

**DOTT. GEOLOGO MARCO BORGHI**  
*studi consulenza e calcolo di geingegneria - ricerche idriche - studi geologici e ambientali - indagini geotecniche e geomeccaniche*

**STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA**  
**BORGHI DOTT. MARCO**

**INDAGINE GEOLOGICO - TECNICA PRELIMINARE**  
**LA COSTRUZIONE DI UN CENTRO SOCIO EDUCATIVO**  
**A SARONNO (VA)**

Committente:

Comune di Saronno (VA)

## **INDICE**

- 1. PREMESSA**
- 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO**
- 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**
- 4. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE E DEI CEDIMENTI**
- 5. CONCLUSIONI**

### **IN APPENDICE:**

**Caratteristiche tecniche attrezzatura utilizzata**

**Grafici prove penetrometriche DPSH**

**FIG 1 Ubicazione area d'intervento**

**FIG 2 Ubicazione prove penetrometriche**

## **1. PREMESSA**

Su incarico del Comune di Saronno, nel mese di Settembre 2001 è stata eseguita una indagine geognostica preliminare la realizzazione di un centro socio educativo nei pressi di via Varese a Saronno (VA).

L'indagine geognostica effettuata è consistita nell'esecuzione di cinque prove penetrometriche dinamiche continue (ubicata come in fig.2).

L'illustrazione delle modalità di esecuzione di dette prove e dei risultati delle stesse forma l'oggetto della presente relazione, redatta ai sensi del D.M. 11 Marzo 1988.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO**

L'area di indagine è collocata nell'ambito dell'alta pianura lombarda ad una quota di circa 210 m s.l.m.

La geologia di questo settore della pianura è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali del Diluvium recente di natura sabbioso-ghiaiosa ammantati da una coltre di alterazione pedologica dello spessore di circa 60 cm.

Nei fori di sondaggio non si è rilevata la presenza di acqua di falda sino alla profondità massima raggiunta (circa -8.80 metri dallo zero di riferimento). Tale misura non costituisce un valore fisso nel tempo in quanto soggetta a oscillazioni in dipendenza di fattori esterni quali precipitazioni, irrigazioni, prelievi, ecc.

Le prove P1-P2-P3-P5 sono abbastanza simili fra loro, la P4 ha un andamento differente.

La relazione utilizzata per il calcolo dell'angolo d'attrito è quella di Sowers. La densità relativa viene valutata dalla relazione di Schultze - Menzenbach.

VALORI MEDI RAPPRESENTATIVI DELLA PROVA P1 (validi anche per le prove P2-P3-P5):

da (m)	A (m)	Coesione Cu (Kpa)	angolo attrito Phi (°)	Densità relativa DR (%)	Modulo E (Mpa)	Peso di Volume (kN/mc)	Stratigrafia ipotizzata
0	0.9	0	32	33	26	19	Riporto
0.9	3.3	0	30	37	20.5	17.5	Sabbia ghiaiosa e ciottolosa color marrone
3.3	5.7	0	39	83	41	21.5	Ghiaia con ciottoli e sabbia color grigio ????
-5.7	8.1	0	31.5	53	25	18.5	Sabbia ghiaiosa e ciottolosa

VALORI MEDI RAPPRESENTATIVI DELLA PROVA P4:

da (m)	A (m)	Coesione Cu (Kpa)	angolo d'attrito Phi (°)	Densità relativa DR (%)	Modulo E (Mpa)	Peso di Volume (kN/mc)	Stratigrafia ipotizzata
0	0.6	0	30.5	24.5	20	17.5	Riporto
0.6	2.7	0	30	31	18	17	Sabbia ghiaiosa e ciottolosa color marrone
2.7	5.1	0	31.5	51.5	24	18.5	Sabbia con ghiaia e ciottoli color grigio
5.1	7.2	0	36.5	80	37	21	Ghiaia con ciottoli e sabbia color grigio

PROVA:	PROFONDITA' DELL'ORIZZONTE PORTANTE (dallo 0.00 di rif.)
P1	- 3.50 m
P2	- 3.35 m
P3	- 3.10 m
P4	- 2.75 m
P5	- 3.40 m

Tab. 2

All'atto dello scavo dovrà essere verificata l'omogeneità del terreno di fondazione per rilevare eventuali difformità rispetto alle prove penetrometriche eseguite.

Il calcolo della capacità portante è stato eseguito secondo la formula di Vesic

La formula generale è la seguente:

per  $\phi = 0$

$$q_{ult} = 5,14 * c * (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + \gamma_1 * D_f$$

per  $\phi > 0$

$$q_{ult} = c * N_c * i_c * s_c * g_c * d_c * b_c + \gamma_1 * D_f * N_q * s_q * d_q * i_q * g_q * b_q + 0,5 * \gamma_2 * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * b_\gamma * g_\gamma$$

dove:

q<sub>ult</sub> = capacità portante limite

q<sub>amm</sub> = capacità portante di esercizio o ammissibile = q<sub>ult</sub>/Fattore sicurezza

F<sub>s</sub> = Fattore di sicurezza. Viene utilizzato il valore minimo ammesso dalla normativa pari a 3

c = coesione

$s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori correttivi per la forma della fondazione, dipendono da B, L e  $\phi$

$d_c, d_q, d_\gamma$  = fattori correttivi per la profondità di posa, dipendono da B, D e  $\phi$

$i_c, i_q, i_\gamma$  = fattori correttivi per l'inclinazione del carico

$b_c, b_q, b_\gamma$  = fattori correttivi per la base ruotata

$g_c, g_q, g_\gamma$  = fattori correttivi per fondazioni su pendio

Si è schematizzata una situazione di calcolo visibile nella figura seguente: fondazioni appoggiate sul fondo dello scavo di alloggiamento con un rinterro successivo di ghiaia dello spessore di circa 50 cm.

Per il rinterro si sono utilizzati i seguenti parametri:

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio =  $20^\circ$

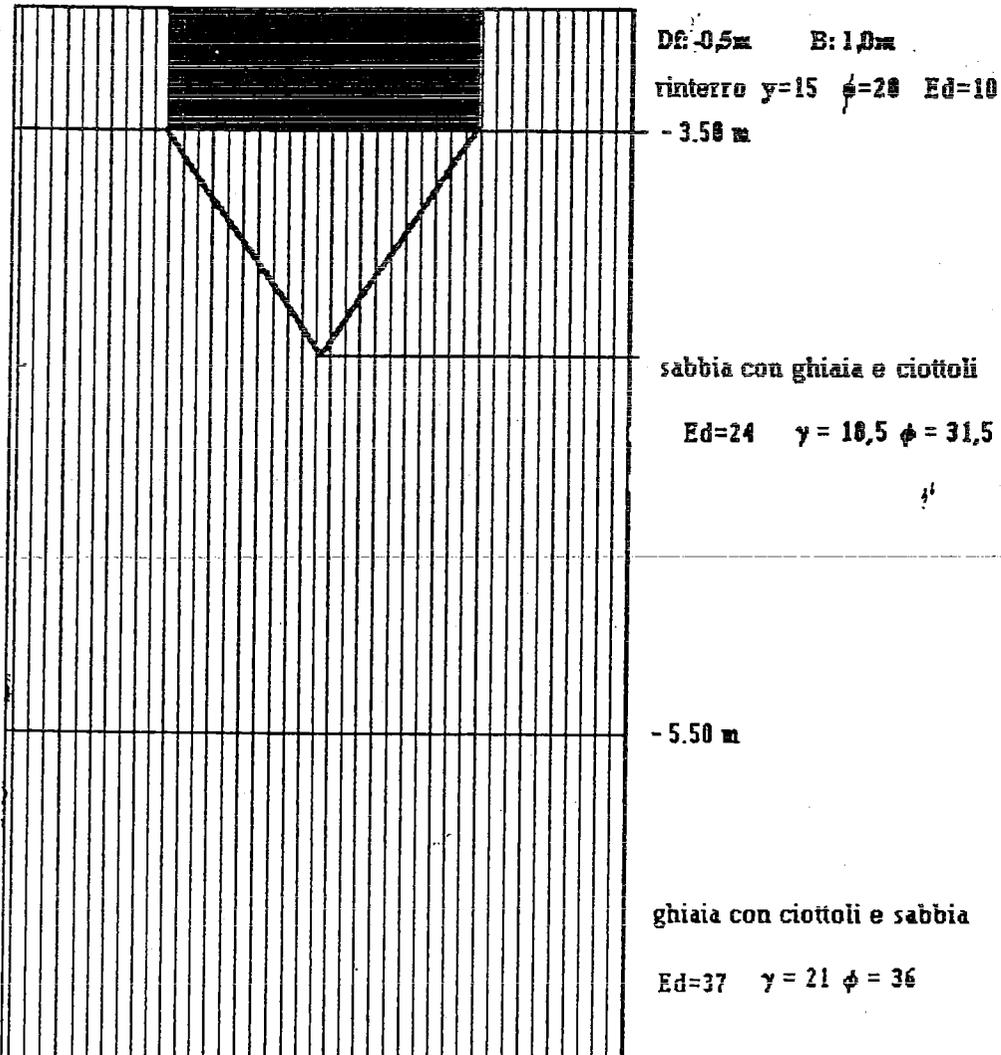
$\gamma_1$  = peso di volume efficace sopra il piano di posa = 15 kN/mc

$E_d$  = 10 Mpa

Per il terreno al di sotto della fondazione i parametri utilizzati nel calcolo derivano dai dati della prova P4 di tab. 1.

Si è scelto un criterio di rottura di tipo "generale" e i risultati ottenuti compaiono in tab.3

Schema di calcolo della capacità portante per fondazioni appoggiate a  $-3.50$  mt dallo 0.00 di riferimento (Caso di trave larga 1.00 m):



Capacità portante ultima e ammissibile del terreno per fondazioni a plinto di dimensioni B\*L appoggiate alla profondità di -3.50 mt dallo zero di riferimento:

Df metri	B * L metri	qult kg/cmq	qamm kg/cmq	Cedimento immediato cm	K Winkler kg/cm <sup>2</sup>
0.50	1.00*1.00	5.4	1.7	0.7	15.6
0.50	2.00*2.00	4.5	1.5	1.5	9.1
0.50	3.00*3.00	3.9	1.3	1.5	7.4

Capacità portante ultima e ammissibile del terreno per fondazioni a trave di larghezza B appoggiate alla profondità di -3.50 mt dallo zero di riferimento:

Df metri	B metri	qult kg/cmq	qamm kg/cmq	Cedimento immediato cm	K Winkler kg/cm <sup>2</sup>
0.50	0.50	3.9	1.3	0.35	24.4
0.50	0.75	4.2	1.4	0.5	14.7
0.50	1.00	4.8	1.6	1.0	11
0.50	1.25	5.4	1.8	1.6	9.1
0.50	1.50	4.8	1.6	1.5	8.0

Tab.3

*I valori di portata che compaiono in corsivo sono stati calcolati assumendo come cedimento limite un cedimento di 1.5 cm.*

Nella medesima tabella compare la stima dei cedimenti immediati calcolati col metodo di Burland-

$q$  = carico agente sulla fondazione (kPa)

$s$  = pressione del terreno alla quota d'imposta (kPa)

$I_c$  = fattore di compressibilità

$f_s$  = fattore di forma

$f_t$  = fattore tempo che tiene conto della componente viscosa del cedimento

$f_h$  = fattore correttivo che tiene conto dello spessore dello strato compressibile

Il valore del fattore di compressibilità è pari a:

$$I_c = \alpha / N$$

dove " $\alpha$ " è un valore numerico associato alla probabilità assegnata di sottostimare il cedimento e " $N$ " rappresenta la media statistica dei valori di resistenza alla punta misurati nell'interno di una profondità significativa " $z_i$ " funzione di " $B$ ".

Viene altresì associata una probabilità del 50% che il cedimento possa essere superiore al teorico calcolato.

I fattori di correzione valgono rispettivamente:

$$f_s = ((1,25 * L / B) / (L / B + 0,25))$$

dove:

$L$  = lunghezza della fondazione

*Dr. Geol. Marco Borghi*

---

in corrispondenza delle altre prove il cedimento, a parità di carico trasmesso al terreno da una fondazione con le stesse dimensioni, risulta pari a circa  $1/5$  del cedimento calcolato in corrispondenza della prova P4 e riportato in tab.3.

## 5. CONCLUSIONI

Su incarico e dietro indicazioni della committenza è stata eseguita un'indagine geotecnica volta ad acquisire le conoscenze di carattere stratigrafico e geotecnico necessarie per una corretta progettazione di un centro socio educativo presso la via Varese a Saronno (VA) (fig.1).

Sono state eseguite n° 5 prove penetrometriche dinamiche come illustrato in fig.2. Per una corretta correlazione delle stesse si è misurata la loro quota di esecuzione assumendo come 0.00 di riferimento il piano del parcheggio attualmente esistente. I parametri geotecnici delle prove maggiormente rappresentative compaiono in tab.1.

Durante l'esecuzione dell'indagine non si è rilevata la presenza di acqua di falda sino alla profondità massima investigata. Tale misura non costituisce un valore fisso nel tempo in quanto soggetta a variazioni in dipendenza di fattori esterni quali precipitazioni, irrigazioni, prelievi, ecc.

Il piano d'imposta delle fondazioni dovrà essere a -3.50 m dallo zero di riferimento (vedi anche tab.2).

I valori di portata ottenuti compaiono in tab.3, dove si osserva per esempio che, utilizzando travi di 1.00 m di lato, la portata ammissibile risulta di 1.6 kg/cmq.

Nella medesima tabella compare la stima dei cedimenti immediati calcolati col metodo di Burland-Burbidge.

Ceriano L.tto, li 25 Settembre 2001



**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 M-A.C**

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

**CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 M-A.C**

PESO MASSA BATTENTE	M = 73,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 0,80 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,30 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 8,93 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,141$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

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

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

EOSTEMA S.p.a.

Via Monte Grappa, 28  
22079 Villa Guardia (CO)

Riferimento: 09\_01\_gioia

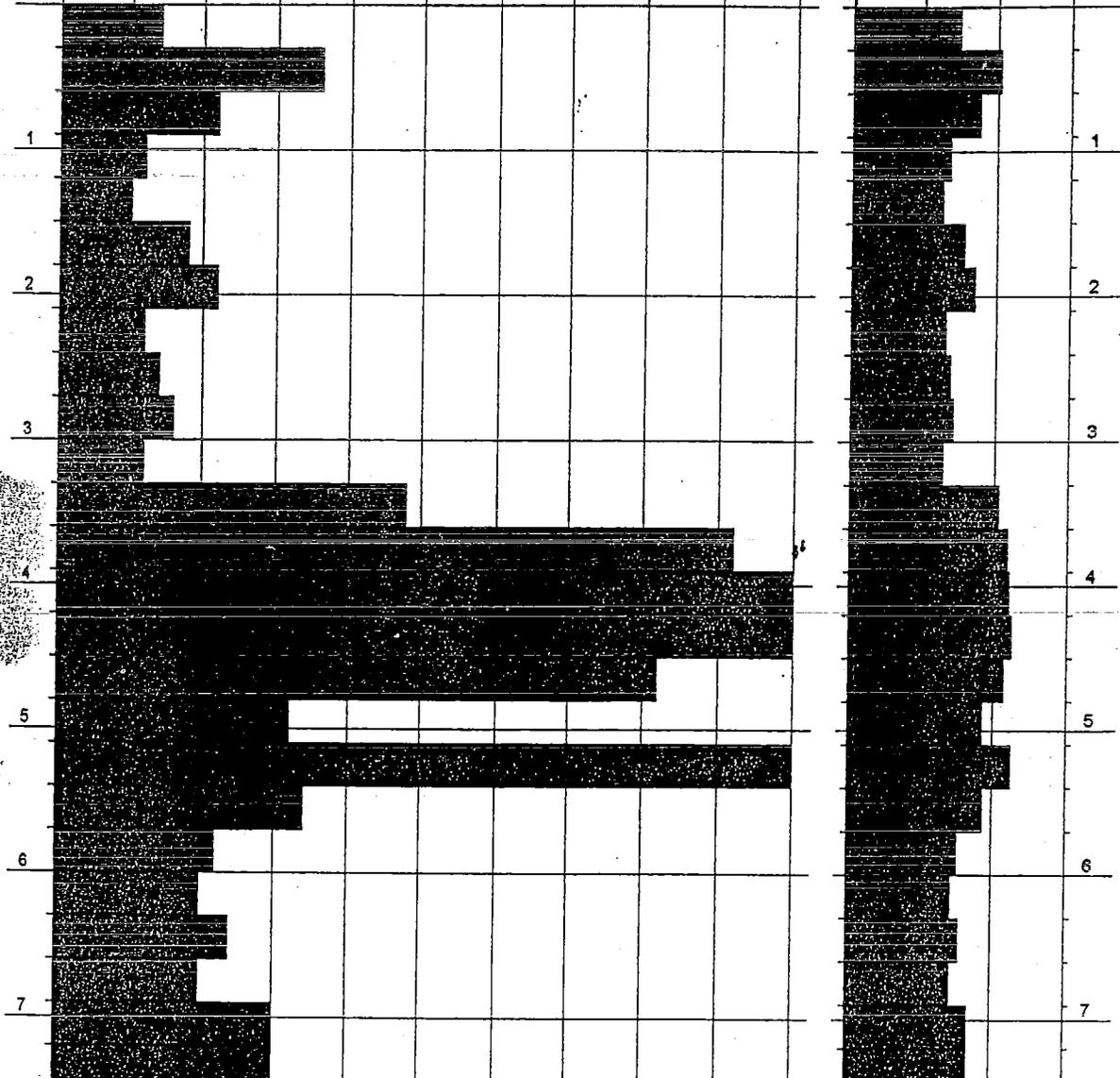
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

n° 1 SI

- indagine : costruzione centro polifunzionale  
- cantiere : via Varese  
- località : Saronno (VA)  
- data : 25/09/2001  
- quota inizio : -0.20 m  
- prof. falda : Falda non rilevata

$N = N(30)$  numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30$  Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)  
m 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 1 10 100 1000 m

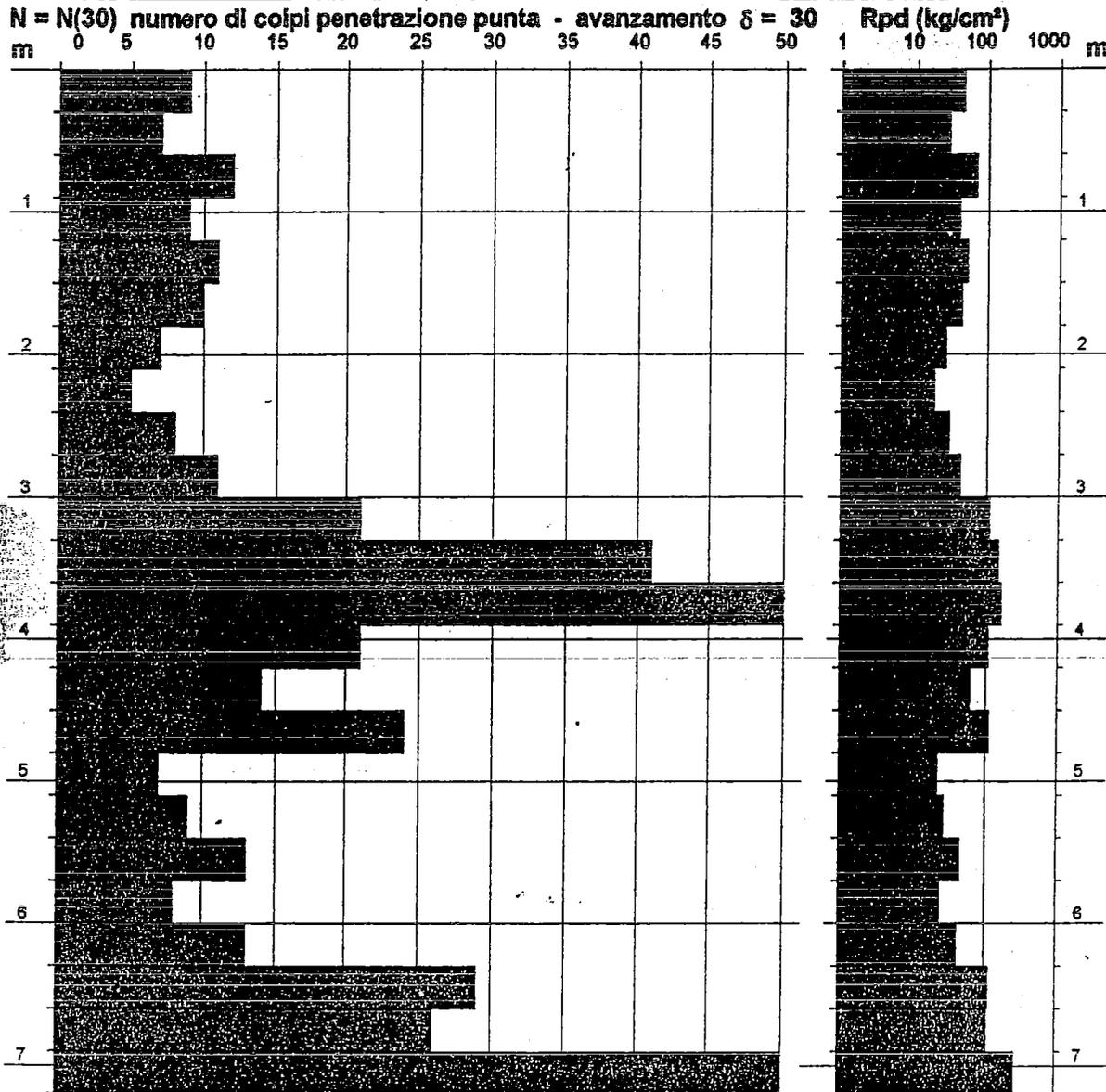


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

n° 2

Scala 1: 50

- |              |                                   |                  |                    |
|--------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| - indagine : | costruzione centro polifunzionale | - data :         | 25/09/2001         |
| - cantiere : | via Varese                        | - quota inizio : | -0.65 m            |
| - località : | Saronno (VA)                      | - prof. falda :  | Falda non rilevata |



EOSTEMA S.n.c.

Monte Grappa, 28  
079 Villa Guardia (CO)

Riferimento: 09\_01\_gioia

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

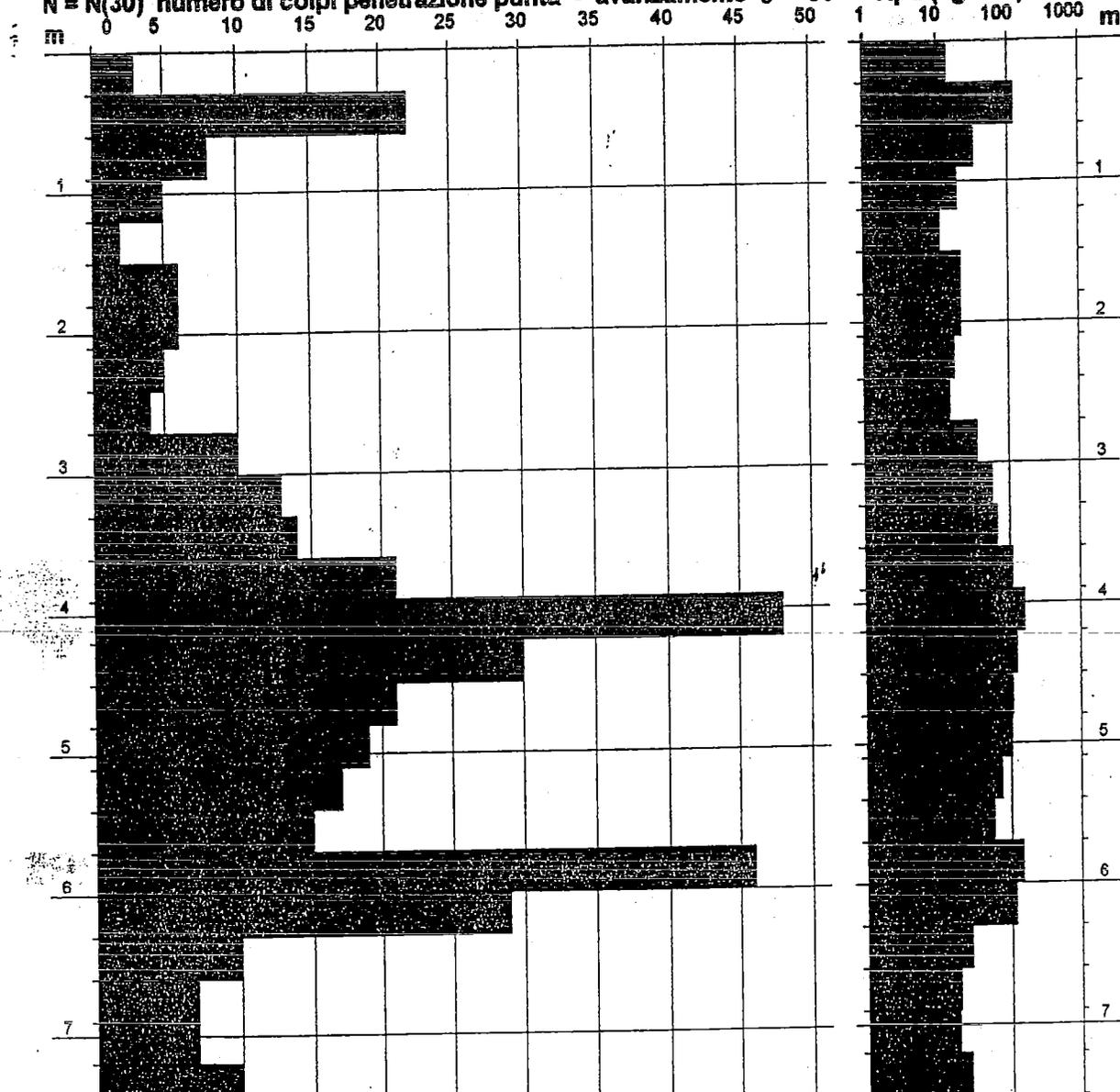
n° 3

Scala 1: 50

- indagine : costruzione centro polifunzionale  
- cantiere : via Varese  
- località : Saronno (VA)

- data : 25/09/2001  
- quota inizio : -0.37 m  
- prof. falda : Falda non rilevata

$N = N(30)$  numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30$  Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



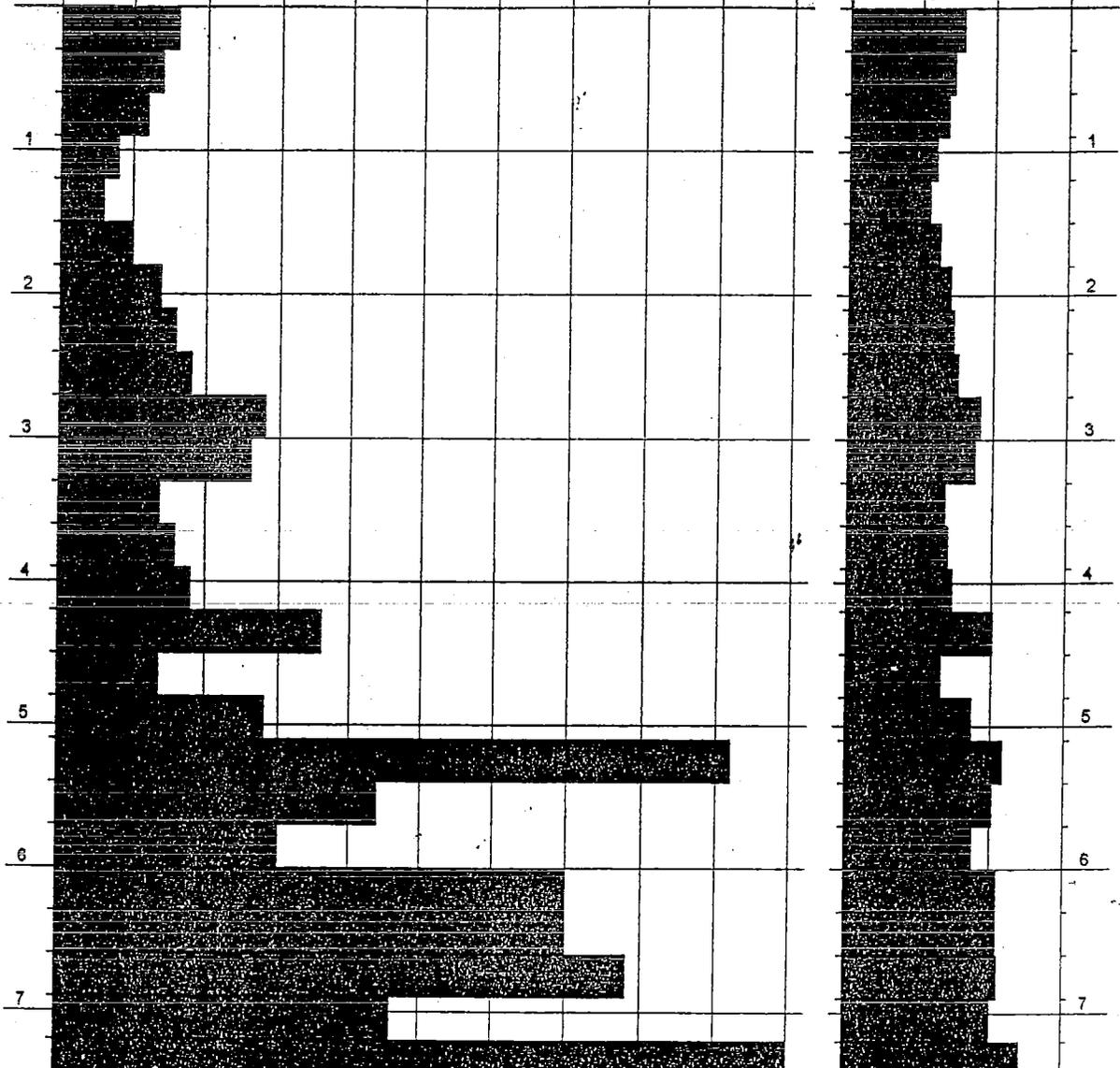
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

n° 4

- indagine : costruzione centro polifunzionale  
- cantiere : via Varese  
- località : Saronno (VA)  
- data : 25/09/2001  
- quota inizio : -0.05 m  
- prof. falda : Falda non rilevata

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30$  Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)  
m 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 1 10 100 1000 m



GEOSTEMA S.n.c.

Via Monte Grappa, 28  
22079 Villa Guardia (CO)

Riferimento: 09\_01\_gioia

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 5

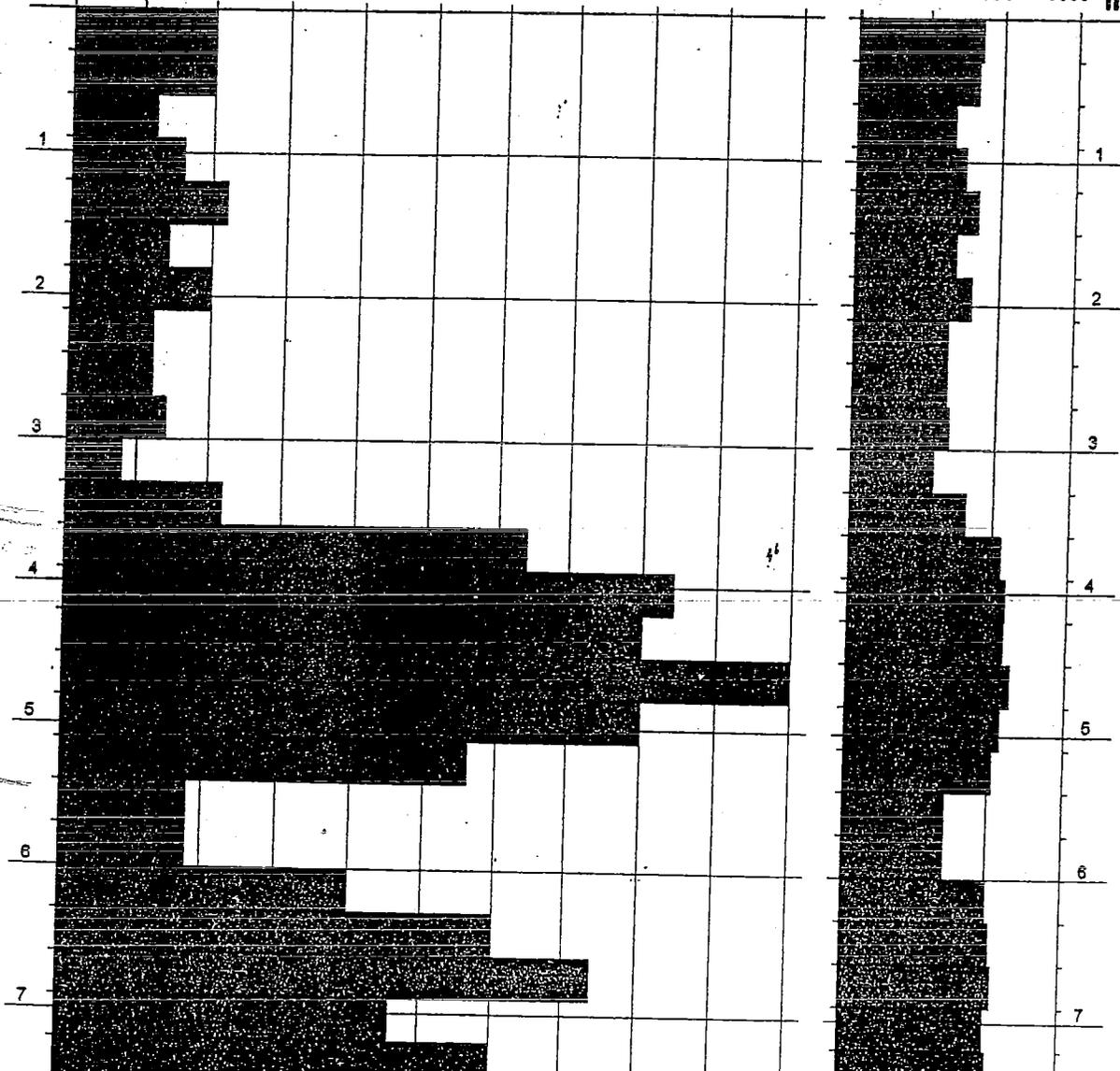
Scala 1: 50

- indagine : costruzione centro polifunzionale  
- cantiere : via Varese  
- località : Saronno (VA)

- data : 25/09/2001  
- quota inizio : -0.10 m  
- prof. falda : Falda non rilevata

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 30$  Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)

m 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 1 10 100 1000 m



dell SCPT



Prof. P1	Prof. P2	Prof. P3	Prof. P4	Prof. P5
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
7,2	rifiuto	7,2	7,2	7,2
7,5	rifiuto	7,5	rifiuto	7,5
7,8	rifiuto	7,8	rifiuto	7,8
8,1	rifiuto	8,1	rifiuto	8,1
8,4	rifiuto	8,4	rifiuto	8,4
8,7		8,7		8,7
9,0		9,0		9,0
9,3		9,3		9,3
9,6		9,6		9,6
9,9		9,9		9,9
10,2		10,2		10,2
10,5		10,5		10,5
10,8		10,8		10,8
11,1		11,1		11,1
11,4		11,4		11,4
11,7		11,7		11,7

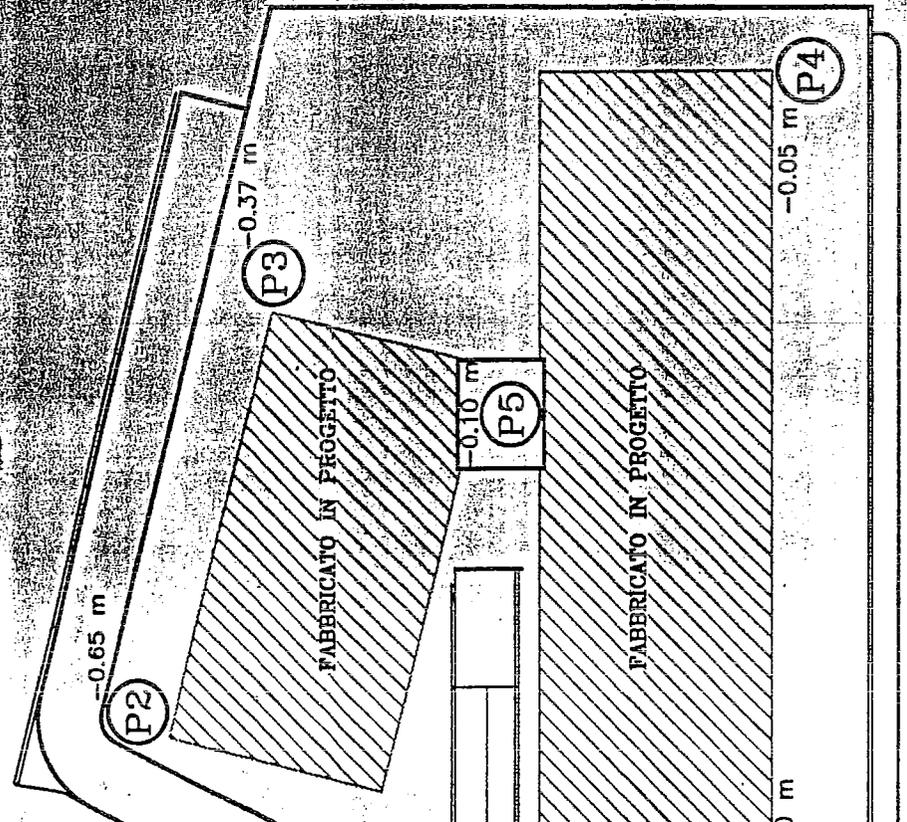


4 scala 1:10.000



estratto C.T.R. foglio B5e4 scala 1:10.000

SCALA 1:400



gio esistente)

alla via Varese

NICHE E LORO QUOTA DI ESECUZIONE RIFERITA ALLO 0,00 DI RIFERIMENTO

FIG. 2