

GEOPLAN

STUDIO GEOPLAN
geologia applicata ed ambientale

CESARE RESNATI - LUISELLA COLOMBO
geologi associati



Premio Mercurio d'oro 2001

12

47

RAPP. 2575R04

Panadomus s.r.l.
Monza (MI)

RELAZIONE GEOTECNICA

Su terreno di fondazione per
costruzione di un edificio
residenziale in
Monza (MI)
Via Aspromonte

Monza, 19 marzo 2004

| | |
|--------------------------------------|-------|
| COMUNE DI MONZA | |
| SETTORE EDILIZIA | |
| OPERE IN CEMENTO ARMATO E IN ACCIAIO | |
| ATTESTAZIONE DI CANTIERE | |
| N. 4691 | |
| Data 25 OTT. 2004 | Firma |

1 PREMESSA

La presente Relazione Geotecnica viene redatta su incarico della società Panadomus s.r.l. che sta realizzando una palazzina residenziale in Monza, via Aspromonte.

Vengono qui illustrati i risultati di un'indagine geotecnica finalizzata alle strutture di fondazione.

Il contenuto della presente ottempera, a meno dei fattori elencati di seguito, ai criteri espressi nel D.M. LL.PP. 11.03.88 e nella circolare LL.PP. n° 30483, emanati a norma dell'articolo 1 della Legge 64 /1974.

In tale relazione non viene considerato il problema della stabilità dei fronti di scavo che, dovendo interagire con strutture confinanti quali strade, recinzioni, edifici, etc, dovrà essere oggetto di calcoli e valutazioni ulteriori.

1.1 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE GENERALI

I terreni affioranti in corrispondenza dell'abitato di Monza sono prevalentemente costituiti dai depositi fluvioglaciali collegati all'ultima delle glaciazioni quaternarie, quella würmiana. Si tratta per lo più di sabbie e ghiaie in matrice limosa con ciottoli eterometrici ed arrotondati.

I depositi fluvioglaciali würmiani affiorano ampiamente nelle aree di pianura, costituendone il livello fondamentale, e risultano incisi in prossimità dei corsi d'acqua principali.

In particolare, la città di Monza è attraversata dal corso del Fiume Lambro ed è, quindi, interessata anche da depositi alluvionali recenti di natura limoso-sabbiosa, sui quali ricade l'area destinata all'intervento in progetto.

1.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE REGIONALI

In accordo con i dati forniti dal SIF (Sistema Informativo Falda della Provincia di Milano) la soggiacenza attuale della falda freatica è di circa 25-30 m. Dal dato piezometrico relativo all'anno 1992 non emergono significative variazioni della profondità della superficie freatica, avvenute nel corso dell'ultimo decennio.

2 INDAGINE GEOTECNICA

L'indagine geotecnica di campagna è consistita nell'esecuzione di cinque prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. con penetrometro superpesante tipo Meardi A.G.I.; i relativi diagrammi di avanzamento con tabulati numerici ed elaborazioni varie sono contenuti in Allegato 1.

La Fig. 1 rappresenta l'ubicazione planimetrica dei punti di prova.

Le condizioni geotecniche del terreno sono illustrate nelle sezioni di Fig. 2, in cui il terreno di fondazione è stato suddiviso secondo quattro classi di resistenza alla penetrazione dinamica, e precisamente:

- ♦ $N < 5$: limo sabbioso da molto sciolto a sciolto;
- ♦ $5 < N < 15$: limo sabbioso di media consistenza passante a sabbia e ghiaia;
- ♦ $N > 15$: sabbia e ghiaia da mediamente consistente a molto compatta;
- ♦ $N > 100$: lenti o strati di ghiaia cementata (Formazione del "Ceppo lombardo").

2.1 CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

La successione stratigrafica, illustrata graficamente nella Fig. 2, può essere così sintetizzata:

- da piano campagna e sino alla profondità di $-0.90 \div 2.10$ m: limo sabbioso da molto sciolto a sciolto
- da $-0.90 \div 2.10$ m a $-3.60 \div 6.00$ m : limo sabbioso di media consistenza passante a sabbia e ghiaia. Presenza di un'intercalazione ghiaiosa che per continuità laterale si rinviene lungo tutte le verticali effettuate, avente lo spessore massimo di circa 1.00 m;
- da $-3.60 \div 6.00$ m segue un terreno in cui si riscontra un aumento della componente ghiaiosa e della consistenza, con lenti a minor grado di addensamento;

Le prove si concludono a profondità variabili tra -6.90 e -8.70 m dalla quota media del piano campagna per l'interessamento di lenti o strati di ghiaia cementata.

2.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Durante l'esecuzione dell'indagine non è stata rilevata presenza di acqua di falda.

3 PARAMETRI GEOTECNICI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli strati di terreno sollecitati dalle fondazioni, ricavati dai risultati delle prove penetrometriche (*), e riferiti alla quota progettuale di imposta fondazioni di circa - 7.20 m da piano campagna; si ipotizza l'utilizzo di fondazioni dirette continue.

(*) in seguito al riscontro di terreno ghiaioso compatto se non addirittura cementato in corrispondenza delle prove 3 e 5, queste sono state escluse dalle valutazioni che seguono

| Prova | Z_C | N_{SPT} | ϕ | γ | G | E |
|-------|-------|-----------|--------|----------|------|------|
| 1 | 0.60 | 22.5 | 33.5 | 18.5 | 17.0 | 27.0 |
| 2 | 0.90 | 15.0 | 31.9 | 18.0 | 17.0 | 19.0 |
| 4 | 1.20 | 24.0 | 33.8 | 18.5 | 17.0 | 28.5 |

dove: N_{SPT} = resistenza penetrometrica standard;
 Z_C = spessore dello strato compressibile in m(*);
 ϕ = angolo di attrito in gradi;
 γ = peso di volume del terreno a quota fondazioni in kN/m^3 ;
 G = peso di volume del terreno scavato in kN/m^3 ;
 E = modulo di Young in MN/m^2 .

(*) tale spessore è funzione della dimensione ipotizzata per la struttura fondale, di cui si eseguiranno le verifiche geotecniche

3.1 COSTANTE DI SOTTOFONDO

Può risultare utile per il progetto ingegneristico delle fondazioni avere un criterio di valutazione della costante di sottofondo; dalla relazione di VESIC (1961) si ha:

$$K_s = K'_s / B$$

con B = larghezza della fondazione;

$$K'_s = 0.65 \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot B^4}{E_f \cdot J_f}} \cdot \frac{E_s}{1 - \mu^2}$$

dove: E_f = modulo di Young della fondazione;
 J_f = momento di inerzia della fondazione;
 E_s = modulo di Young del suolo;
 μ = coefficiente di Poisson del suolo (= 0.40);
 B = larghezza della fondazione.

Secondo BOWLES è possibile utilizzare l'espressione semplificata:

$$K_s = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \mu^2)}$$

da cui, introducendo i parametri geotecnici tabulati sopra, si ottiene la nuova tabella, con K_s espresso in $\text{kN/m}^2/\text{B}$.

| Prova | $K_s B$ |
|-------|---------|
| 1 | 32100 |
| 2 | 22600 |
| 4 | 34000 |

4 CALCOLO PRESSIONE LIMITE

Il calcolo della pressione limite presuppone necessariamente l'esistenza di una determinata struttura di fondazione che, caricata con quella pressione limite, ne provoca la rottura generale.

Di seguito si ipotizzerà l'utilizzo di fondazioni dirette che, preferibilmente, potranno essere di tipo continuo e nastriforme.

Nel caso in esame è corretto l'utilizzo della Formula di MEYERHOF, applicata considerando il carico verticale su un terreno prevalentemente incoerente (coesione non drenata c_u nulla ed angolo di attrito ϕ maggiore di 10°); l'espressione per il calcolo della pressione limite Q_{ult} è la seguente (1):

$$Q_{ult} = \sigma'_{vo} \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma$$

dove: $N_q = e^{\pi \tan \phi}$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \phi)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 \cdot K_p \cdot B/L$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \cdot Z/B$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

con: e : base dei logaritmi neperiani = 2.718

B : larghezza della fondazione = m 1.5 (indicativa)

L : lunghezza della fondazione = m 5.0 (indicativa)

Z : profondità di incastro della fondazione = m 0.50 (indicativa)

In Allegato 2 sono riportati i tabulati di calcolo delle formule di cui sopra, mentre di seguito se ne riportano i risultati.

| Prova | Press. Lim. (kPa) | Press. Max amm. (kPa) |
|-------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 740 | 247 |
| 2 | 566 | 189 |
| 4 | 777 | 259 |

Il valore di pressione massima ammissibile è dato dal rapporto tra pressione limite e fattore di sicurezza, che l'attuale normativa prevede minimo 3; il valore di pressione ammissibile viene verificato nel seguente capitolo in funzione del cedimento che si ritiene ammissibile per la struttura in progetto.

6 CONCLUSIONI

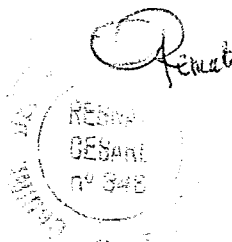
In base a quanto sopra esposto sui risultati dell'indagine geotecnica svolta in via Aspromonte a Monza (MI), per conto della Panadomus s.r.l. relativamente al progetto di fondazioni di un edificio residenziale, si può concludere quanto segue:

- ❖ ipotesi di imposta fondazioni a - 7.20 m dalla quota media di piano campagna (circa piano viabilità attuale)
- ❖ **fondazioni dirette strutturate in modo continuo e nastriforme**
- ❖ pressione media di contatto ammissibile: $\sigma_m = 180 \text{ kPa}$
- ❖ cedimenti immediati dell'ordine di 3-7 mm
- ❖ cedimenti totali nel tempo dell'ordine di 0-18 mm (*)
- ❖ cedimenti differenziali dell'ordine di 2.0 cm

(*) in corrispondenza di terreno ghiaioso da molto compatto a localmente cementato, si ipotizzano valori di cedimento pressochè nulli in seguito alla posa in opera della struttura fondale.

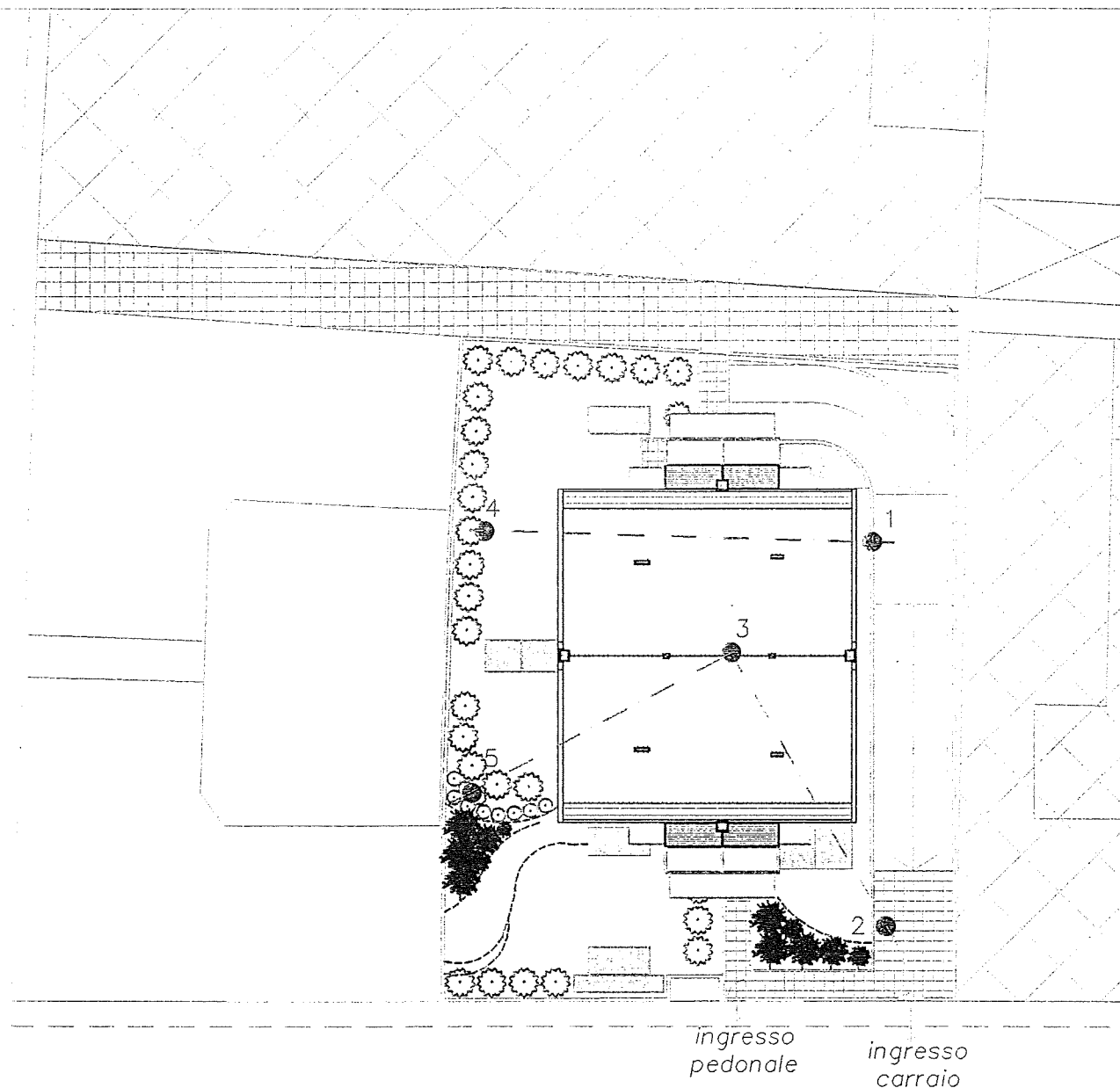
A scopo precauzionale, si consiglia di ispezionare attentamente il fondo scavo al fine di accertare l'eventuale presenza di lenti limoso-sabbiose particolarmente compressibili, che andranno asportate e sostituite con terreno ghiaioso compatto.

Il tecnico incaricato: dr.geol. Cesare Resnati



FIGURE

via Mentana



via Aspromonte

ingresso
pedonale

ingresso
carraio

0 4 8 m

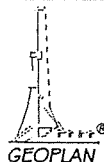
LEGENDA:



Prova penetrometrica



Traccia di sezione

| | | |
|-------------------------------------|----------|--|
| titolo | rapporto | 2575R04 |
| | data | MAR 2004 |
| UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE | | |
| | |  figura 1 |
| 2575u | | |

ALLEGATO 1

Prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Numero prova: 1

Data esecuzione: 16.03.04

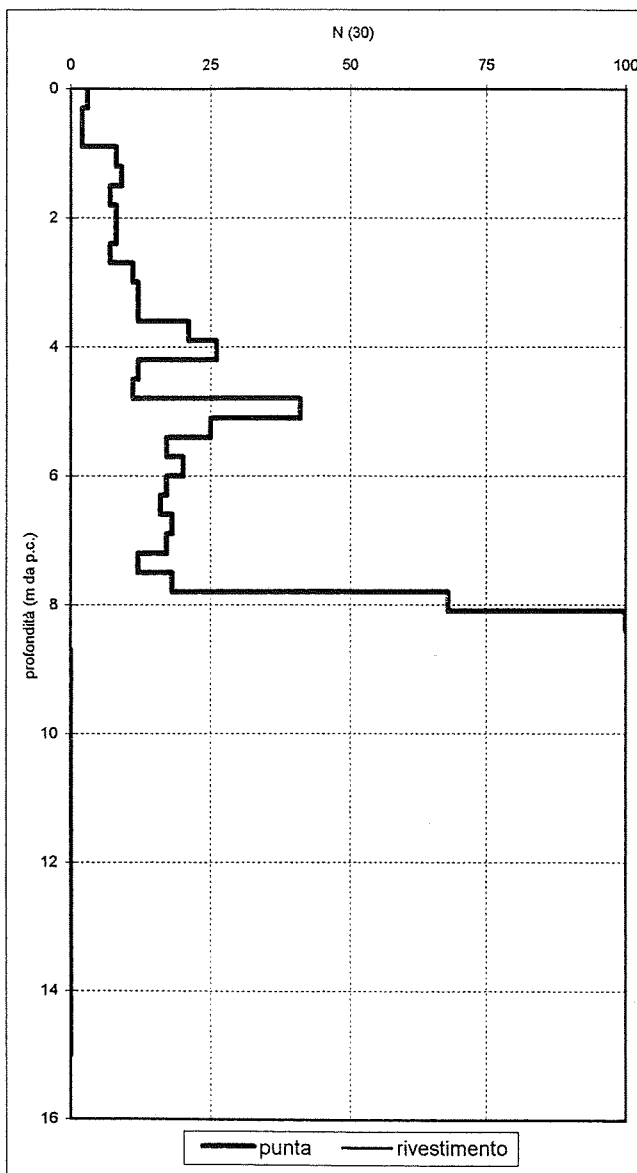
Rapporto: 2575R04

Quota: m da p.c.

Committente: Pandomus s.r.l.

Cantiere: Monza (MI)- Via Aspromonte

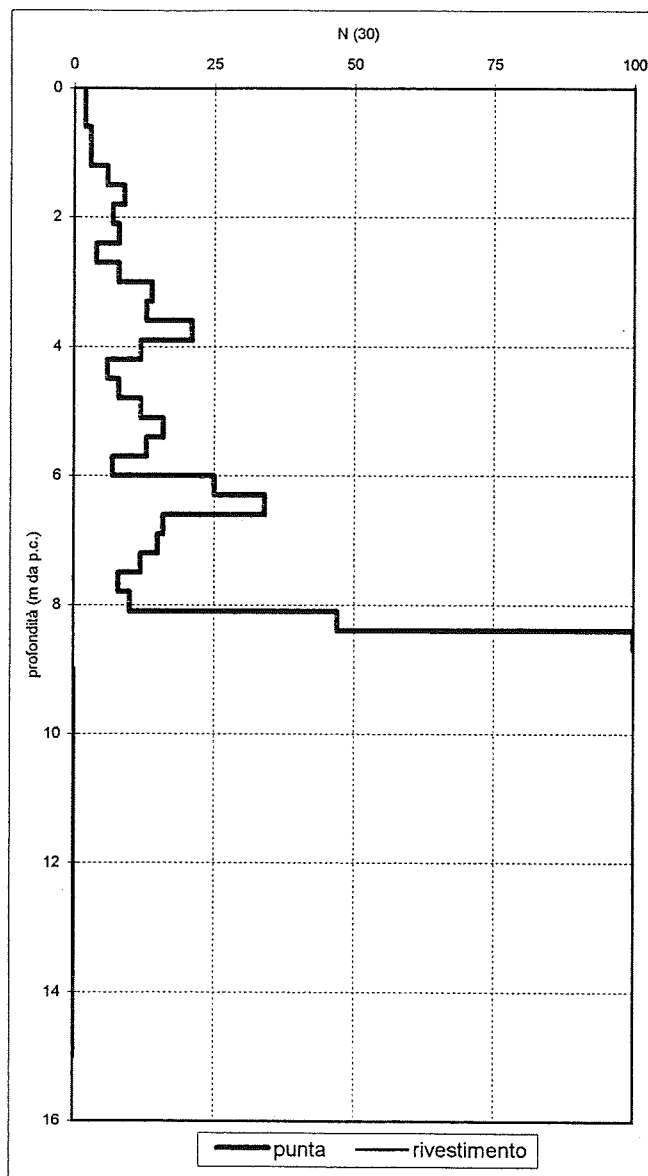
| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 3 | |
| 0,60 | 2 | |
| 0,90 | 2 | |
| 1,20 | 8 | |
| 1,50 | 9 | |
| 1,80 | 7 | |
| 2,10 | 8 | |
| 2,40 | 8 | |
| 2,70 | 7 | |
| 3,00 | 11 | |
| 3,30 | 12 | |
| 3,60 | 12 | |
| 3,90 | 21 | |
| 4,20 | 26 | |
| 4,50 | 12 | |
| 4,80 | 11 | |
| 5,10 | 41 | |
| 5,40 | 25 | |
| 5,70 | 17 | |
| 6,00 | 20 | |
| 6,30 | 17 | |
| 6,60 | 16 | |
| 6,90 | 18 | |
| 7,20 | 17 | |
| 7,50 | 12 | |
| 7,80 | 18 | |
| 8,10 | 68 | |
| 8,40 | 100 | |
| 8,70 | | |
| 9,00 | | |
| 9,30 | | |
| 9,60 | | |
| 9,90 | | |
| 10,20 | | |
| 10,50 | | |
| 10,80 | | |
| 11,10 | | |
| 11,40 | | |
| 11,70 | | |
| 12,00 | | |
| 12,30 | | |
| 12,60 | | |
| 12,90 | | |
| 13,20 | | |
| 13,50 | | |
| 13,80 | | |
| 14,10 | | |
| 14,40 | | |
| 14,70 | | |
| 15,00 | | |

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.Numero prova: **2**Data esecuzione: **16.03.04**Rapporto: **2575R04**Quota: **m da p.c.**Committente: **Pandomus s.r.l.**Cantiere: **Monza (MI)- Via Aspromonte**

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 2 | |
| 0,60 | 2 | |
| 0,90 | 3 | |
| 1,20 | 3 | |
| 1,50 | 6 | |
| 1,80 | 9 | |
| 2,10 | 7 | |
| 2,40 | 8 | |
| 2,70 | 4 | |
| 3,00 | 8 | |
| 3,30 | 14 | |
| 3,60 | 13 | |
| 3,90 | 21 | |
| 4,20 | 12 | |
| 4,50 | 6 | |
| 4,80 | 8 | |
| 5,10 | 12 | |
| 5,40 | 16 | |
| 5,70 | 13 | |
| 6,00 | 7 | |
| 6,30 | 25 | |
| 6,60 | 34 | |
| 6,90 | 16 | |
| 7,20 | 15 | |
| 7,50 | 12 | |
| 7,80 | 8 | |
| 8,10 | 10 | |
| 8,40 | 47 | |
| 8,70 | 100 | |
| 9,00 | | |
| 9,30 | | |
| 9,60 | | |
| 9,90 | | |
| 10,20 | | |
| 10,50 | | |
| 10,80 | | |
| 11,10 | | |
| 11,40 | | |
| 11,70 | | |
| 12,00 | | |
| 12,30 | | |
| 12,60 | | |
| 12,90 | | |
| 13,20 | | |
| 13,50 | | |
| 13,80 | | |
| 14,10 | | |
| 14,40 | | |
| 14,70 | | |
| 15,00 | | |

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

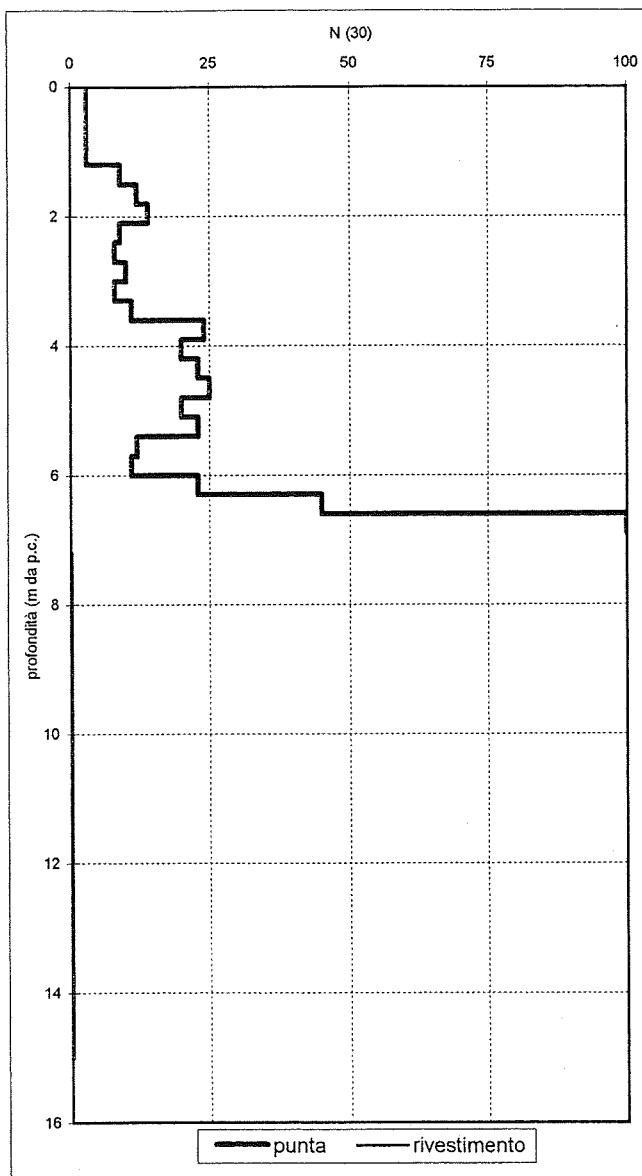
Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.Numero prova: **3**Data esecuzione: **16.03.04**Rapporto: **2575R04**

Quota: m da p.c.

Committente: **Pandomus s.r.l.**Cantiere: **Monza (MI)- Via Aspromonte**

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 3 | |
| 0,60 | 3 | |
| 0,90 | 3 | |
| 1,20 | 3 | |
| 1,50 | 9 | |
| 1,80 | 12 | |
| 2,10 | 14 | |
| 2,40 | 9 | |
| 2,70 | 8 | |
| 3,00 | 10 | |
| 3,30 | 8 | |
| 3,60 | 11 | |
| 3,90 | 24 | |
| 4,20 | 20 | |
| 4,50 | 23 | |
| 4,80 | 25 | |
| 5,10 | 20 | |
| 5,40 | 23 | |
| 5,70 | 12 | |
| 6,00 | 11 | |
| 6,30 | 23 | |
| 6,60 | 45 | |
| 6,90 | 100 | |
| 7,20 | | |
| 7,50 | | |
| 7,80 | | |
| 8,10 | | |
| 8,40 | | |
| 8,70 | | |
| 9,00 | | |
| 9,30 | | |
| 9,60 | | |
| 9,90 | | |
| 10,20 | | |
| 10,50 | | |
| 10,80 | | |
| 11,10 | | |
| 11,40 | | |
| 11,70 | | |
| 12,00 | | |
| 12,30 | | |
| 12,60 | | |
| 12,90 | | |
| 13,20 | | |
| 13,50 | | |
| 13,80 | | |
| 14,10 | | |
| 14,40 | | |
| 14,70 | | |
| 15,00 | | |

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Numero prova: 4

Data esecuzione: 16.03.04

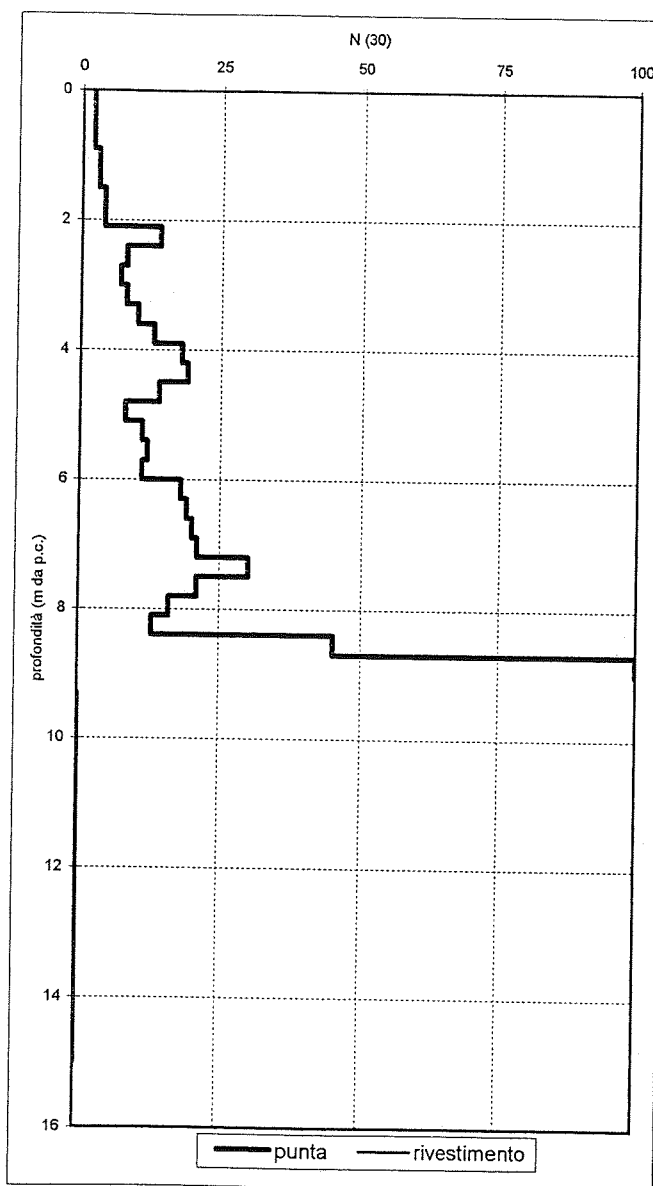
Rapporto: 2575R04

Quota: m da p.c.

Committente: Pandomus s.r.l.

Cantiere: Monza (MI)- Via Aspromonte

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 2 | |
| 0,60 | 2 | |
| 0,90 | 2 | |
| 1,20 | 3 | |
| 1,50 | 3 | |
| 1,80 | 4 | |
| 2,10 | 4 | |
| 2,40 | 14 | |
| 2,70 | 8 | |
| 3,00 | 7 | |
| 3,30 | 8 | |
| 3,60 | 10 | |
| 3,90 | 13 | |
| 4,20 | 18 | |
| 4,50 | 19 | |
| 4,80 | 14 | |
| 5,10 | 8 | |
| 5,40 | 11 | |
| 5,70 | 12 | |
| 6,00 | 11 | |
| 6,30 | 18 | |
| 6,60 | 19 | |
| 6,90 | 20 | |
| 7,20 | 21 | |
| 7,50 | 30 | |
| 7,80 | 21 | |
| 8,10 | 16 | |
| 8,40 | 13 | |
| 8,70 | 45 | |
| 9,00 | 100 | |
| 9,30 | | |
| 9,60 | | |
| 9,90 | | |
| 10,20 | | |
| 10,50 | | |
| 10,80 | | |
| 11,10 | | |
| 11,40 | | |
| 11,70 | | |
| 12,00 | | |
| 12,30 | | |
| 12,60 | | |
| 12,90 | | |
| 13,20 | | |
| 13,50 | | |
| 13,80 | | |
| 14,10 | | |
| 14,40 | | |
| 14,70 | | |
| 15,00 | | |

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta: 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Numero prova: 5

Data esecuzione: 16.03.04

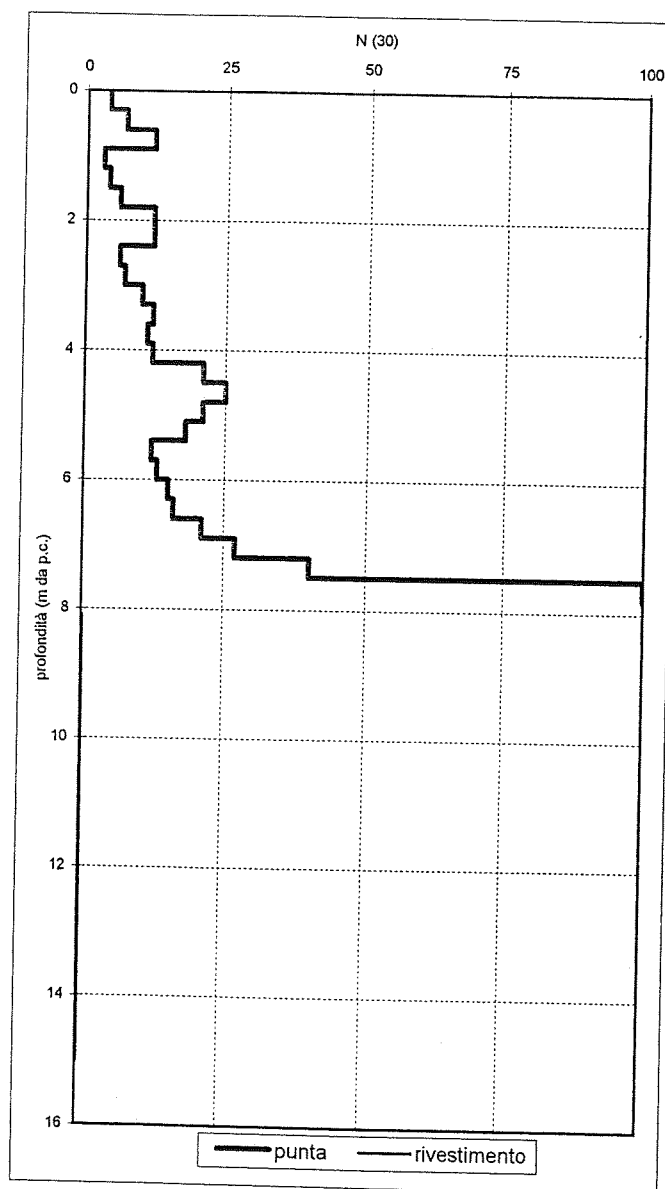
Rapporto: 2575R04

Quota: m da p.c.

Committente: Pandomus s.r.l.

Cantiere: Monza (MI)- Via Aspromonte

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 4 | |
| 0,60 | 7 | |
| 0,90 | 12 | |
| 1,20 | 3 | |
| 1,50 | 4 | |
| 1,80 | 6 | |
| 2,10 | 12 | |
| 2,40 | 12 | |
| 2,70 | 6 | |
| 3,00 | 7 | |
| 3,30 | 10 | |
| 3,60 | 12 | |
| 3,90 | 11 | |
| 4,20 | 12 | |
| 4,50 | 21 | |
| 4,80 | 25 | |
| 5,10 | 21 | |
| 5,40 | 18 | |
| 5,70 | 12 | |
| 6,00 | 13 | |
| 6,30 | 15 | |
| 6,60 | 16 | |
| 6,90 | 21 | |
| 7,20 | 27 | |
| 7,50 | 40 | |
| 7,80 | 100 | |
| 8,10 | | |
| 8,40 | | |
| 8,70 | | |
| 9,00 | | |
| 9,30 | | |
| 9,60 | | |
| 9,90 | | |
| 10,20 | | |
| 10,50 | | |
| 10,80 | | |
| 11,10 | | |
| 11,40 | | |
| 11,70 | | |
| 12,00 | | |
| 12,30 | | |
| 12,60 | | |
| 12,90 | | |
| 13,20 | | |
| 13,50 | | |
| 13,80 | | |
| 14,10 | | |
| 14,40 | | |
| 14,70 | | |
| 15,00 | | |

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta: 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

ALLEGATO 2

Calcolo capacità portante