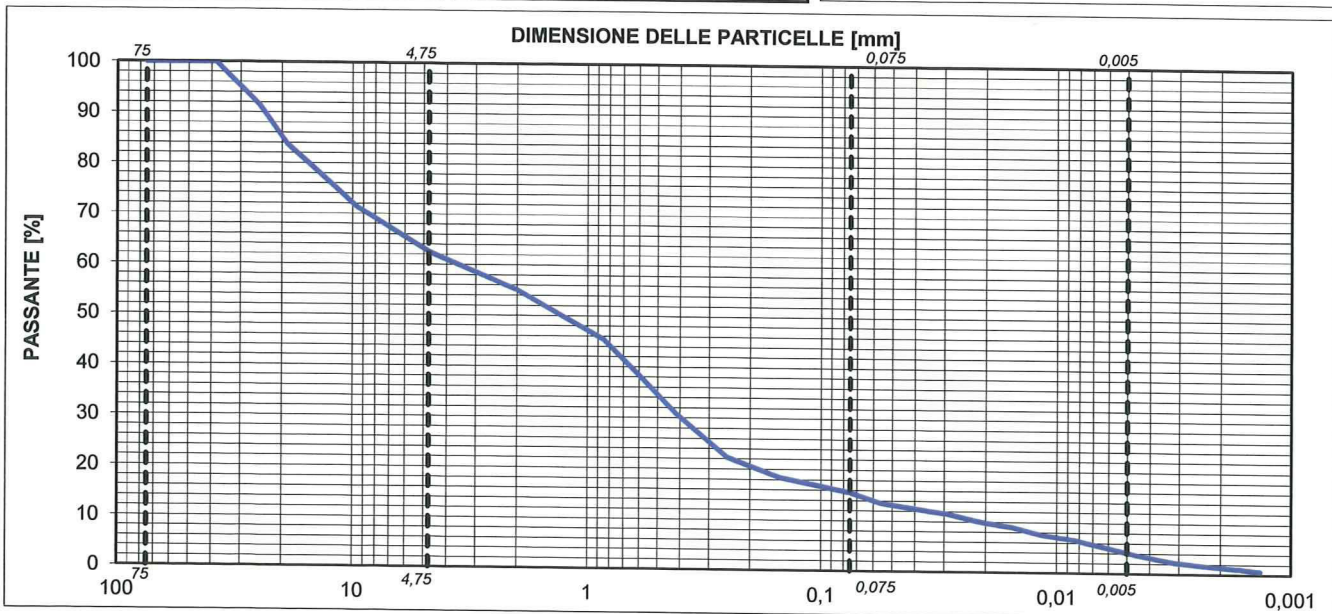


Ghiaia g (19-75)	16,10 %
Ghiaia f (4,75-19,0)	21,30 %
Sabbia g (2-4,75)	7,47 %
Sabbia m (0,425-2)	24,09 %
Sabbia f (0,075-0,425)	15,40 %
Limo+argilla (< 0,075)	15,64 %

CLASSIFICAZIONE ASTM
SM SC SC-SM
AASHTO M 145-82
-

Limo (0,005-0,075)	11,52 %
Argilla (< 0,005)	4,12 %

γs	-	Mg/mc
CU	-	-
CC	-	-



SPERIMENTATORE	DIRETTORE

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail: info@geoaltair.it P.E.C.: altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



Certificato 94 del 01/02/2013	Accettazione 1474 del 31/01/2013
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 01/02/2013 data fine prova 06/02/2013

COMMITTENTE: STUDIO CONGEO	
COMMESSA:	
LOCALITA': ARESE EX ALFA ROMEO (MI)	
SONDAGGIO : S8 CAMPIONE:	PROFONDITA' : 4,00-5,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	2046,7	g	
Diametro massimo	49	mm	
Diametro minimo	21	mm	
	mm	in.-No.	
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	90,08 %
Passante	19,0	3/4	83,30 %
Passante	9,5	3/8	65,66 %
Passante	4,75	No. 4	54,15 %
Passante	2,0	No. 10	43,12 %
Passante	0,850	No. 20	34,23 %
Passante	0,425	No. 40	27,30 %
Passante	0,254	No. 60	22,80 %
Passante	0,150	No. 100	19,01 %
Passante	0,075	No. 200	15,27 %

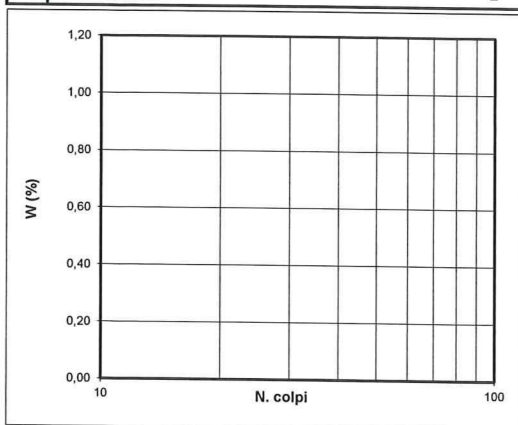
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
	0,0544	mm	13,69 %
	0,0395	mm	12,72 %
	0,0289	mm	11,51 %
	0,0212	mm	10,06 %
	0,0154	mm	8,85 %
	0,0115	mm	7,88 %
	0,0083	mm	6,92 %
	0,0062	mm	4,50 %
	0,0044	mm	4,02 %
	0,0032	mm	3,05 %
	0,0023	mm	2,08 %
	0,0016	mm	1,60 %
	0,0013	mm	1,11 %

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL				
LP				



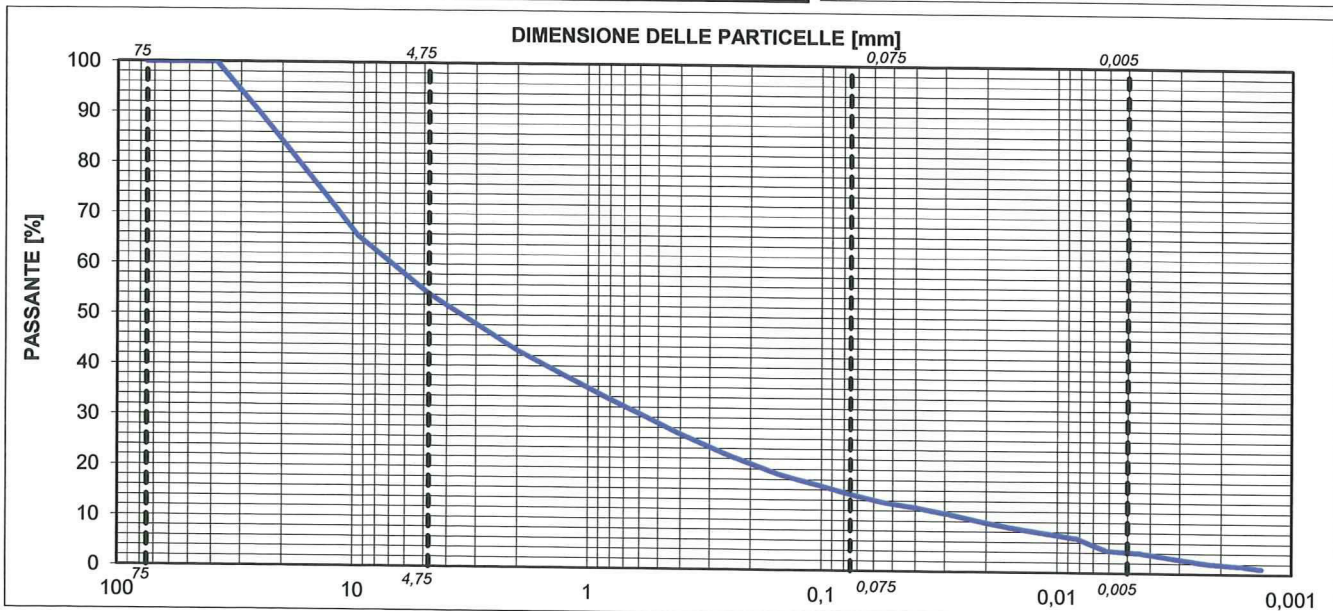
Ghiaia g	(19-75)	16,70 %
Ghiaia f	(4,75-19,0)	29,15 %
Sabbia g	(2-4,75)	11,03 %
Sabbia m	(0,425-2)	15,81 %
Sabbia f	(0,075-0,425)	12,03 %
Limo+argilla	(< 0,075)	15,27 %

CLASSIFICAZIONE ASTM	
GM GC GC-GM	
AASHTO M 145-82	
-	

γs	-	Mg/mc
----	---	-------

Limo	(0,005-0,075)	11,09 %
Argilla	(< 0,005)	4,18 %

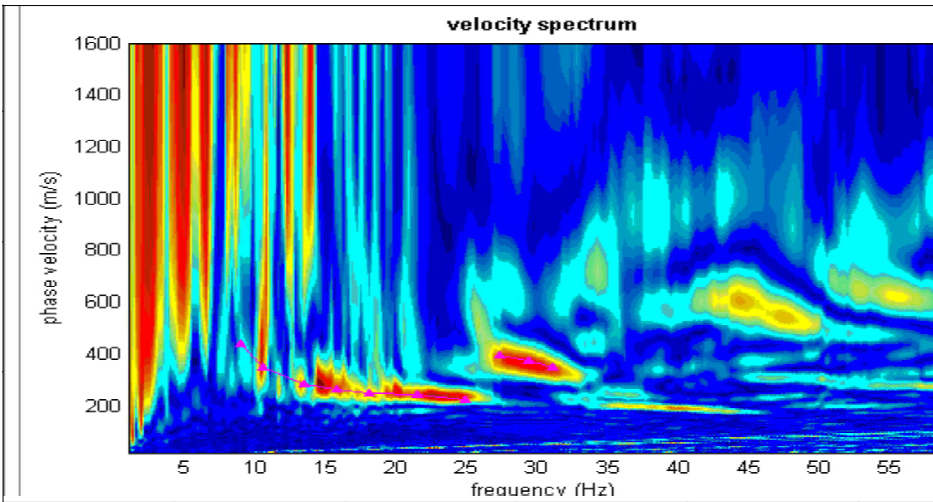
CU	-	-
CC	-	-



SPERIMENTATORE	DIRETTORE

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail: info@geoaltair.it P.E.C.: altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

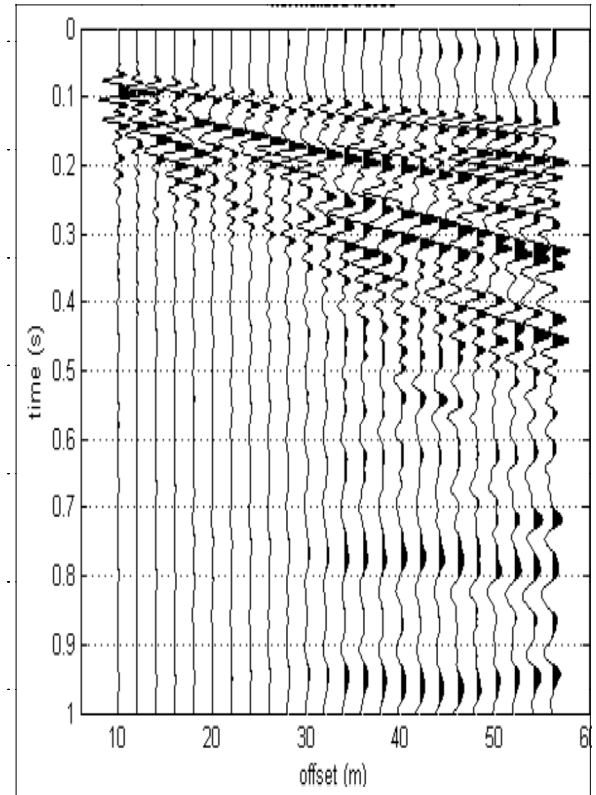
APPENDICE 5
Indagini geofisiche



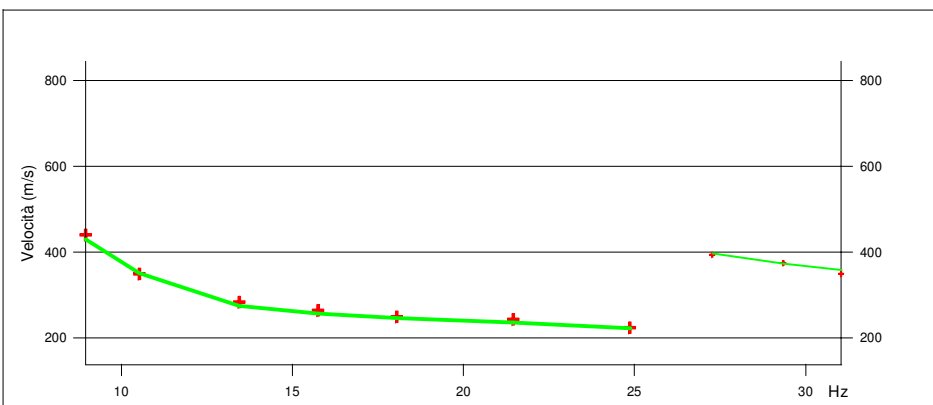
LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

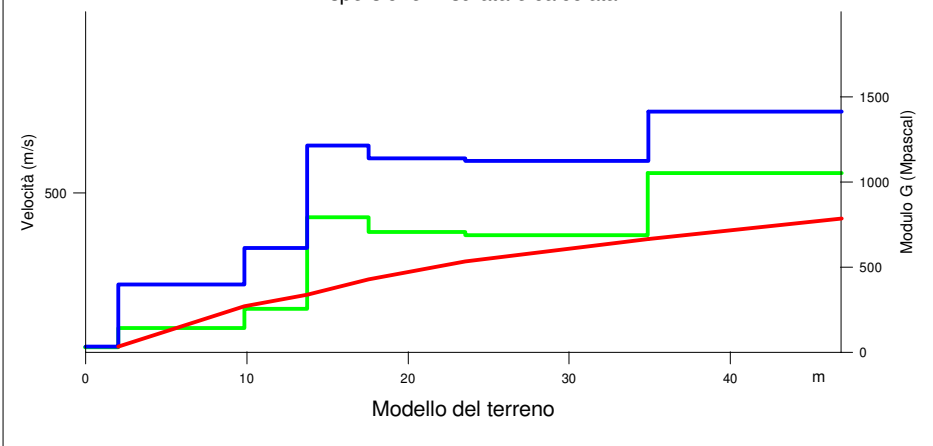
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	2	138	.0148	138	31
2	9.9	284	.0276	233	144
9.9	13.8	370	.0105	260	257
13.8	17.6	613	.0062	297	793
17.6	23.6	583	.0103	340	707
23.6	34.9	576	.0197	392	688
34.9	46.9	693	.0173	441	1053

VALORE CALCOLATO VS30 = 372 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Arese, ex Alfa Romeo

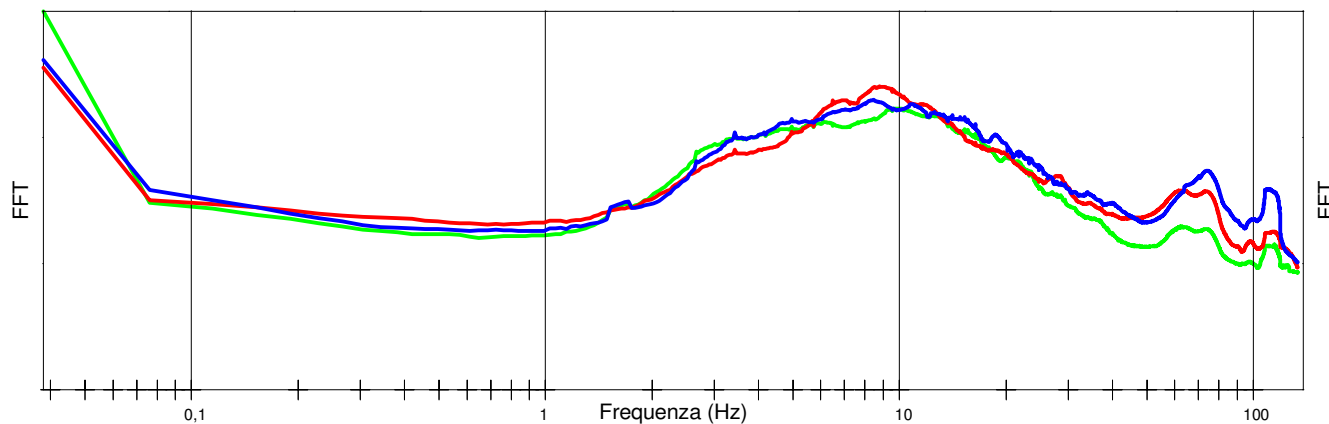
Committente: Studio Congeo

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/a	Gennaio 2013	 <small>GEOMETRA ELABORAZIONE DATI</small>
----------	--------------	---

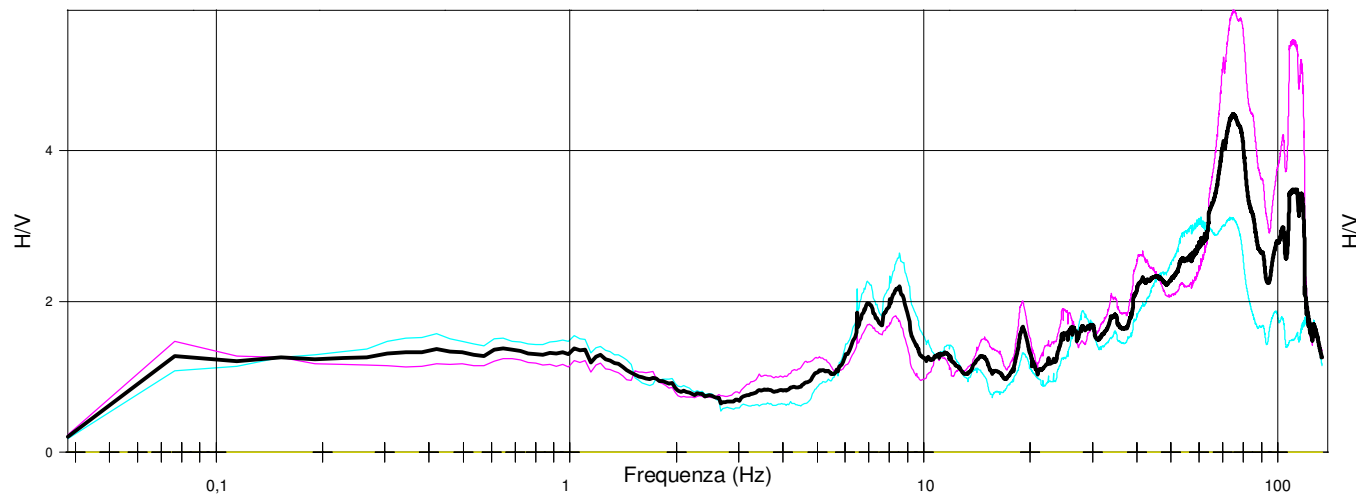
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 21' 24.5"
 Campionamento 10 KHz
 Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 7 Hz

PROVA H/V

Località: Arese, ex Alfa Romeo

Committente: Studio Congeo

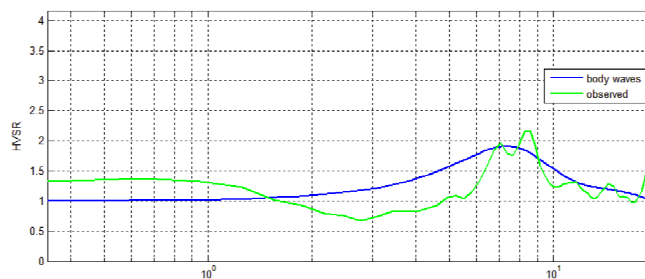
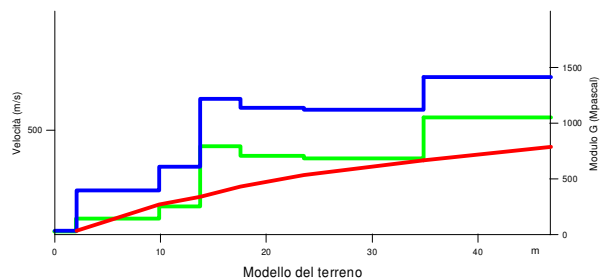
Metodo Nakamura

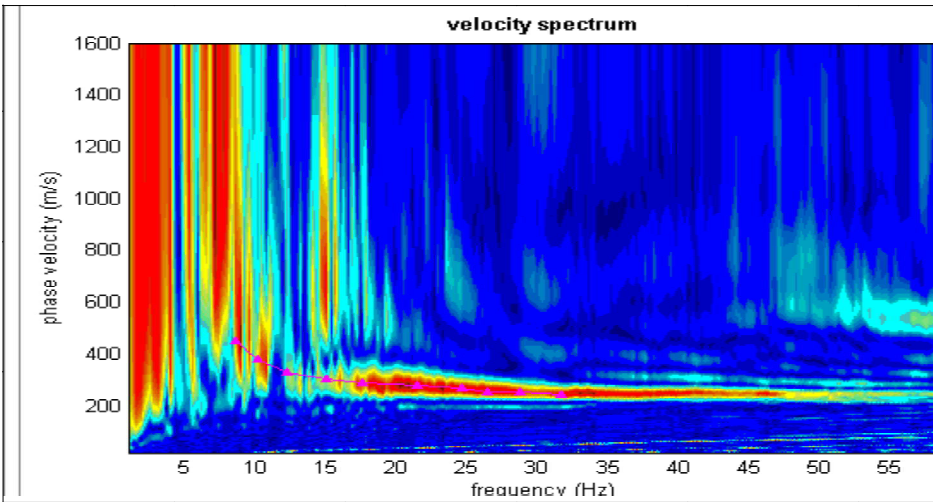
**SPETTRI DI FREQUENZA
 PROVA G9585**

All. 3/a

Gennaio 2013

EEG s.r.l.
 GEOMETRICA
 ELABORAZIONE DATI

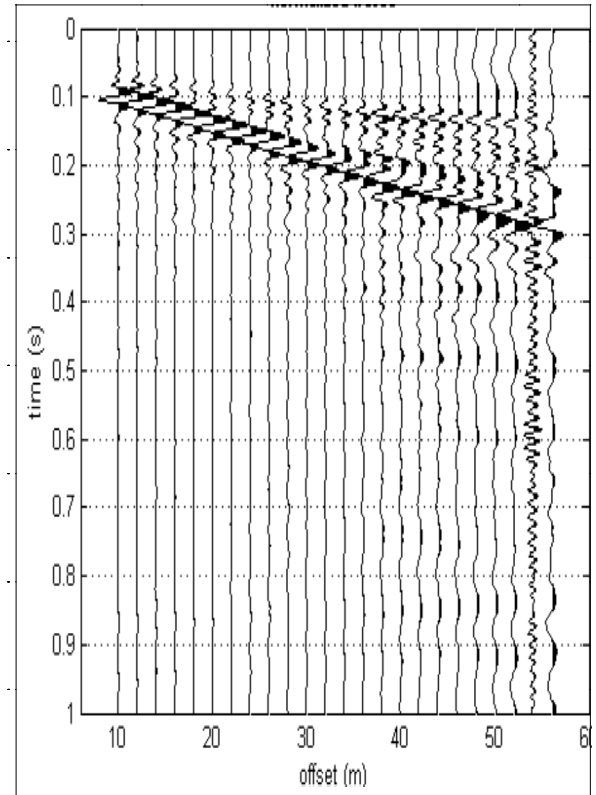




LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- / Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma

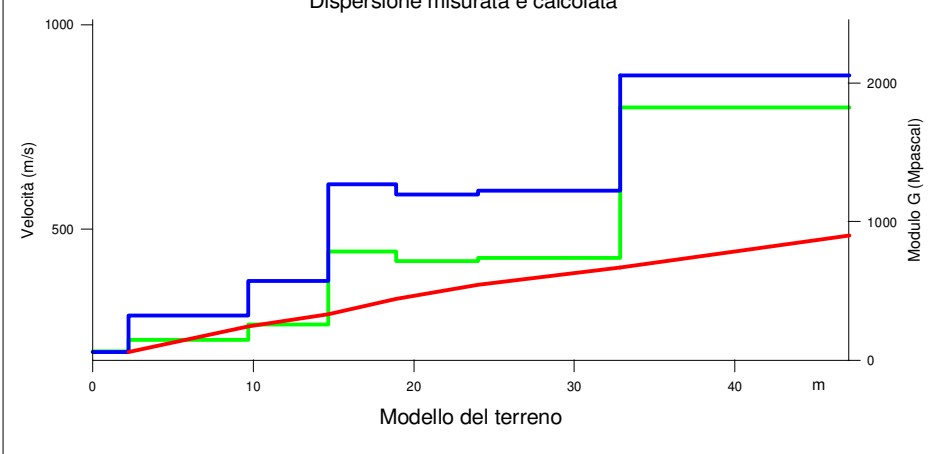
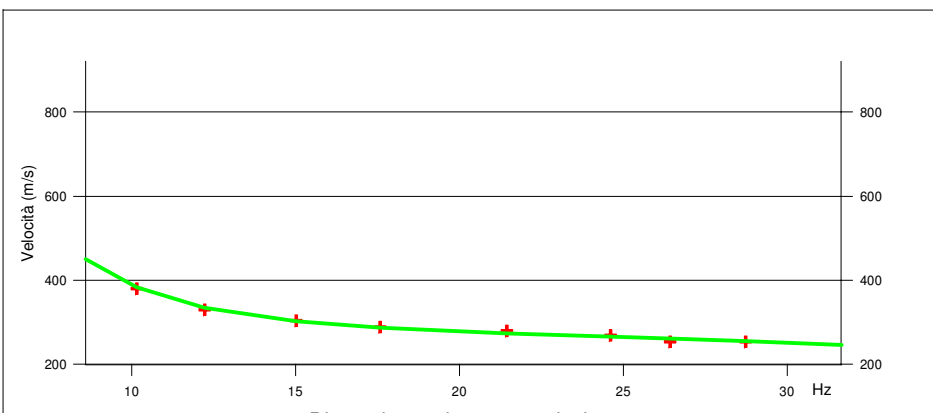


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	2.2	199	.0111	199	68
2.2	9.7	289	.0257	262	150
9.7	14.7	373	.0134	292	261
14.7	18.9	609	.0069	330	783
18.9	24	585	.0088	364	714
24	32.9	594	.0149	407	739
32.9	47.1	876	.0162	485	1823

VALORE CALCOLATO VS30 = 395 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Arese, ex Alfa Romeo

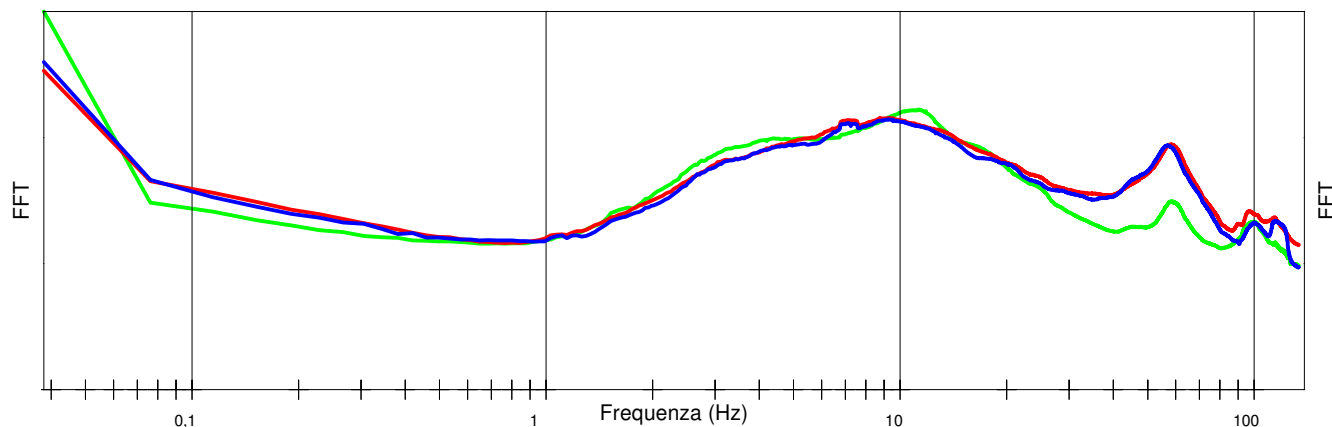
Committente: Studio Congeo

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/b	Gennaio 2013	 <small>GEOPFICA ELABORAZIONE DATI</small>
----------	--------------	---

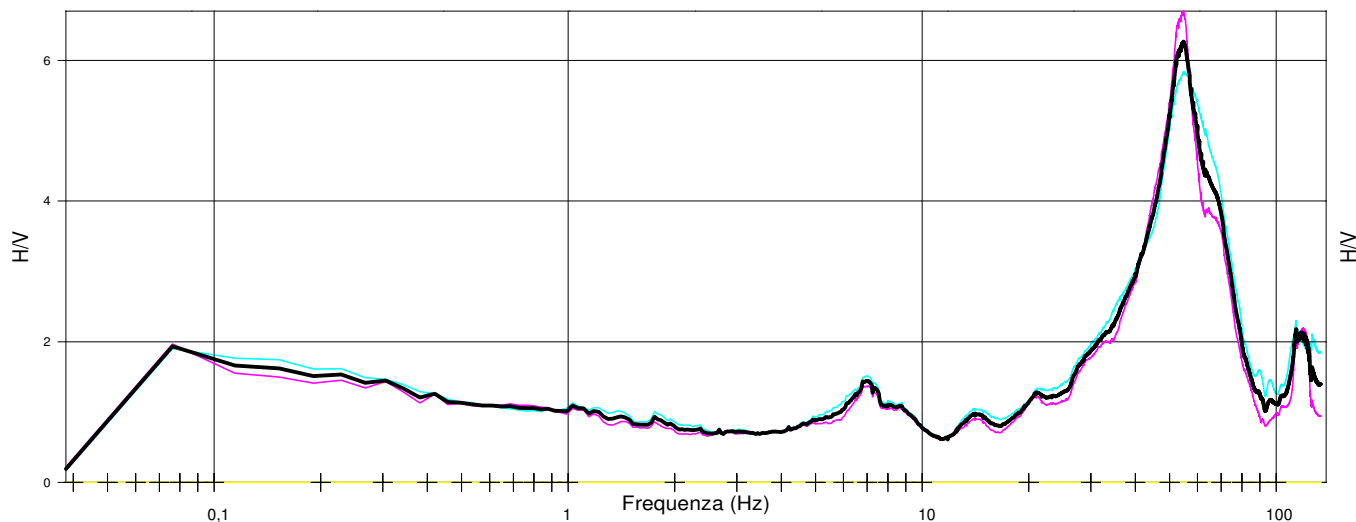
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA

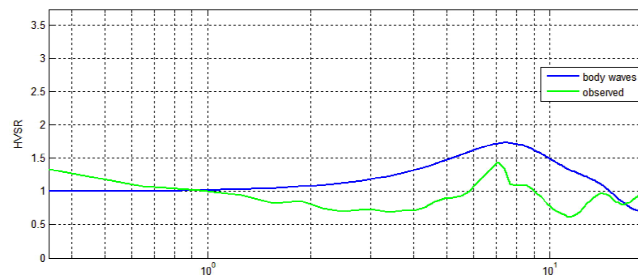
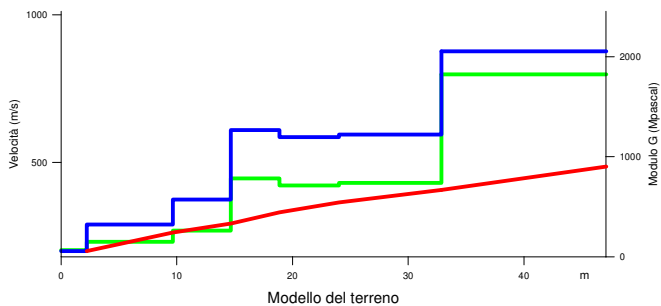
- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 21' 24.5"
 Campionamento 10 Khz
 Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 7 Hz



PROVA H/V

Località: Arese, ex Alfa Romeo

Committente: Studio Congeo

Metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA
 PROVA G9600**

All. 3/b

Gennaio 2013

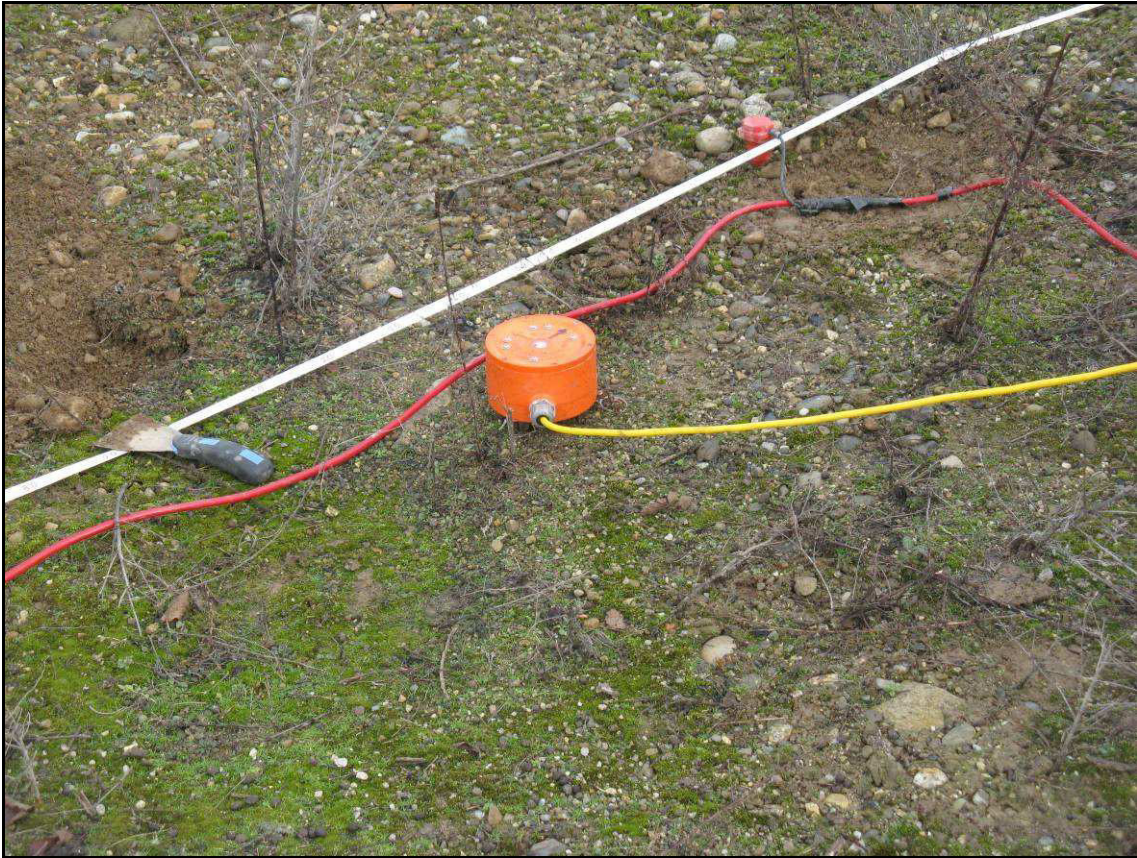
EEG s.p.a.
 GEOPISICA
 ELABORAZIONE DATI



Stendimento MASW1.



Stendimento MASW2.



Misura HVSR1.



Misura HVSR2.