

# COMUNE DI ARESE    COMUNE DI LAINATE

PROVINCIA DI MILANO

## ACCORDO DI PROGRAMMA EX ALFA ROMEO AMBITO c1/b

Richiedente:

**TEA S.p.A.**

Via Ponchielli, 7 - Milano(MI) - C.F. 03844300966

Progettista:

**Dott. Ing. Roberto Stucchi**

Via San Francesco, 1 - Cornate d'Adda (MI)

Progettazione infrastrutturale:



Centro operativo : 20090 TREZZANO S/N (MI) via Cristoforo Colombo n. 23  
Tel. 02-48400557 (r.a.)-Fax 02-48400429 e-mail:tufficlotecnico@errevia.com

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:

**Dott. Arch. Stefano Castronovo**

Via Emilia, 124 - Voghera (PV)



via diezza 32    via per busto 9  
20144 milano    21058 sobbiate orona (va)  
italia    italia  
tel +39 02 48193922    tel +39 0331 677959  
fax +39 02 48016628    fax +39 0331 329306

Direttore Lavori:

**Dott. Ing. Roberto Stucchi**

Via San Francesco, 1 - Cornate d'Adda (MI)

Impresa esecutrice:

## PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

### RINATURALIZZAZIONE TORRENTE LURA NORD

OGGETTO:

Relazione indagini geognostiche

SCALA:

-

TAVOLA:

1.3

DATA:    MAGGIO 2014

AGG:

AGG:

NOTA:

AGG:

AGG:

AGG:

AGG:

**COMUNE DI LAINATE**  
**Provincia di Milano**

**AGLAR S.p.A.**  
**Via Ponchielli, 7 – 20129 Milano**

**ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA RIPERIMETRAZIONE,  
RIQUALIFICAZIONE E LA REINDUSTRIALIZZAZIONE DELL'AREA  
FIAT – ALFA ROMEO (D.G.R. 29-12-2010 n. 9/1156)**

**Ambito pista – Ponte sul T.te Lura**

**RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA**

*N. Commessa: 1106\_14*

*Data: Giugno 2014*

*Collaborazione:*

*Dott. Paolo Merlo*



**Studio Associato di geologia applicata**

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

Piazza G. Carducci n° 6 - 21100 Varese

Tel. 0332/242283 Fax 0332/241231

e-mail: [info@studiocongeo.it](mailto:info@studiocongeo.it)

## **INDICE**

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE .....	4
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	7
3.1	Programma d'indagine .....	7
3.2	Sondaggi geognostici.....	7
3.3	Prove penetrometriche dinamiche .....	10
3.4	Indagini geofisiche .....	12
4	MODELLO GEOLOGICO TECNICO.....	17
4.1	Stratigrafia di progetto .....	17
4.2	Parametri geotecnici caratteristici.....	18
4.3	Assetto idrogeologico .....	19
5	PERICOLOSITA' SISMICA.....	20
5.1	Caratterizzazione del sito .....	20
5.2	Pericolosità sismica locale .....	22
5.3	Sintesi dei parametri sismici .....	23
5.4	Considerazioni sul potenziale di liquefazione.....	24
6	CONCLUSIONI .....	25

### **Tavole**

Tav. n. 1 – Corografia, scala 1:10.000

Tav. n. 2 - Ubicazione delle indagini geognostiche, scala 1:1.000

Tav. n. 3 – Sezioni geognostiche, scala 1:200

### **Appendici**

App. n. 1 – Stratigrafia sondaggi geognostici.

App. n. 2 – Diagrammi prove penetrometriche dinamiche.

App. n. 3 - 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 costruzione di un ponte di attraversamento del T.te Lura che permette il collegamento con l'area commerciale in corso di edificazione (Tav. n. 1 e Fig. n. 1.1); tale opera è compresa nell'“*Accordo di Programma per la ripermimetrazione, riqualificazione e la reindustrializzazione dell'area FIAT - Alfa Romeo*” (D.G.R. n. 9/1156 del 29 dicembre 2010).

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 2 sondaggi geognostici e n. 1 stendimento sismico con metodologia MASW finalizzati alla definizione del modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico del comparto al fine di permettere la progettazione definitiva degli interventi in esame.



**Fig. n. 1.1** – Vista aerea dell'area di indagine (da GoogleMaps).

L'opera 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.



<b>Opera</b>	<b>Tipo</b>	<b><math>V_N</math> (anni)</b>
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	1	$\leq 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.	2	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.	3	$\geq 100$

**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 viene classificata in classe d'uso II cui viene associato un coefficiente d'uso ( $C_U$ ) pari a 1,0 (tabella n.2.4.II – NTC; Tab. n. 1.2).

<b>Classe d'uso</b>	I	II	III	IV
<b>Coefficiente <math>C_U</math></b>	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:  $V_R = 50\text{anni} \times 1,0 = 50$  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**

### **Geologia**

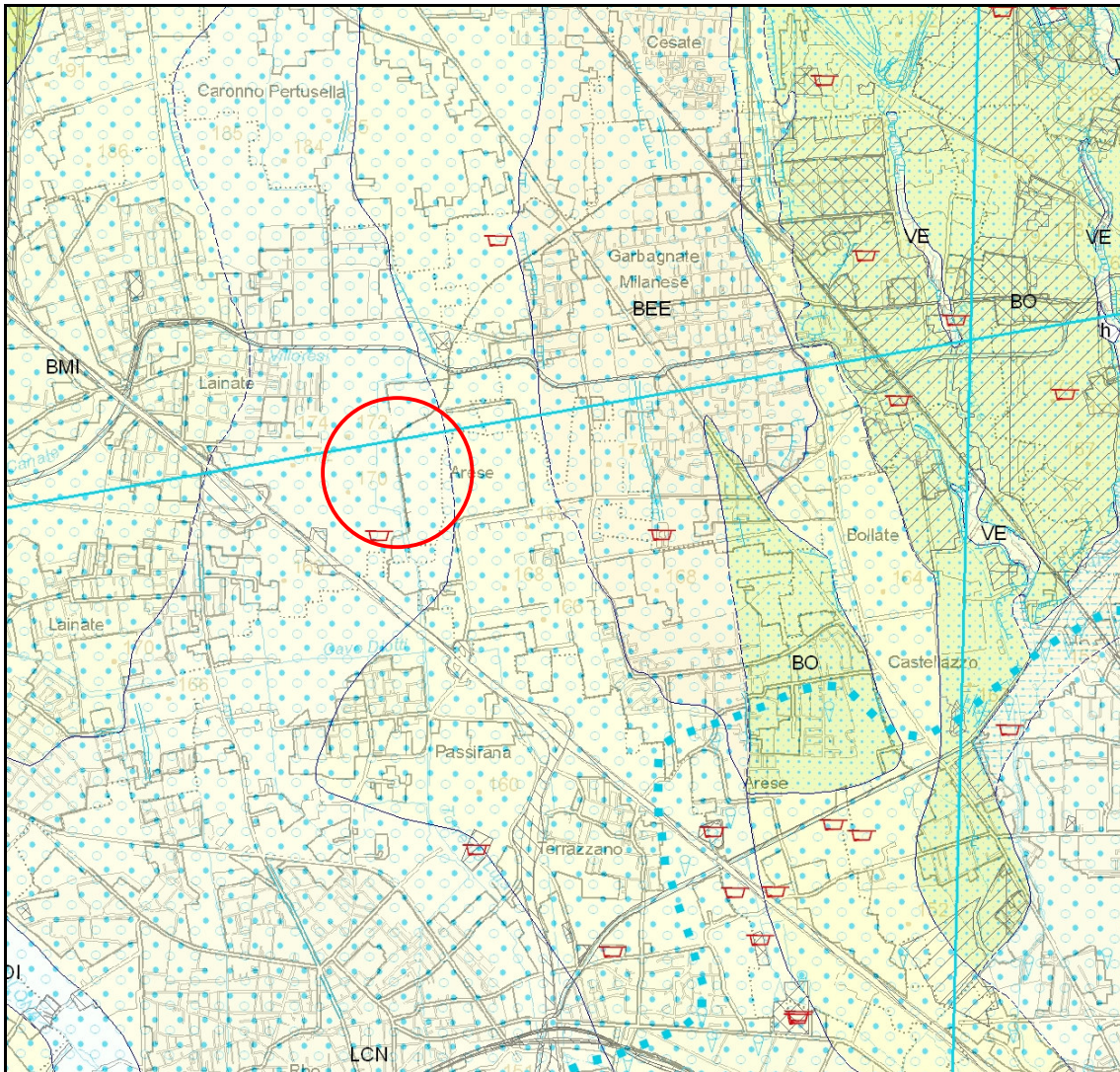
Il comparto in esame è collocato nell'alta pianura lombarda occidentale, a Nord-Ovest dell'area metropolitana milanese.

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.

Secondo le moderne concezioni allostratigrafiche, utilizzate per il rilevamento e la rappresentazione dei depositi superficiali quaternari, questi materiali fanno parte del Sintema di Cantù (Pleistocene Superiore-Olocene): si tratta di *depositi fluvio-glaciali* ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Le ghiaie sono caratterizzate da supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; i clasti sono arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici (1 - 5 cm) con dimensione massima di c.ca 20 cm. Sono presenti suoli di spessore fino a m 1,5; la copertura loessica è assente.

Nella porzione nord-orientale del comparto in esame si rinvencono terreni appartenenti all'Unità di Minoprio (appartenente al Supersintema di Besnate), anch'essi costituiti da depositi fluvio-glaciali rappresentati da ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa.



**Fig. n. 2.1** – Estratto Carta geologica d'Italia, Foglio n. 118 Milano.

### **Dinamica geomorfologica**

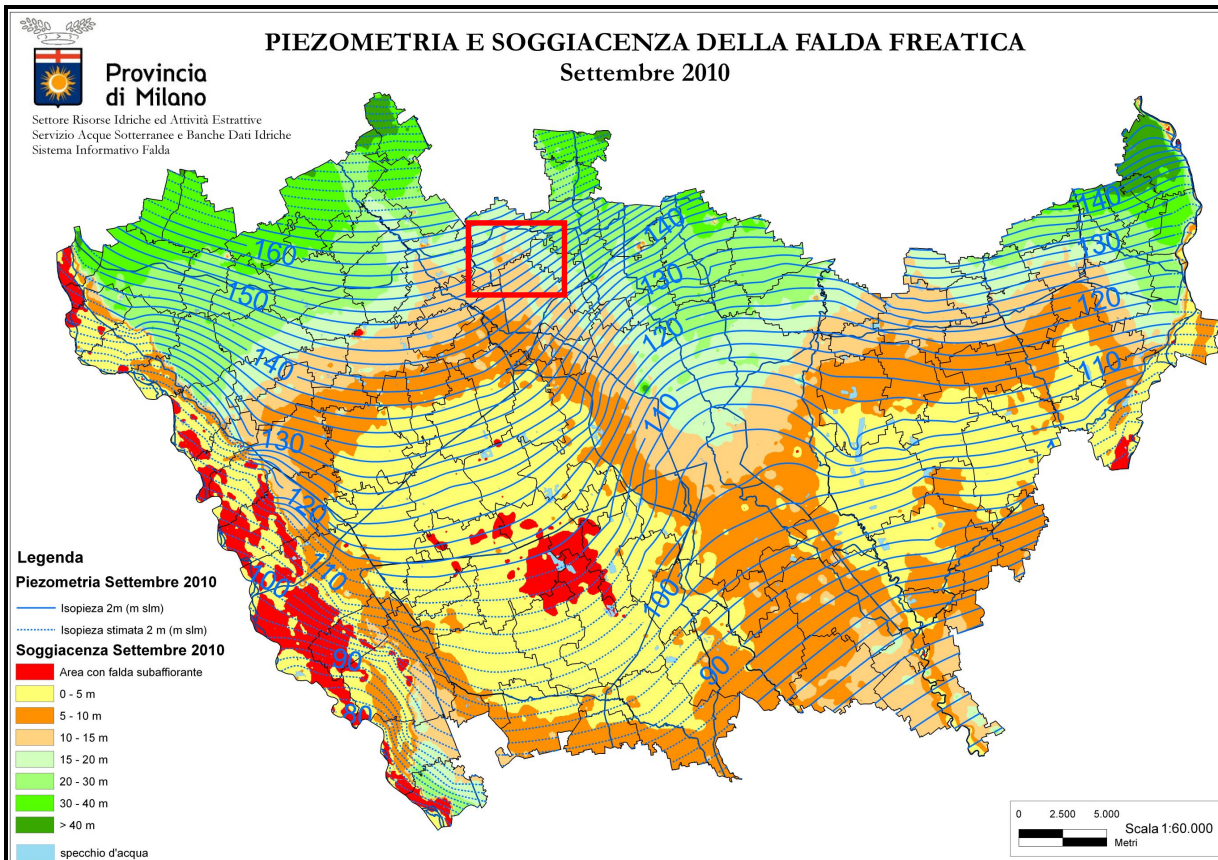
L'area, caratterizzata da intensa urbanizzazione, non presenta le morfologie originarie legate all'azione delle acque di fusione glaciale. L'elemento morfogenetico principale è rappresentato dal T.te Lura che scorre con andamento Nord-Sud lungo il tracciato della nuova viabilità in progetto. Recenti studi idraulici realizzati per la progettazione di opere di sistemazione idraulica ("Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro - Olona", luglio 2003) non hanno evidenziato, per il tratto in esame tra la S.P. n. 119 e la S.P. n. 109, gravi elementi di pericolosità idraulica: le aree in destra idrografica risultano potenzialmente allagabili per eventi di piena con tempi di ritorno superiori a 100 anni.



Il comparto è inoltre caratterizzato da una fitta rete di canalizzazioni che testimoniano una intensa attività antropica di regimazione delle acque finalizzata all'uso irriguo. L'opera principale è rappresentata dal Canale Villoresi che scorre con andamento Ovest-Est; da questo si origina un Canale Secondario che scorre con andamento Nord-Sud.

### **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..



**Fig. n. 2.2** – Piezometria e soggiacenza della falda freatica, settembre 2010 (Sistema Informativo Falda, Provincia di Milano).

*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. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di m 30 da p.c. con realizzazione di prove penetrometriche in foro;
- n. 1 stendimento sismico con metodologia MASW;
- n. 1 stazione di misura del rumore sismico ambientale.

Le indagini sono state ubicate sulla base degli elementi progettuali forniti dalla committenza, compatibilmente con l'attuale stato dei luoghi (possibilità di accesso, presenza di sottoservizi, vegetazione, etc.).

Sono state prese in considerazione anche le risultanze di alcune prove penetrometriche dinamiche continue realizzate in prossimità dell'area in esame per lo studio dei terreni di fondazione di un edificio, denominato Paddock.

#### **3.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI**

I carotaggi sono stati eseguiti per mezzo di una sonda perforatrice ATLAS A66R e di una ATLAS 5F4 con diametro di carotaggio 127mm e rivestimento, per il sostegno delle pareti del foro, di diametro 152 mm.

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

Le perforazioni sono state spinte fino alla profondità di m 30 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*).

L'orizzonte superficiale, di spessore fino a m 1,0-1,5, è costituito da materiali di riporto ghiaioso sabbiosi e da terreni sabbioso limosi con ghiaia.

In profondità 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 rinvengono orizzonti di spessore metrico di sabbie pulite e, esclusivamente nel sondaggio S1, sottili livelli più o meno cementati.

Sulla base delle caratteristiche dei clasti in tutte le perforazioni è possibile distinguere una litozona, compresa tra c.ca m 4,0 e 23,0, che presenta elementi litoidi alterati e molto alterati (talora completamente arenitizzati e argillificati).

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

Nel corso delle perforazioni sono stati individuati due orizzonti acquiferi: il primo, a profondità variabili tra m 1,0 e 6,0 da p.c., costituito presumibilmente da una falda sospesa alimentata dalle perdite di fondo dei canali e dei corsi d'acqua presenti nel comparto analizzato; la seconda, la falda idrica superficiale vera e propria, è stata rilevata a partire da profondità di c.ca 13 - 17 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. 16 prove SPT al fine di investigare nel dettaglio le caratteristiche di addensamento e consistenza dei terreni interessati dagli interventi in progetto.

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

	Prof.	N1	N2	N3	$N_{SPT}$
<b>S1</b>	2,0	8	10	11	21
	4,0	6	10	12	22
	6,0	8	13	16	29
	12,0	17	23	34	57
	15,0	21	44	50R8	RIF
	18,0	24	41	50R11	RIF
	25,0	21	37	48	85
	30,0	23	43	50R10	RIF
<b>S2</b>	2,0	8	22	12	34
	4,0	10	19	32	51
	6,0	9	8	14	22
	12,0	11	17	19	36
	15,0	14	24	36	60
	18,0	18	27	29	56
	25,0	15	24	36	60
	30,0	37	50R8		RIF

**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.

$$N_{60} = C_E \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R \cdot N_{SPT}$$

dove  $C_E$  è la correzione per il rapporto di energia ( $E_R/60$ ),  $C_B$  è la correzione per il diametro del foro,  $C_S$  è la correzione per il metodo di campionamento e  $C_R$  è la correzione per la lunghezza delle aste.

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.	$N_{SPT}$	$N_{60}$	$(N_1)_{60}$
<b>S1</b>	2,0	21	17	27
	4,0	22	18	20
	6,0	29	23	21
	12,0	57	46	28
	15,0	RIF	RIF	RIF
	18,0	RIF	RIF	RIF
	25,0	85	68	25
	30,0	RIF	RIF	RIF
<b>S2</b>	2,0	34	27	43
	4,0	51	41	46
	6,0	22	18	16
	12,0	36	29	18
	15,0	60	48	26
	18,0	56	45	21
	25,0	60	48	18
	30,0	RIF	RIF	RIF

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

### **3.3 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.

#### **3.3.1 Risultati**

Le prove effettuate (Tab. n. 3.3) hanno evidenziato la presenza di un livello superficiale rimaneggiato (asfalto e sottofondo e materiali di riporto) 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 basso ( $N_D < 10$  colpi/piede) che si spinge fino a profondità variabili tra m 2,7 e 3,6 da p.c..

- Più in profondità le prove realizzate in prossimità del T.te Lura (prove DP1 e DP2) mostrano dapprima un moderato aumento del numero di colpi ( $N_D$  mediamente compreso tra 8 e 15 colpi/piede) ed oltre la profondità di c.ca m 6,0 un aumento più significativo con numero di colpi  $N_D$  che raggiunge valori mediamente compresi tra 20 e 30 colpi/piede.

In nessuna delle verticali di indagine si è registrato il rifiuto alla penetrazione (oltre 100 colpi per un avanzamento di 30 cm).

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

Profondità	$N_D$				
	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5
0,30	15	12	19	16	17
0,60	13	7	9	10	18
0,90	12	10	7	10	11
1,20	8	9	7	12	9
1,50	5	5	9	8	7
1,80	6	3	9	10	6
2,10	4	4	6	8	4
2,40	3	3	5	6	4
2,70	4	6	4	6	4
3,00	12	6	4	9	5
3,30	8	6	7	6	6
3,60	8	10	12	5	10
3,90	6	10	17	15	18
4,20	15	13	23	22	24
4,50	24	11	26	19	19
4,80	14	6	23	13	18
5,10	9	10	24	8	16
5,40	9	8	10	7	14
5,70	8	13	7	21	19
6,00	9	18	19	32	13
6,30	27	15	22	17	10
6,60	20	13	20	13	10
6,90	20	14	25	14	9
7,20	17	13	20	14	14
7,50	24	19	26	19	19
7,80	20	16	23	22	17
8,10	16	20	18	20	21
8,40	20	17	24	22	25
8,70	21	20	27	29	22
9,00	19	22	28	24	30
9,30	27	21	17	26	31
9,60	30	24	25	30	37
9,90	32	26	33	25	34

**Tab. n. 3.3** – Risultanze delle prove penetrometriche dinamiche ( $N_D$ ).

### **3.4 INDAGINI GEOFISICHE**

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

- **n. 1 stendimento sismico effettuato 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. 1 stazione 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.

#### **3.4.1 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 vs con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio (vs) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarle 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.

### **3.4.2 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.

### **3.4.3 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. 3.1).

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

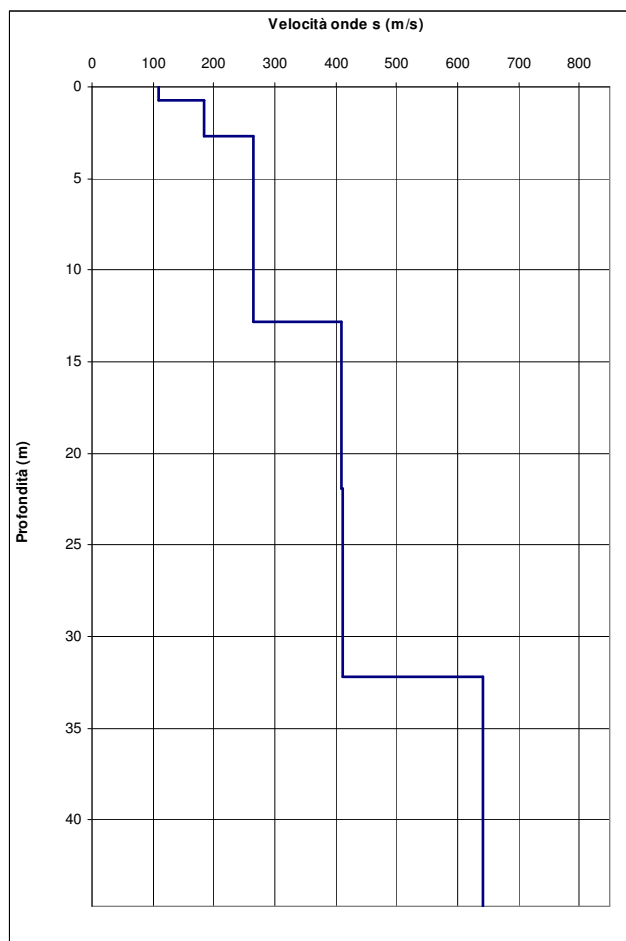
z (m)	Vs (m/s)
0,7	109
2,7	185
12,8	266
21,9	410
32,2	411
44,7	642

**Tab. n. 3.4** – Modello sismico monodimensionale.

Il profilo delle onde di taglio mostra un graduale aumento delle velocità nel quale si inseriscono tre significativi incrementi alle profondità di c.ca m 3, 13 e 32 da p.c. che rappresentano importanti discontinuità (litozone aventi caratteristiche elastiche molto differenti).

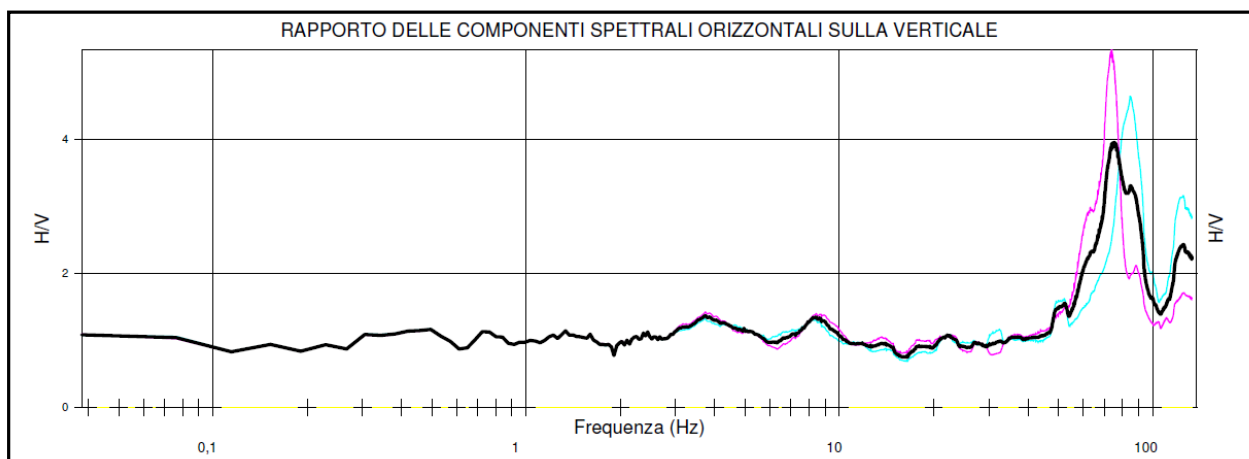
Il substrato sismico di riferimento (velocità delle onde s superiori a 800 m/s) non è stato raggiunto in nessuna della prova sismiche effettuate.





**Fig. n. 3.1** – Profilo di velocità delle onde s con la profondità.

L'analisi con metodologia di sismica passiva H/V non ha evidenziato picchi significativi del rapporto tra le componenti orizzontali e verticali dello spettro (Fig. n. 3.2).



**Fig. n. 3.2** – Rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali nelle tre stazioni di misura.

## 4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO

Dall'analisi delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile individuare diverse 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. 3*) in modo da consentire una visione immediata delle sue caratteristiche.

### 4.1 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

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

#### **UNITA' R**

Questa unità è costituita da materiali rimaneggiati rappresentati da terreni sabbioso ghiaiosi di riporto e da terreni limoso sabbiosi con ghiaia (si tratta presumibilmente del vecchio sottocoltivo). Si spinge fino a profondità variabili tra c.ca m 1,0 e 1,5.

Questi materiali, caratterizzati sulla base delle prove penetrometriche dinamiche continue, presentano un grado di addensamento medio-alto con valori di  $N_{SPT}$  compresi mediamente tra 10 e 25 colpi/piede.

Il comportamento è supposto cautelativamente di natura granulare, anche se può essere presente una minima componente coesiva; le proprietà geotecniche sono discrete ma estremamente variabili da punto a punto.

$N_{SPT}$	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi_k'$ (°)	$c'_k$ (kPa)	$E_k$ (MPa)
10 ÷ 25	18,5	30,7	0,0	22,5

#### **UNITA' A**

E' caratterizzata da un grado di addensamento medio-alto testimoniato da valori di  $N_{SPT}$  compresi mediamente tra 10 e 25 colpi/piede; raggiunge profondità variabili tra m 6,0 e 7,0 da p.c.. Dal punto di vista litologico questa Unità è costituita da sabbia, talora debolmente limosa o limosa, con ghiaia e ciottoli sparsi. Localmente, in corrispondenza della prova

penetrometrica DP2, eseguita in prossimità del sondaggio S1, è stata distinta una litozona A' con grado di addensamento medio-basso testimoniato da valori di  $N_{SPT}$  compresi mediamente tra 4 e 10 colpi/piede e raggiunge profondità di c.ca m 3,5.

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

<b>Litozona</b>	<b><math>N_{SPT}</math></b>	<b><math>\gamma_n</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi_k'</math> (°)</b>	<b><math>c'_k</math> (kPa)</b>	<b><math>E_k</math> (MPa)</b>
<b>A</b>	10 ÷ 25	19,0	31,5	0,0	24,0
<b>A'</b>	4 ÷ 10	18,5	29,0	0,0	16,0

### **UNITA' B**

E' costituita dagli stessi materiali costituenti l'unità sovrastante (sabbia, talora debolmente limosa o limosa, con ghiaia e ciottoli sparsi), caratterizzati però da un numero di colpi più elevato ( $N_{SPT}$  superiore a 30 colpi/piede che spesso raggiungono anche il valore di rifiuto alla penetrazione).

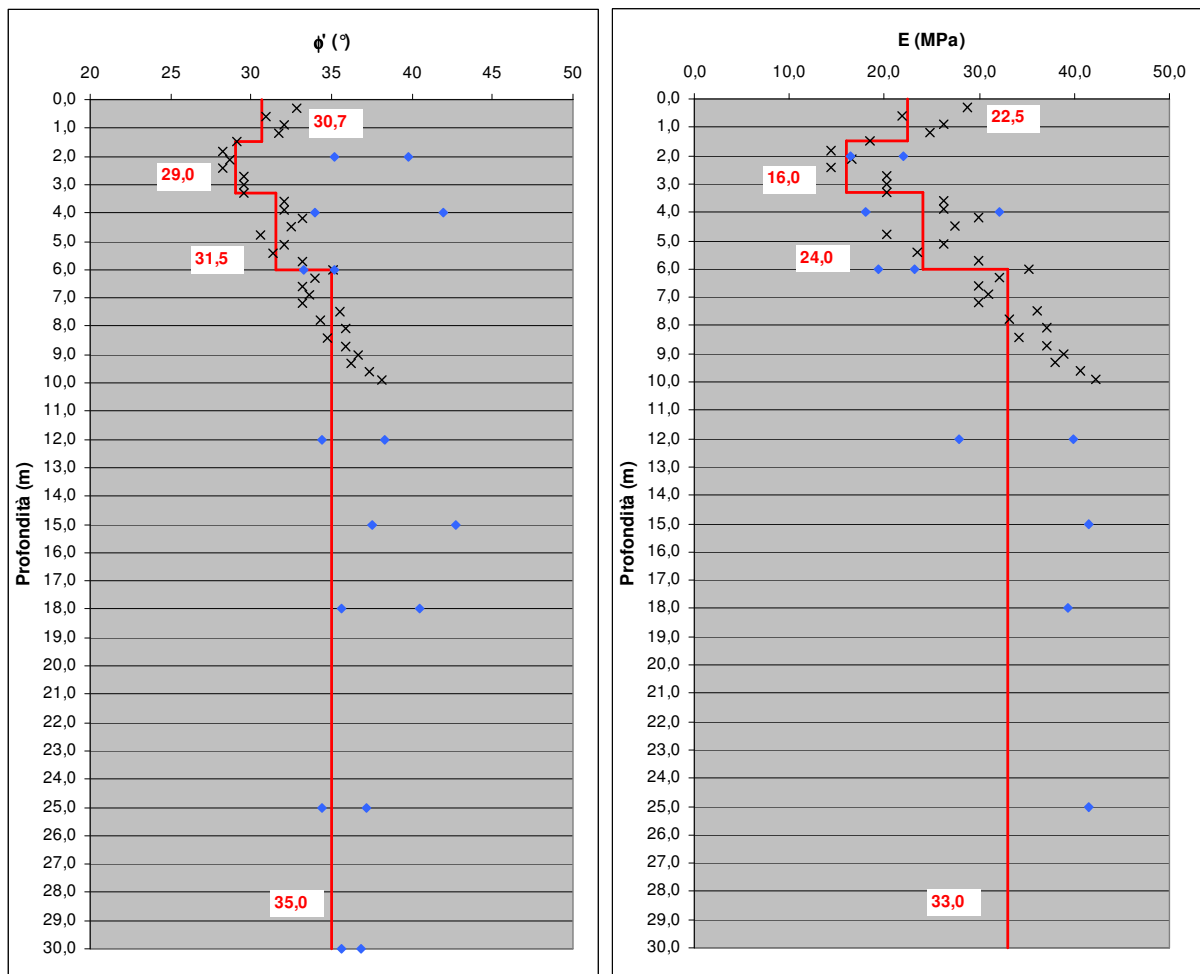
Il comportamento geotecnico è di tipo granulare, le proprietà buone.

<b><math>N_{SPT}</math></b>	<b><math>\gamma_n</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi_k'</math> (°)</b>	<b><math>c'_k</math> (kPa)</b>	<b><math>E_k</math> (MPa)</b>
> 30	19,0	35,0	0,0	33,0

## **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  $\phi'$  ( $^{\circ}$ ) e Modulo elastico  $E$  (MPa); in blu valori grezzi da prove SPT; in nero valori grezzi da prove DPSH; in rosso valori caratteristici.

### 4.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le indagini geognostiche hanno permesso l'identificazione di due orizzonti acquiferi:

1 – orizzonte superficiale a profondità variabili tra m 1,0 e 6,0 da p.c.: si tratta presumibilmente di una falda sospesa a carattere temporaneo alimentata dalle perdite di fondo dei canali e dei corsi d'acqua presenti nel comparto analizzato.

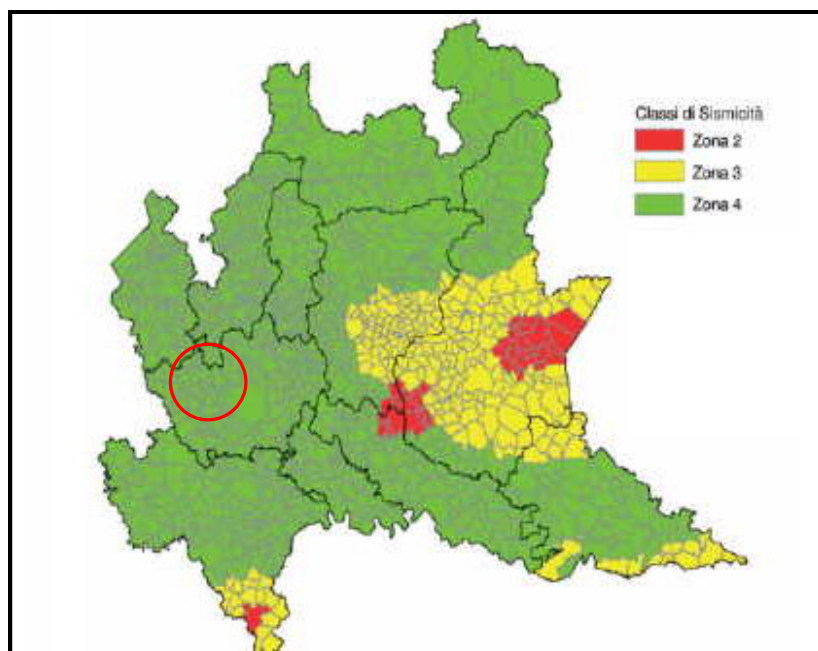
2 – orizzonte profondo con livello statico che si attesta a profondità di c.ca 13-16 m da p.c.: si tratta della falda superficiale vera e propria che a seconda della stagione può presentare oscillazioni di diversi metri.

## 5 PERICOLOSITA' SISMICA

### 5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

La classificazione sismica del territorio nazionale pone il territorio del Comune di Lainate 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.



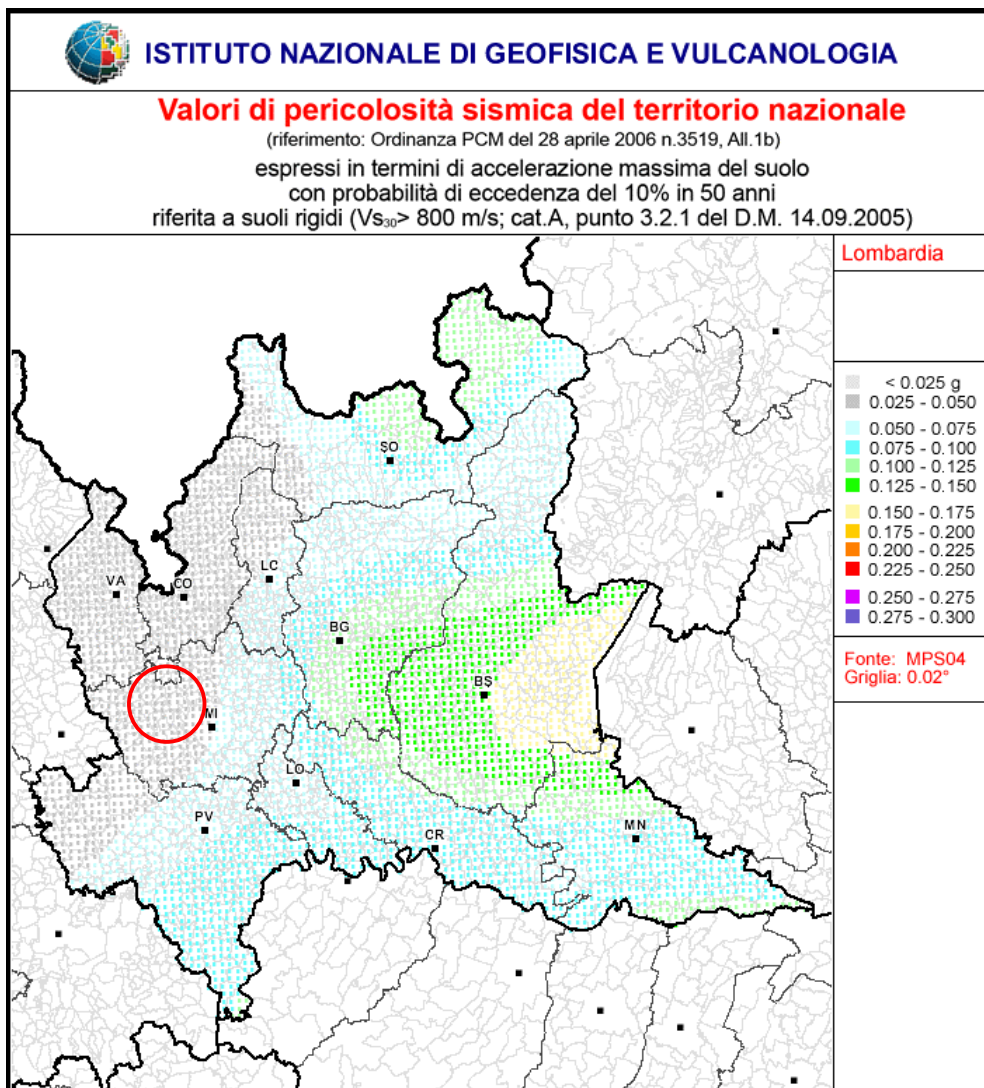
**Fig. n. 5.1** – Classificazione sismica secondo l' O.P.C.M. n. 3274 del 20-03-2003.

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 475 anni) pari a 0,042g (Fig. n. 5.2 e Tab. n. 5.1).



	<b>Prob. Sup.</b> [%]	<b>Tr</b> [anni]	<b>a<sub>g</sub></b> [g]	<b>F<sub>0</sub></b> [-]	<b>T<sub>c</sub>*</b> [s]
<b>SLO</b>	81	30	0,017	2,554	0,159
<b>SLD</b>	<b>63</b>	<b>50</b>	<b>0,021</b>	<b>2,530</b>	<b>0,185</b>
<b>SLV</b>	<b>10</b>	<b>475</b>	<b>0,042</b>	<b>2,664</b>	<b>0,285</b>
<b>SLC</b>	5	975	0,051	2,720	0,304

**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. 3.5 e Fig. n. 3.1*), 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 su pali, tale profondità è riferita alla testa del palo).

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 ottiene un valore di  $V_{s30}$  (i 30 m di profondità sono stati misurati a partire dalla testa dei pali, supposta alla profondità di c.ca m 1,5 da p.c.) pari a 333 m/s a cui corrisponde la **categoria di sottosuolo di tipo C** (*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 1,5.

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 SINTESI DEI PARAMETRI SISMICI**

Nella seguente tabella si sintetizzano i parametri sismici per la definizione dello spettro di risposta elastico per terreni del comparto pista in esame, appartenenti alla categoria di suolo C.

	$S_S$ [-]	$S_T$ [-]	$C_C$ [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]
<b>SLO</b>	1,500	1,000	1,930	0,005	0,002	0,244
<b>SLD</b>	<b>1,500</b>	<b>1,000</b>	<b>1,830</b>	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>	<b>0,303</b>
<b>SLV</b>	<b>1,500</b>	<b>1,000</b>	<b>1,590</b>	<b>0,013</b>	<b>0,006</b>	<b>0,617</b>
<b>SLC</b>	1,500	1,000	1,560	0,015	0,008	0,745

**Tab. n. 5.3** – Sintesi dei parametri sismici di risentimento al sito, ambito pista.

#### **5.4 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 :

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,063g < 0,1g$$

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

## 6 CONCLUSIONI

Il settore interessato dalla realizzazione del ponte di attraversamento del T.te Lura verso l'area commerciale in corso di edificazione 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 rinvengono orizzonti di spessore metrico di sabbie pulite e talvolta sottili livelli parzialmente cementati.

Sulla base delle indagini effettuate sono state distinte tre differenti unità litotecniche:

UNITA' R - è costituita da terreni rimaneggiati sabbioso ghiaiosi e sabbioso limosi con ghiaia che raggiungono profondità di m 1,0 - 1,5 da p.c.. Questi materiali presentano un grado di addensamento medio-alto con valori di  $N_{SPT}$  compresi mediamente tra 10 e 25 colpi/piede. *Questa unità non dovrà essere soggetta ai carichi delle strutture in progetto: dovrà sempre essere prevista l'asportazione dei terreni di coltivo e dei materiali di riporto.*

UNITA' A - è costituita da sabbia, talora debolmente limosa o limosa, con ghiaia e ciottoli (presenti in percentuali molto variabili); il grado di addensamento è medio-alto ( $N_{SPT}$  compreso in media tra 10 e 25 colpi/piede). Si riconosce fino a profondità comprese tra c.ca m 6,0 e 7,0 da p.c.. Localmente è stata distinta una litozona A' con grado di addensamento medio-basso (valori di  $N_{SPT}$  compresi mediamente tra 4 e 10 colpi/piede) che raggiunge profondità di c.ca m 3,5.

UNITA' B - si individua per profondità superiori a c.ca m 6,0 - 7,0 da p.c.. Dal punto di vista litologico è costituita da sabbia, talora debolmente limosa o limosa, con ghiaia e ciottoli con grado di addensamento da alto a molto alto ( $N_{SPT}$  in media superiore a 30 colpi/piede, che spesso raggiunge anche il valore di rifiuto alla penetrazione).

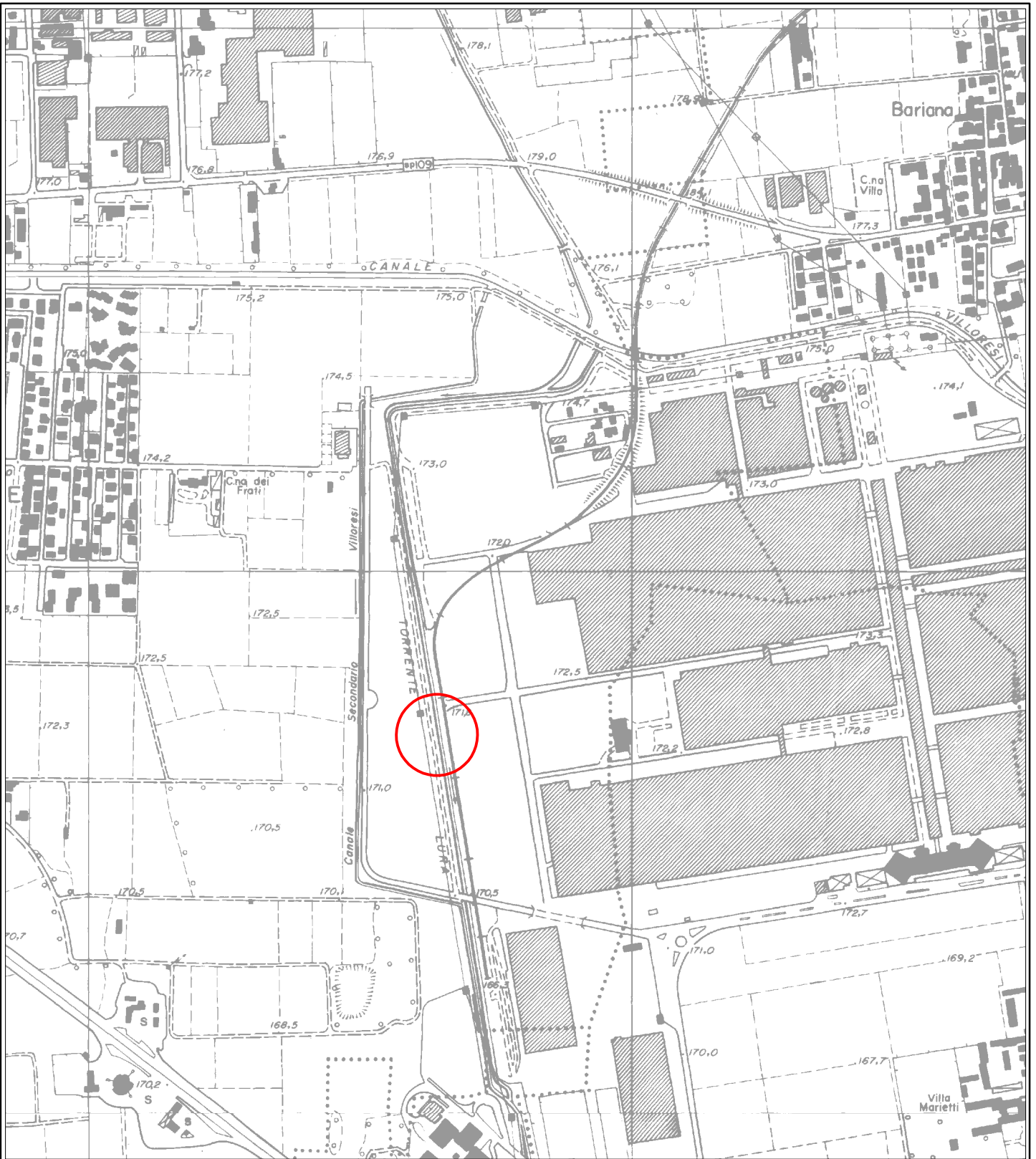
Le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza di due orizzonti acquiferi: il primo, presumibilmente di tipo sospeso, tra la profondità di m 1,0 e 6,0 da p.c.; il secondo, rappresentato dalla falda

superficiale vera e propria, con soggiacenza nell'ordine di 13 – 17 m da p.c. (tale livello può subire nel corso dell'anno oscillazioni nell'ordine di qualche metro).

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

In merito all'allontanamento e/o al riutilizzo in sito di terre e rocce da scavo dovranno essere rispettate le prescrizioni del D. Lgs 152/06 e s.m.i. (D.M. n. 161/2012 e L. 98/2013).





Sez. CTR B5a5, B6a1 (volo 1994).



Area di indagine



**Studio Associato di Geologia Applicata**  
 Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata  
 Piazza G. Carducci n°6 - 21100 Varese  
 Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231  
 e-mail: info@studiocongeo.it

AMBITO PISTA - PONTE T. TE LURA

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

COROGRAFIA

TAVOLA

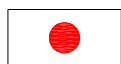
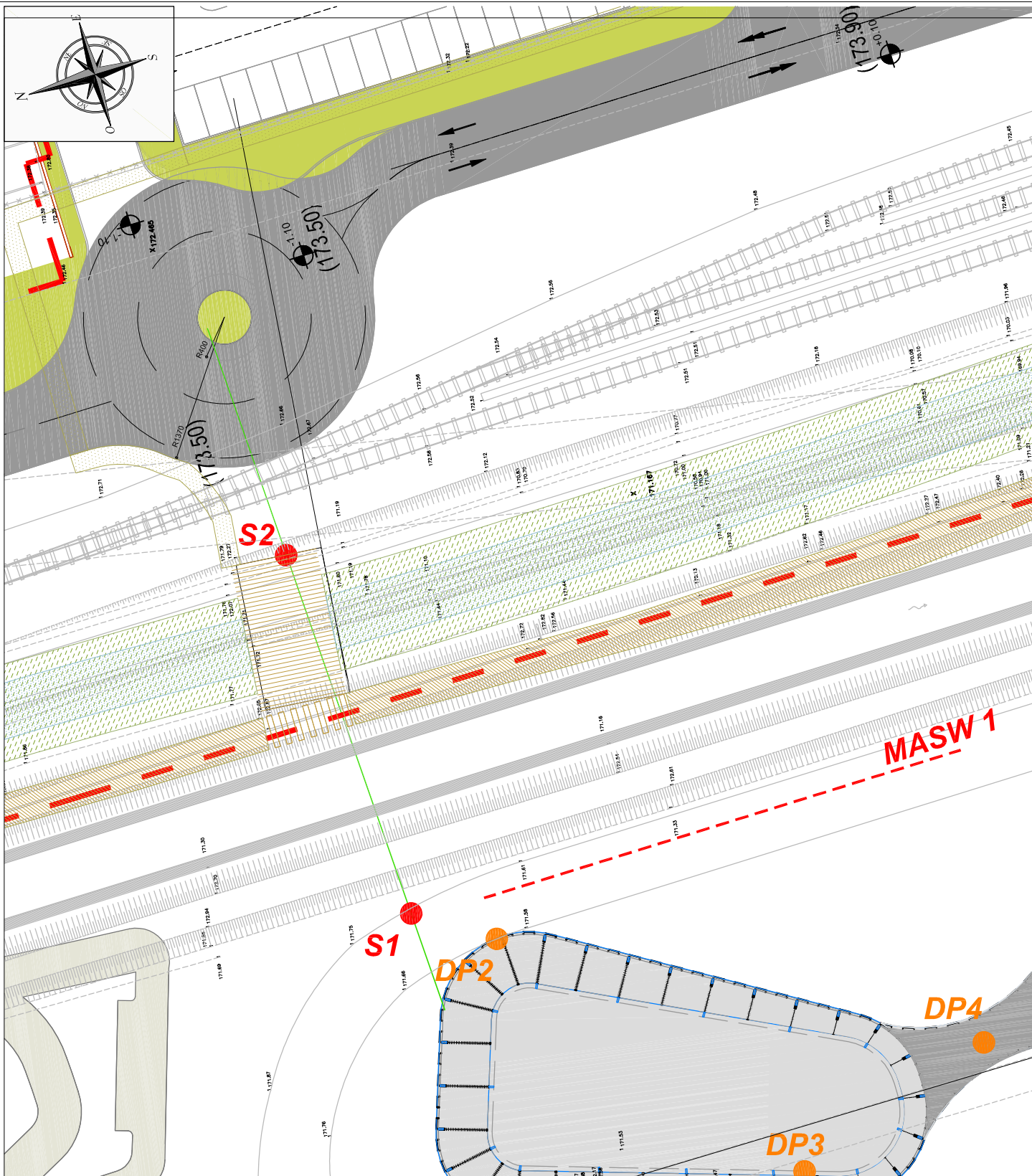
SCALA

1:10.000

DATA

Giugno 2014

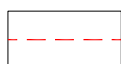
1



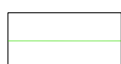
*Sondaggio geognostico*



*Prova penetrometrica dinamica*



*Stendimento sismico MASW*



*Traccia di sezione geognostica*



**Studio Associato di Geologia Applicata**

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

Piazza G. Carducci n°6 - 21100 Varese

Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231

e-mail: info@studiocongeo.it

AMBITO PISTA - PONTE T. TE LURA

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
GEOGNOSTICHE

TAVOLA

SCALA

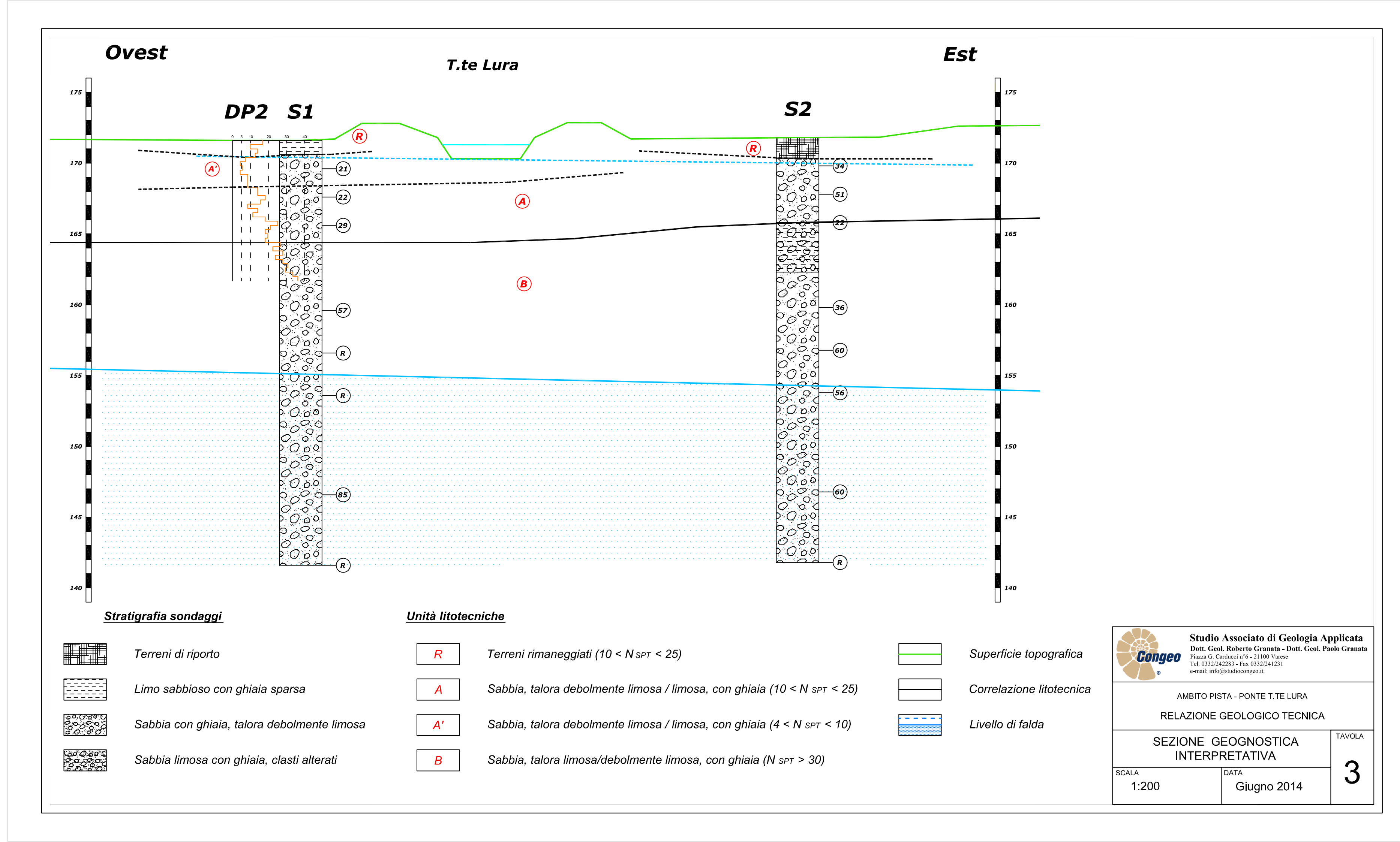
1:500

DATA

Giugno 2014

2





## **APPENDICE n°1**

---

### **Stratigrafia sondaggi geognostici**



<b>Committente:</b> <b>AGLAR s.p.a.</b>		<b>Località:</b> <b>Lainate, comparto ex Alfa Romeo</b>
<b>Data:</b> <b>14-15/05/2014</b>	<b>Quota:</b> <b>171,75 m s.l.m.</b>	<b>Metodo:</b> <b>carotaggio continuo</b>
<b>Sondaggio:</b> <b>S1</b>	<b>Tipo Sonda:</b> <b>ATLAS A66R</b>	<b>Diametro:</b> <b>perf.: 131 mm / riv.: 152 mm</b>

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT
0,20			Asfalto e sottofondo ghiaioso sabbioso.	
1,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone bruno. Presenza di frammenti di laterizi.	
2,00				2,0
3,00			Sabbia con ghiaia di colore marrone. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 5 cm.	8 10 11
4,00				4,0
4,10				6 10 12
6,00			Sabbia debolmente limosa / limosa con ghiaia di colore marrone chiaro; rari ciottoli. Clasti poligenici, talora alterati, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 8 cm. A tratti debole cementazione.	6,0 8 13 16
7,50				
8,00			Sabbia con ghiaia di colore marrone. Clasti poligenici prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 5 cm	
9,00			Ghiaia e sabbia di colore marrone-grigio; a tratti debolmente cementata.	
9,90			Sabbia con rara ghiaia medio fine di colore marrone.	
10,50				
12,00			Sabbia ghiaiosa di colore marrone; verso il basso aumenta la frazione ghiaiosa, rara ghiaia. Clasti poligenici, talora alterati, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 8 cm.	12,0 17 23 34
13,40				
14,00			Sabbia debolmente limosa con ghiaia di colore marrone. Clasti poligenici, talora alterati, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 6 cm. Tra m 13,8 e 14,0 debole cementazione.	
15,00				15,0
16,00				21 44 50R8
16,50			Sabbia ghiaiosa di colore marrone. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media < 1 cm, massima 5 cm.	
17,50				
18,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone.	18,0 24 41 50R11
19,00			Sabbia ghiaiosa/con ghiaia di colore marrone. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media < 1 cm, massima 5 cm.	
19,50				
20,00			Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone; rari ciottoli.	
21,00				
22,00			Sabbia con ghiaia di colore marrone, a tratti debolmente limosa/limosa. Clasti poligenici, talora alterati (carbonatici), subarrotondati di dimensione media 1 cm, massima 5 cm.	
23,00				
24,00			Sabbia ghiaiosa di colore marrone. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media < 1cm, massima 5 cm.	
25,00				25,0 21 37 48
25,50			Sabbia media di colore marrone; rara ghiaia.	
26,00			Sabbia ghiaiosa di colore marrone. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media < 1cm, massima 5 cm.	
26,70				
28,00				
29,00			Sabbia limosa/debolmente limosa con ghiaia e rari ciottoli di colore marrone. Clasti poligenici, talora alterati, di dimensione media 1 cm, massima 15 cm.	
30,00				30,0 26 43 50R10





*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.*





<b>Committente:</b> <b>AGLAR s.p.a.</b>		<b>Località:</b> <b>Lainate, comparto ex Alfa Romeo</b>
<b>Data:</b> <b>23/05/2014</b>	<b>Quota:</b> <b>171,80 m s.l.m.</b>	<b>Metodo:</b> <b>carotaggio continuo</b>
<b>Sondaggio:</b> <b>S2</b>	<b>Tipo Sonda:</b> <b>ATLAS 5F4</b>	<b>Diametro:</b> <b>perf.: 131 mm / riv.: 152 mm</b>

profondità da p.c. (m)	Falda	Litologia	Descrizione	SPT
1.0	1,50		Sabbia debolmente limosa con ghiaia e qualche ciottolo di colore marrone bruno. Presenza di frammenti di laterizi (fino a c.ca m 0,6) e resti di radici.	
2.0				2,0
3.0	6,00		Sabbia con ghiaia e ciottoli di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 12 cm. Tra m 1,8 e 6,0 mlto umida.	8
4.0				22
5.0				12
6.0				4,0
7.0				10
8.0	7,50		Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia di colore marrone; rari ciottoli. Clasti poligenici, talora molto alterati (arenitizzati e argillificati), subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 5 cm.	19
9.0				32
10.0				6,0
11.0	9,50		Sabbia ghiaiosa / con ghiaia di colore marrone. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 10 cm.	9
12.0				8
13.0	12,00		Sabbia limosa con ghiaia di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 5 cm.	14
14.0				12,0
15.0				11
16.0	12,70		Ghiaia con sabbia di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 7 cm.	17
17.0				19
18.0	14,60		Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone-grigio; . Clasti poligenici, talora alterati, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 10 cm.	15,0
19.0				14
20.0				24
21.0	17,20		Sabbia con ghiaia di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, prevalentemente integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 6 cm.	36
22.0				18,0
23.0	18,00		Sabbia media con poca ghiaia di colore marrone-grigio.	18
24.0				27
25.0				29
26.0	19,70		Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e qualche ciottolo di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 15 cm.	18,0
27.0				18
28.0	20,00		Sabbia con ghiaia di colore marrone-grigio; qualche ciottolo. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1cm, massima 12 cm.	29
29.0				27
30.0				25,0
31.0	20,80		Sabbia limosa / debolmente limosa con ghiaia e qualche ciottolo di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, integri, subarrotondati, di dimensione media 1 cm, massima 15 cm.	15
32.0				24
33.0				36
34.0	25,00		Sabbia debolmente limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone-grigio. Clasti poligenici, talora alterati, di dimensione media 1 cm, massima 15 cm.	25,0
35.0				15
36.0				37
37.0	30,00			37
38.0				50R8



*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.*



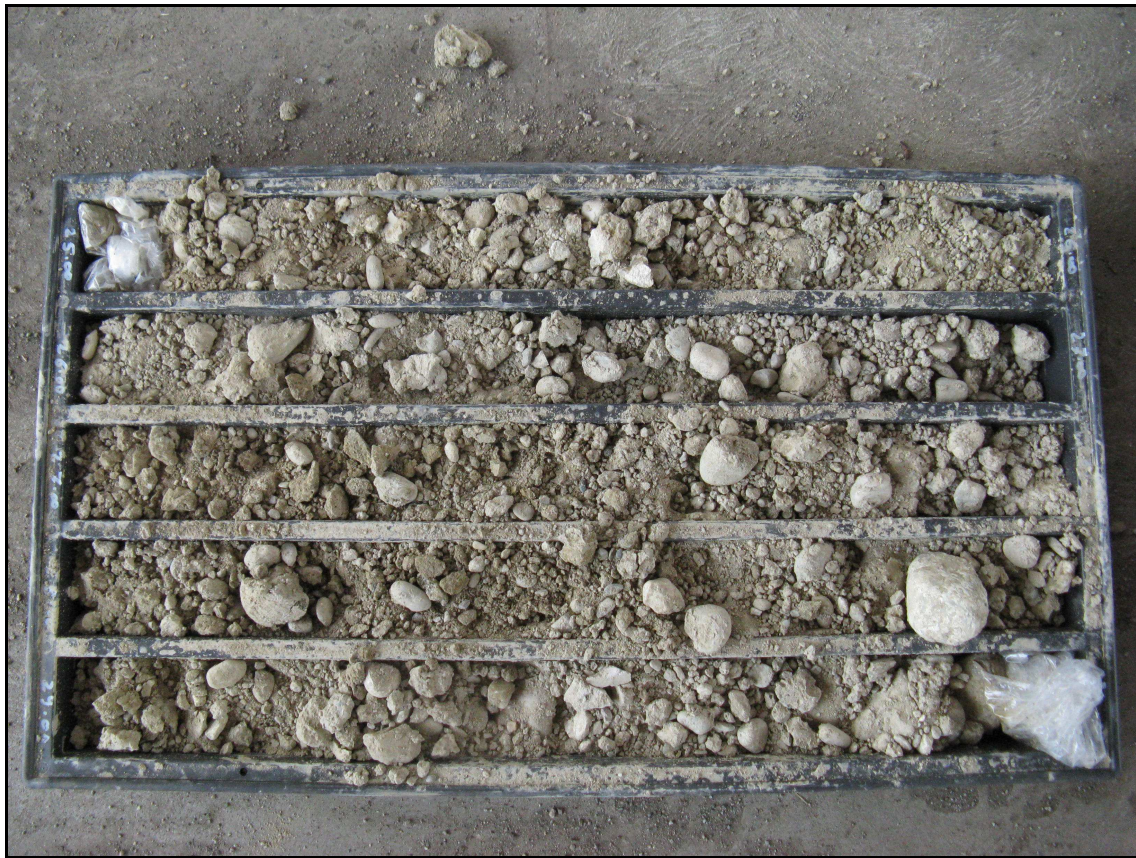


*Sondaggio S2 da m 15,0 a 20,0 m.*



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





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

## **APPENDICE n°2**

---

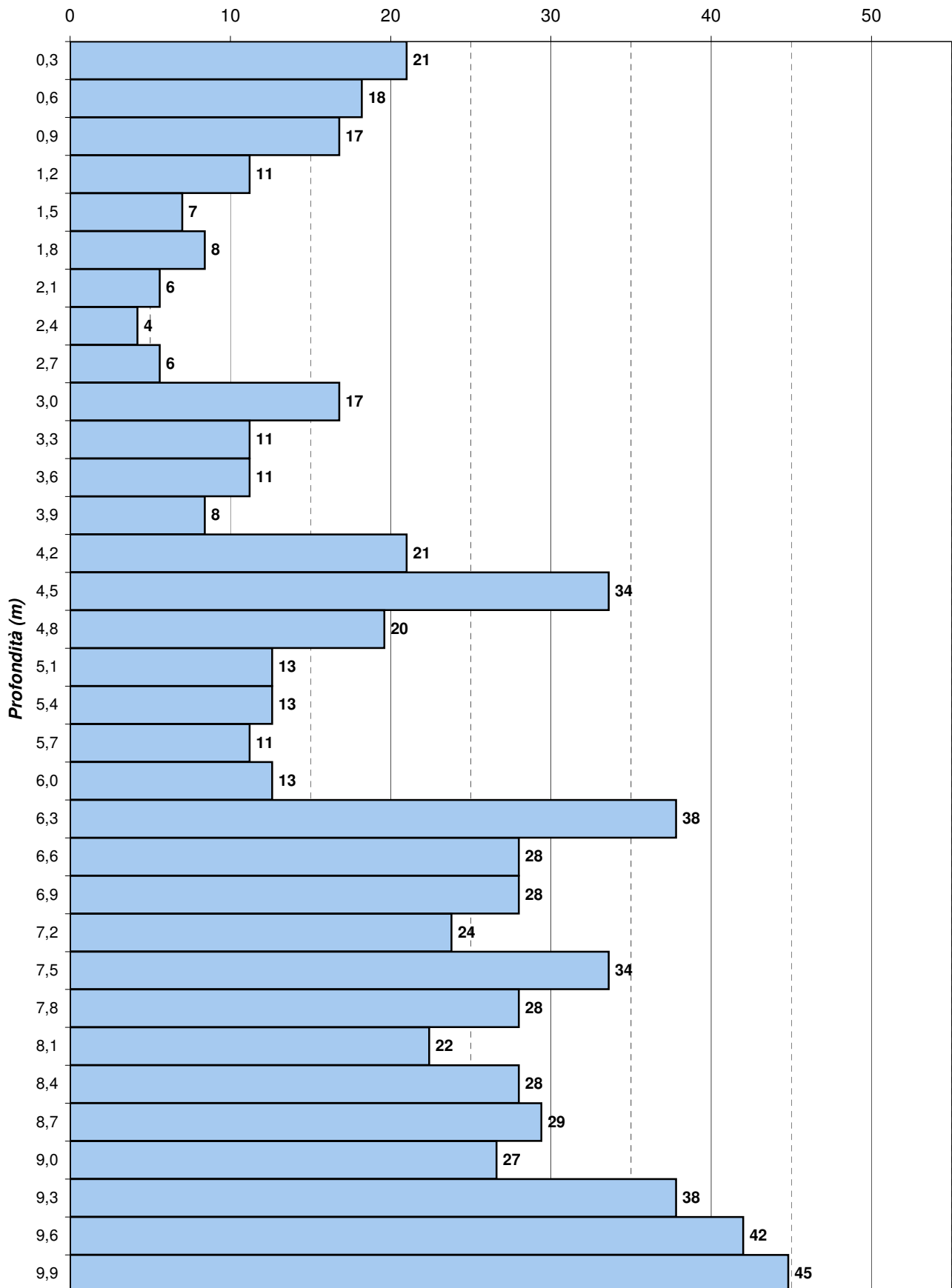
### **Diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche**

# Prova penetrometrica DP1

LAINATE - Comparto ex Alfa Romeo

27-05-2014

Numero di colpi (Nspt)

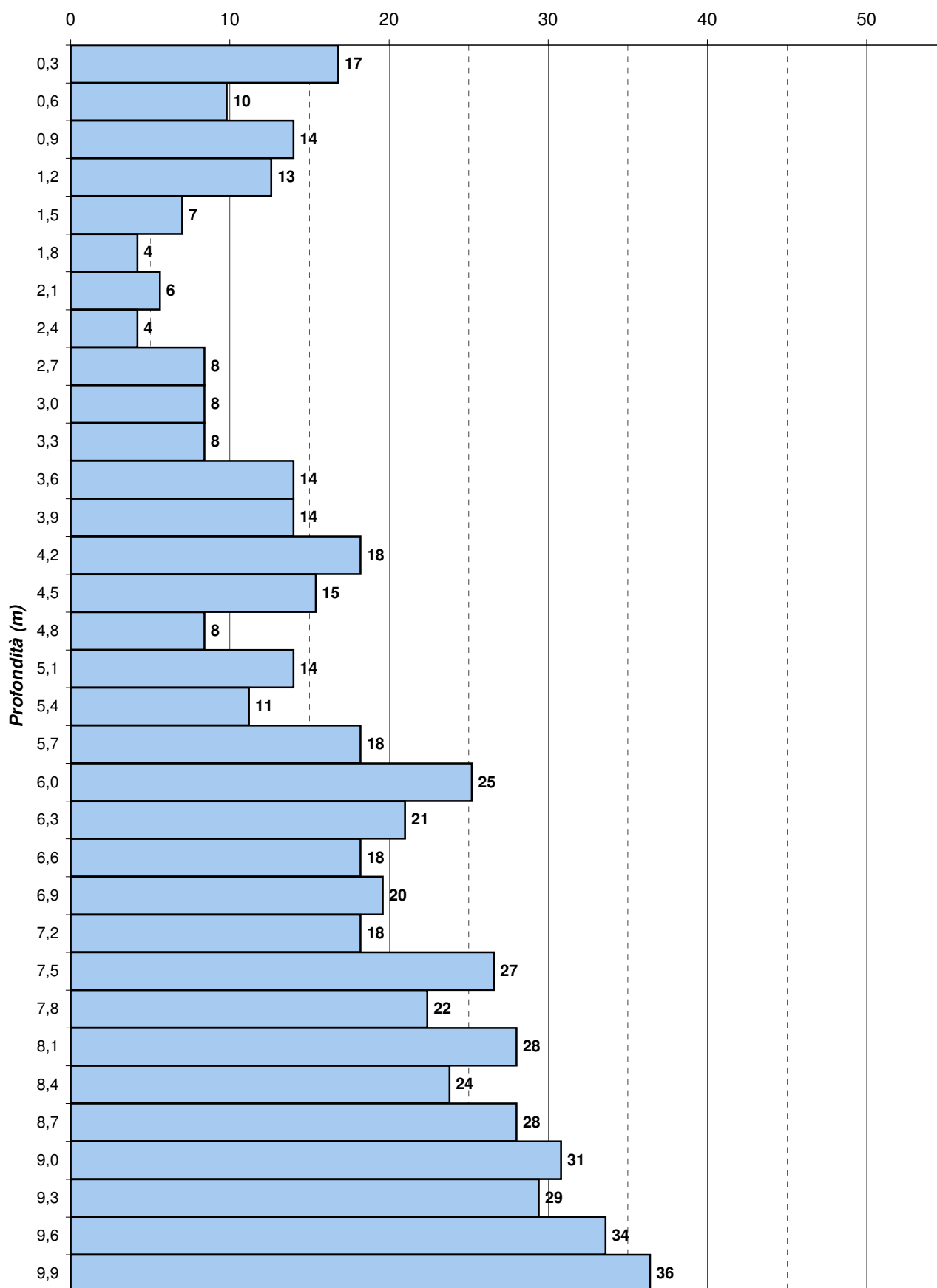


## Prova penetrometrica DP2

LAINATE - Comparto ex Alfa Romeo

27-05-2014

Numero di colpi (Nspt)



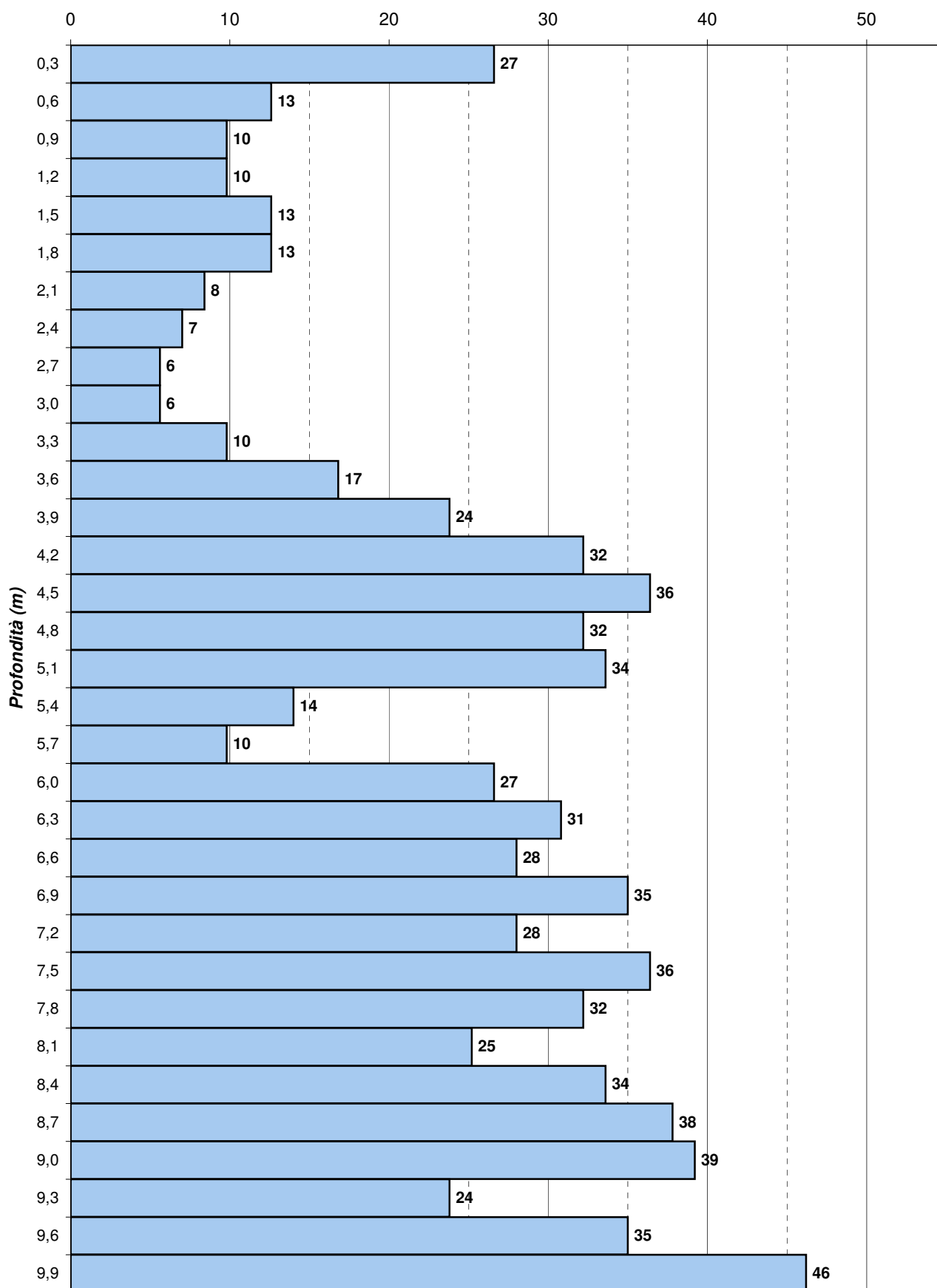


## Prova penetrometrica DP3

LAINATE - Comparto ex Alfa Romeo

27-05-2014

Numero di colpi (Nspt)

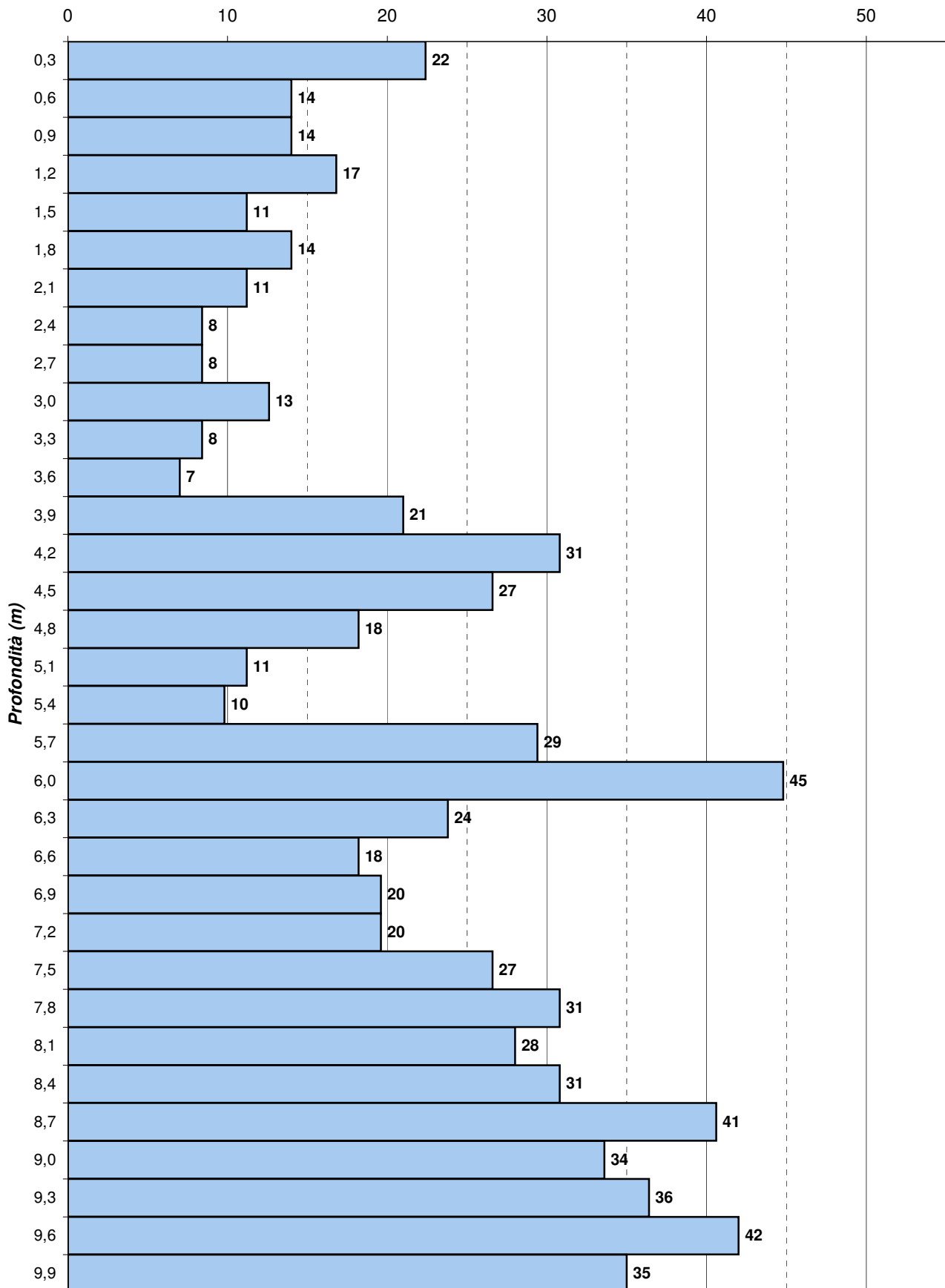


## Prova penetrometrica DP4

LAINATE - Comparto ex Alfa Romeo

27-05-2014

Numero di colpi (Nspt)

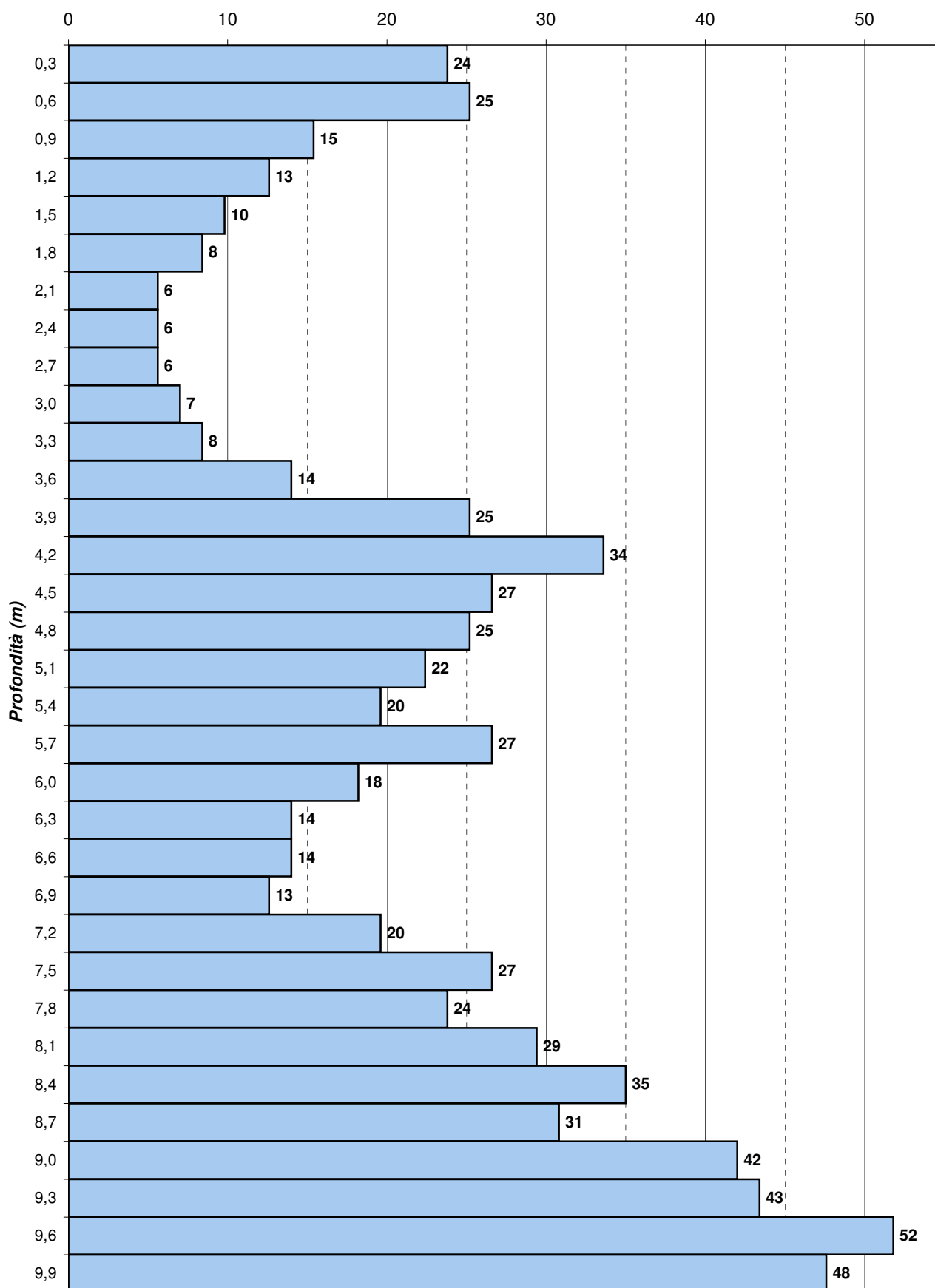


## Prova penetrometrica DP5

LAINATE - Comparto ex Alfa Romeo

27-05-2014

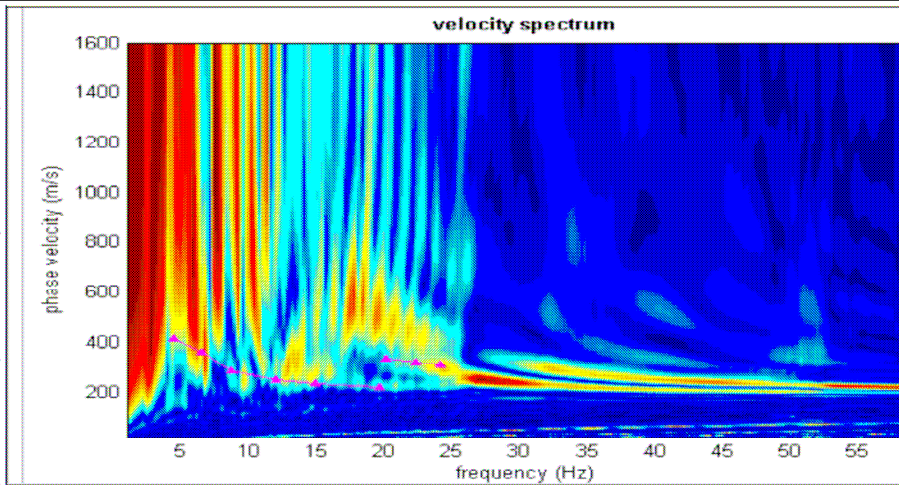
Numero di colpi (Nspt)



## **APPENDICE n°3**

---

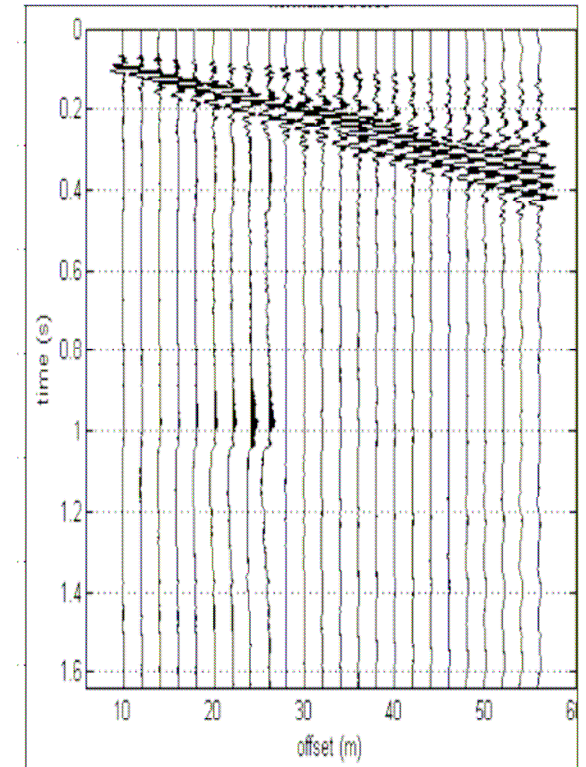
### **Indagine sismica**



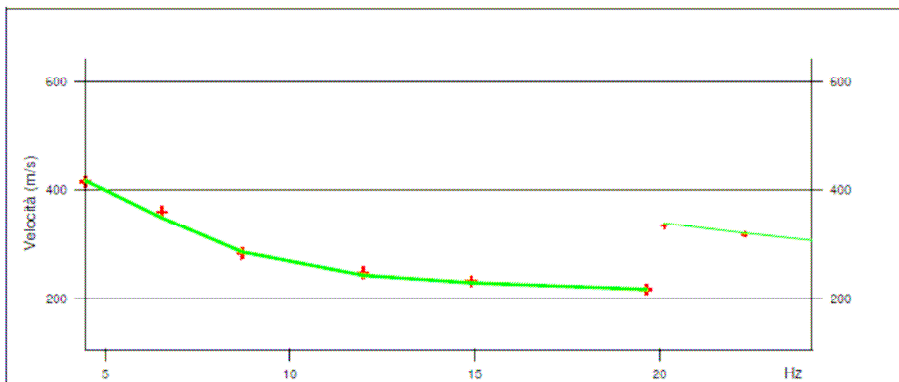
### LEGENDA

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

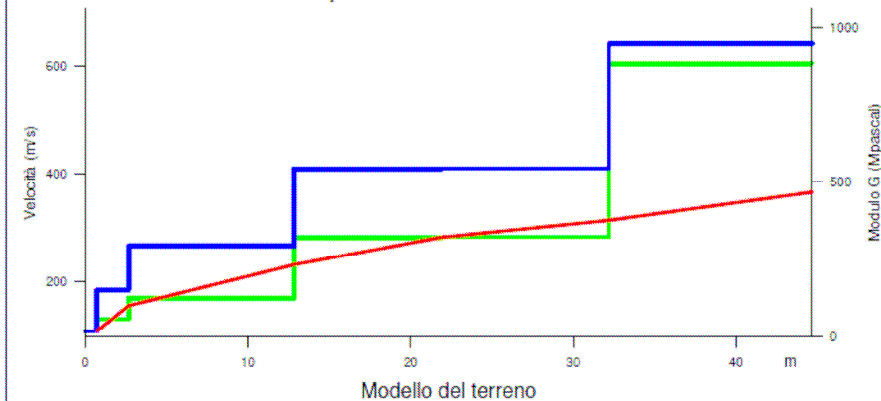
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

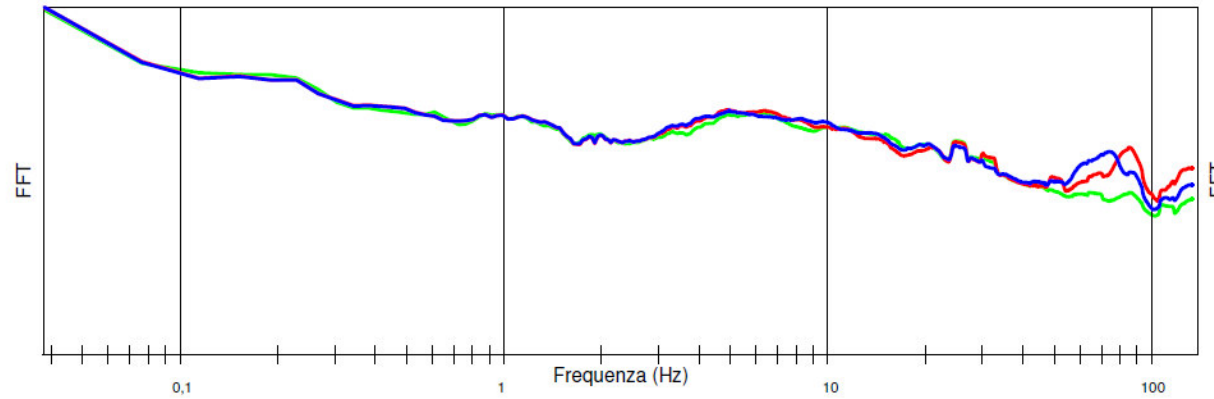
### TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H <sub>i</sub> /V <sub>i</sub>	VsX	G
0	.7	109	.0066	109	
.7	2.7	185	.0105	156	
2.7	12.8	266	.0382	232	
12.8	21.9	410	.0222	283	
21.9	32.2	411	.025	314	
32.2	44.7	642	.0194	366	

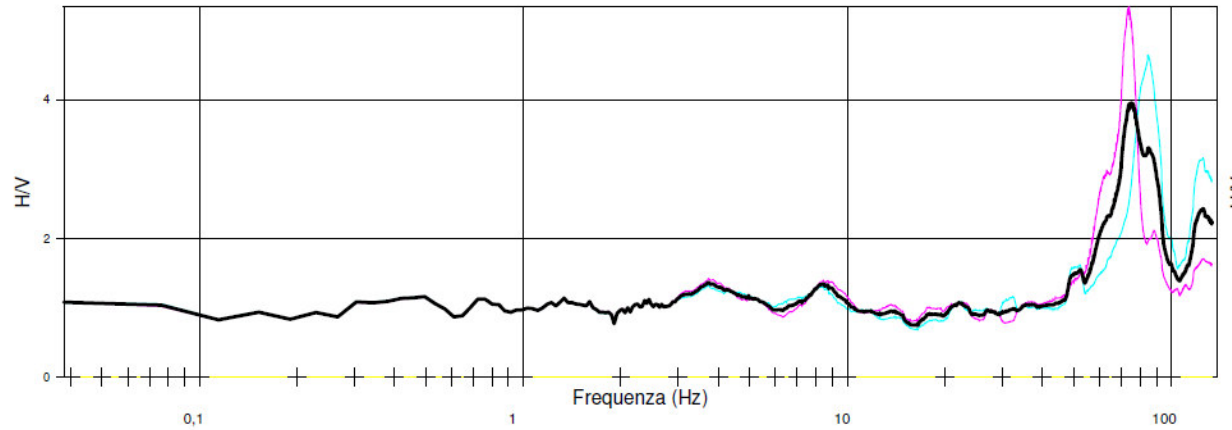
VALORE CALCOLATO VS30 = 309

**Stendimento 1**  
**Metodologia MASW**

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



LEGENDA

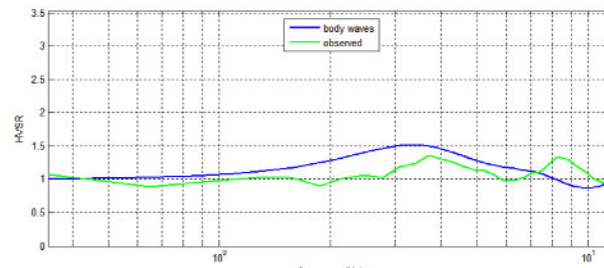
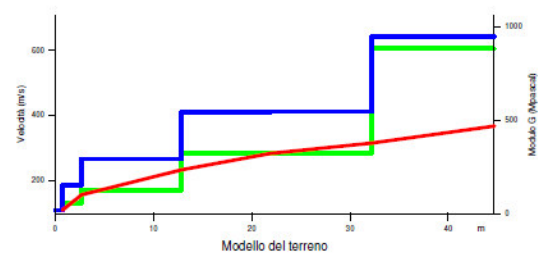
-  Spettro asse Z (verticale)
-  Spettro asse X
-  Spettro asse Y
-  H/V direzione X
-  H/V direzione Y
-  H/V media

Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

**Assenza di picchi significativi**



**Stendimento 1**

**Prova H/V**

**Metodo Nakamura**