
Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche
di supporto al progetto preliminare per l'intervento
presso il Centro Sportivo Comunale

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Castelli Calepio (Bg), 17 Gennaio 2003



1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i risultati degli studi e delle indagini di carattere geologico - geotecnico e geofisico, con indicazioni idrogeologiche, eseguite sui terreni siti a sud di Viale Brianza, nei pressi della località Frazione Valeria, in territorio comunale di Varedo (Mi), a corredo del progetto preliminare degli interventi presso il Centro Sportivo Comunale.

Lo studio e le indagini in sito eseguite, sono mirati a definire l'assetto geologico, idrogeologico e stratigrafico - litotecnico preliminare, dei terreni interessati dalle opere di progetto, in ottemperanza alle Leggi 2 Febbraio 1974, D.M. 21 Marzo 1981 e al Decreto 11 Marzo 1988, per definire la fattibilità dell'intervento in relazione al locale contesto geologico s.l. e per dotare gli Enti competenti, degli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area di intervento è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la corposa bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

L'area di intervento è ubicata sui terreni posti in sinistra idrografica (est) del Fiume Seveso, dal cui alveo dista circa 2 km in linea d'aria.

Le variazioni della dinamica fluviale del corso d'acqua (divagazioni d'alveo) hanno modellato, nel corso dei tempi geologici più recenti, l'assetto geologico e geomorfologico del territorio in esame, così come oggi lo percepiamo.

Città di Varedo
Provincia di Milano

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Fabio Plebani
geologo

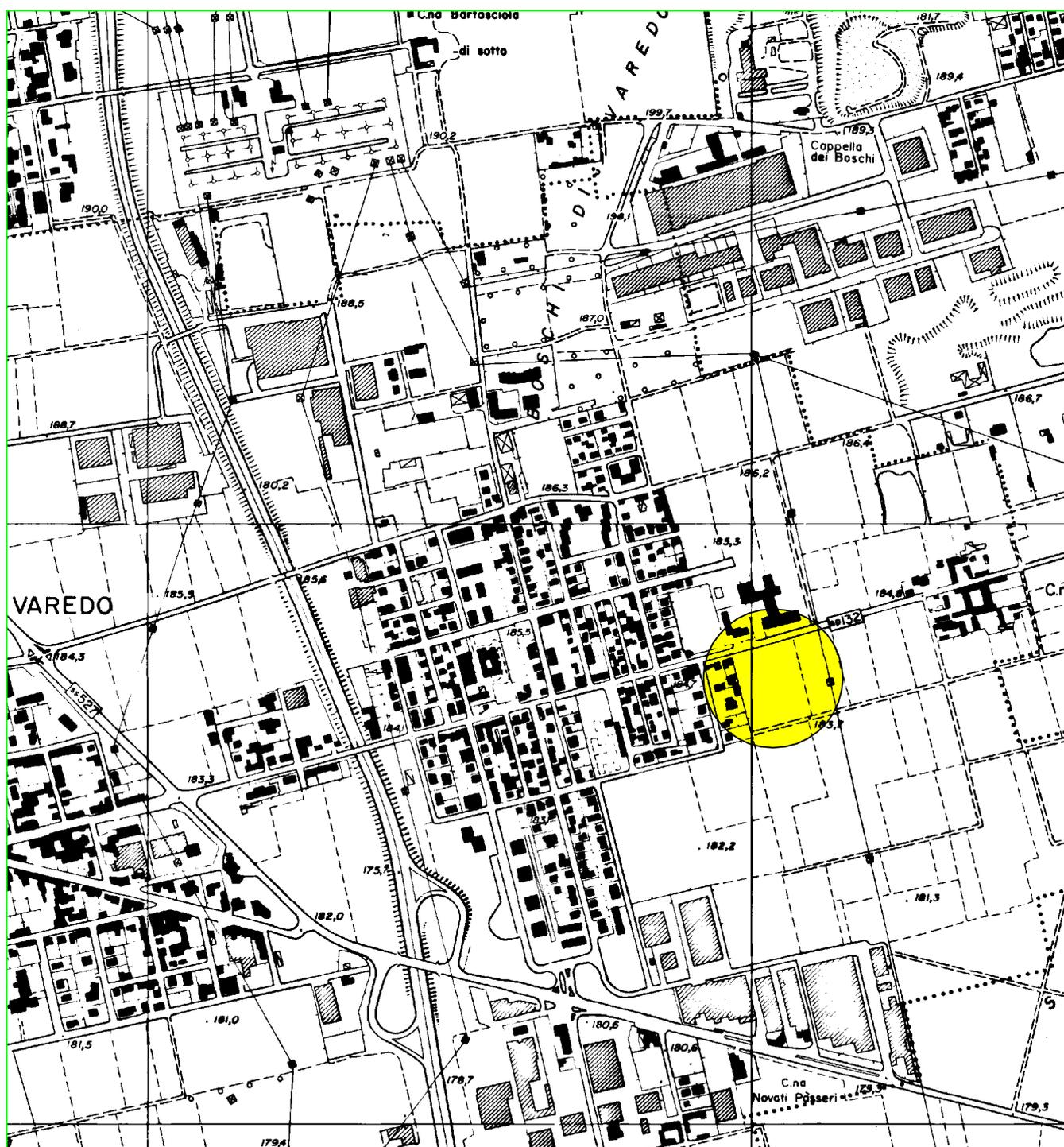
Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per
l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

Corografia CTR
Scala 1:10.000



Città di Varedo
Provincia di Milano

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

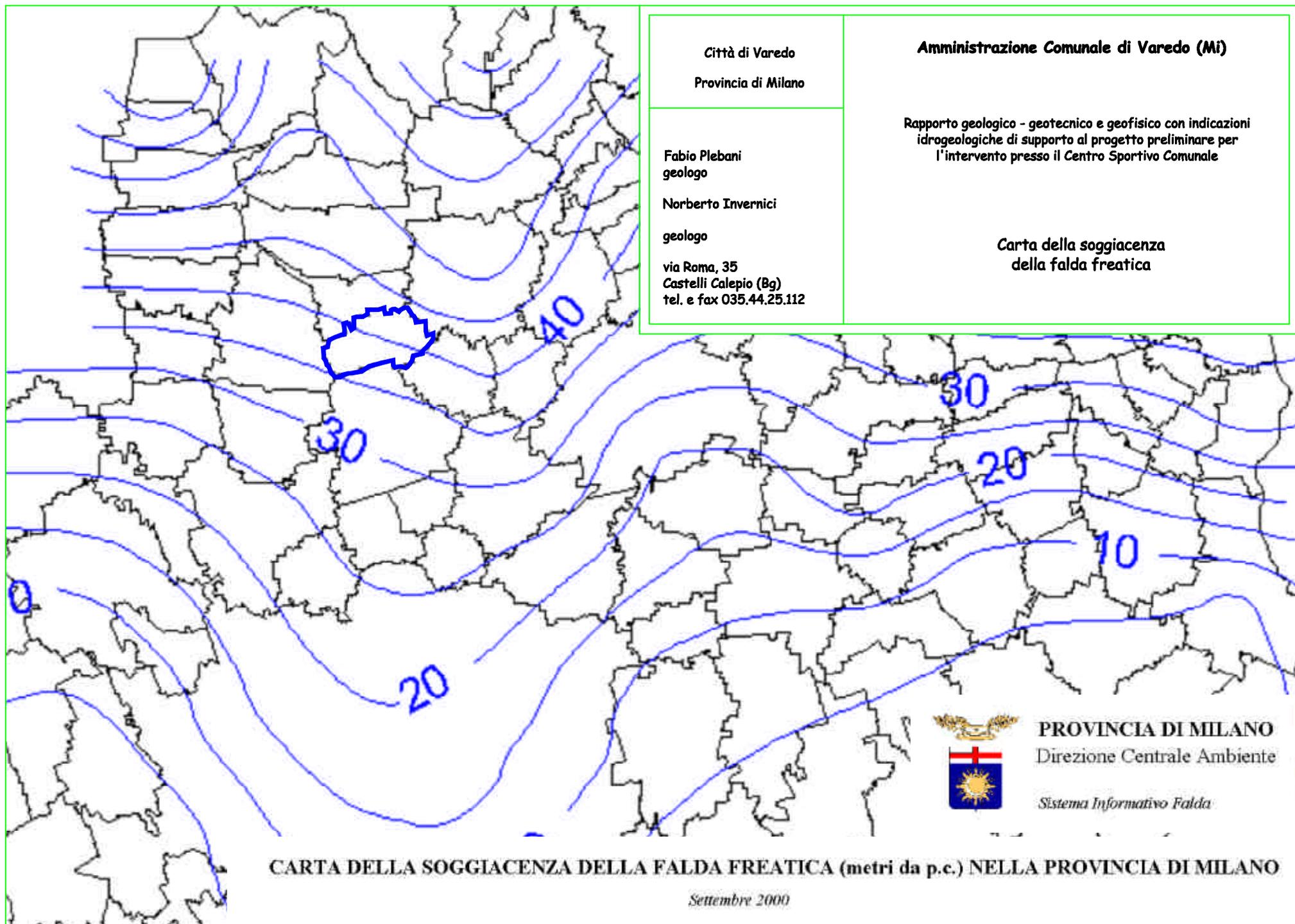
Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per
l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

Carta geologica

Legenda:

- | | |
|---|---|
|  | - Depositi fluviali terrazzati - Ghiaie, sabbie e limi (Olocene) |
|  | 5 Fluvioglaciale fluviale Wurm - Ghiaie e sabbie (Pleistocene Sup.) |
|  | c Fluvioglaciale fluviale e lacustre Riss - Ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (Pleistocene Med.) |





Città di Varedo
Provincia di Milano

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per
l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

**Carta della soggiacenza
della falda freatica**



PROVINCIA DI MILANO
Direzione Centrale Ambiente

Sistema Informativo Falda

CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA (metri da p.c.) NELLA PROVINCIA DI MILANO

Settembre 2000

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa.

La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto.

Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue spinte fino al rifiuto e n° 1 sondaggio elettrico verticale.

3.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica

Città di Varedo
Provincia di Milano

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per
l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:5.000

Legenda:

- P2 Prova penetrometrica P2
- Sev1 Sondaggio elettrico verticale 1



10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e Nspt è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare Nspt dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi		Terreni prevalentemente granulari	
N10/Nspt ≥ 0.7-0.8	per 8 ≤ N10 ≤ 14	N10/Nspt ≥ 0.95-1.0	per 8 ≤ N10 ≤ 15
N10/Nspt ≥ 0.8-1.0	per 14 ≤ N10 ≤ 18	N10/Nspt ≥ 1.0-1.2	per 15 ≤ N10 ≤ 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione N10/Nspt = 0.8

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche hanno riscontrato il rifiuto all'avanzamento alle seguenti profondità:

Massima profondità raggiunta			
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)	Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	6,30	2	5,50

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 1,5 - 2 m) a composizione limosa argillosa dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecniche:

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	12		10	
0,2	15		12	
0,3	5		4	
0,4	7		6	
0,5	5		4	
0,6	5		4	
0,7	4		3	
0,8	8		6	
0,9	4		3	
1	5		4	
1,1	3		2	
1,2	5		4	
1,3	4		3	
1,4	5		4	
1,5	9		7	
1,6	5		4	
1,7	8		6	
1,8	7		6	
1,9	5		4	
2	12		10	
2,1	18		14	
2,2	23		18	
2,3	21		17	
2,4	24		19	
2,5	21		17	
2,6	15		12	
2,7	18		14	
2,8	23		18	
2,9	24		19	
3	21		17	
3,1	25		20	
3,2	26		21	
3,3	27		22	
3,4	28		22	
3,5	31		25	
3,6	32		26	
3,7	21		17	
3,8	25		20	
3,9	24		19	
4	28		22	
4,1	26		21	
4,2	24		19	
4,3	25		20	
4,4	25		20	
4,5	26		21	

Data: Gennaio 2003

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	27		22	
4,7	26		21	
4,8	31		25	
4,9	32		26	
5	42		34	
5,1	41		33	
5,2	51		41	
5,3	33		26	
5,4	32		26	
5,5	41		33	
5,6	42		34	
5,7	45		36	
5,8	48		38	
5,9	42		34	
6	38		30	
6,1	39		31	
6,2	28		22	
6,3	75		60	

Data: Gennaio 2003

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

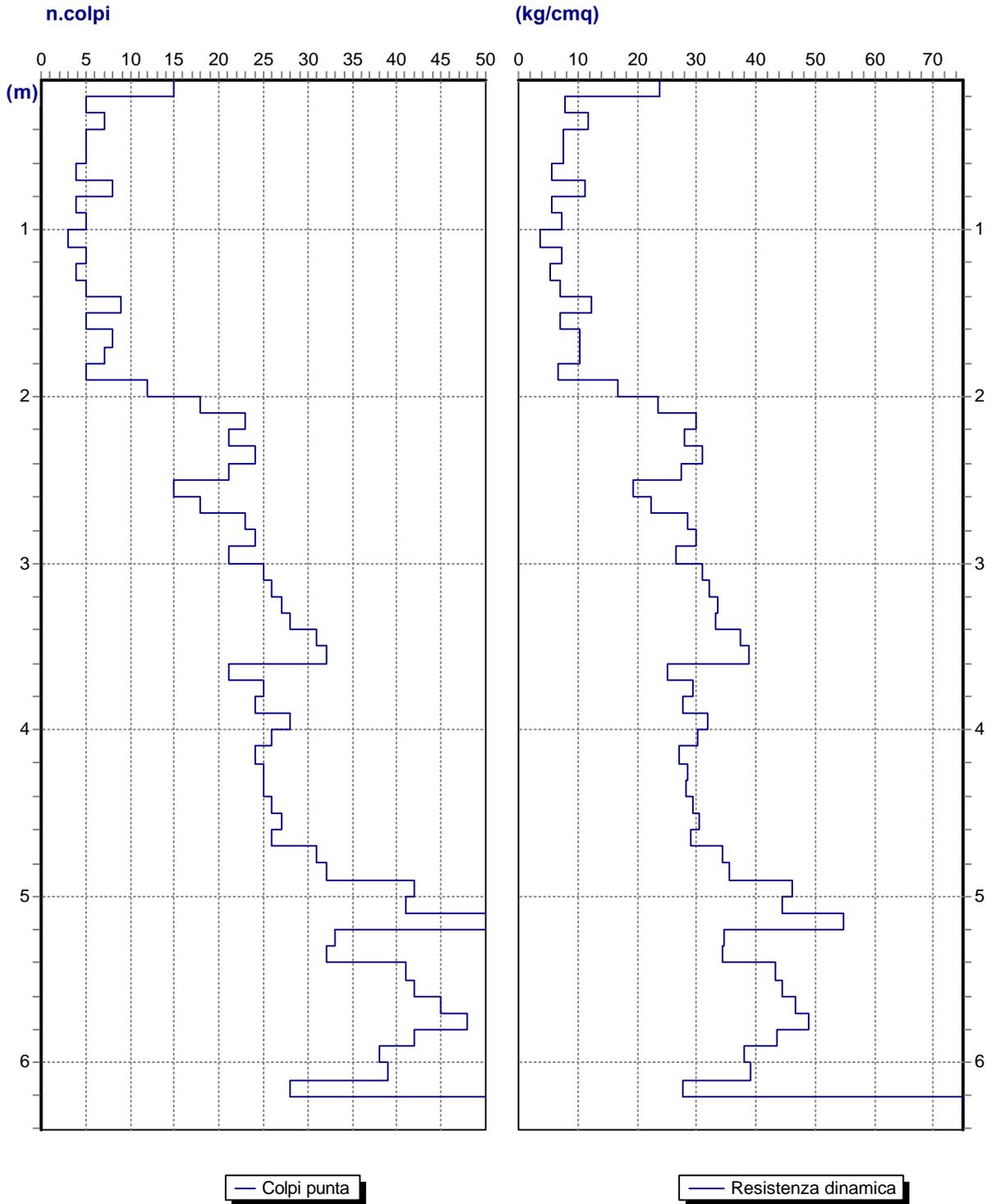
Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 2

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	11		9	
0,2	12		10	
0,3	12		10	
0,4	5		4	
0,5	5		4	
0,6	4		3	
0,7	6		5	
0,8	7		6	
0,9	8		6	
1	8		6	
1,1	7		6	
1,2	5		4	
1,3	6		5	
1,4	8		6	
1,5	4		3	
1,6	9		7	
1,7	12		10	
1,8	12		10	
1,9	14		11	
2	11		9	
2,1	8		6	
2,2	15		12	
2,3	15		12	
2,4	14		11	
2,5	16		13	
2,6	14		11	
2,7	15		12	
2,8	15		12	
2,9	17		14	
3	12		10	
3,1	15		12	
3,2	21		17	
3,3	24		19	
3,4	26		21	
3,5	21		17	
3,6	19		15	
3,7	25		20	
3,8	26		21	
3,9	24		19	
4	23		18	
4,1	35		28	
4,2	32		26	
4,3	31		25	
4,4	33		26	
4,5	36		29	

Data: Gennaio 2003

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	34		27	
4,7	25		20	
4,8	32		26	
4,9	38		30	
5	42		34	
5,1	36		29	
5,2	34		27	
5,3	38		30	
5,4	41		33	
5,5	75		60	

Data: Gennaio 2003

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

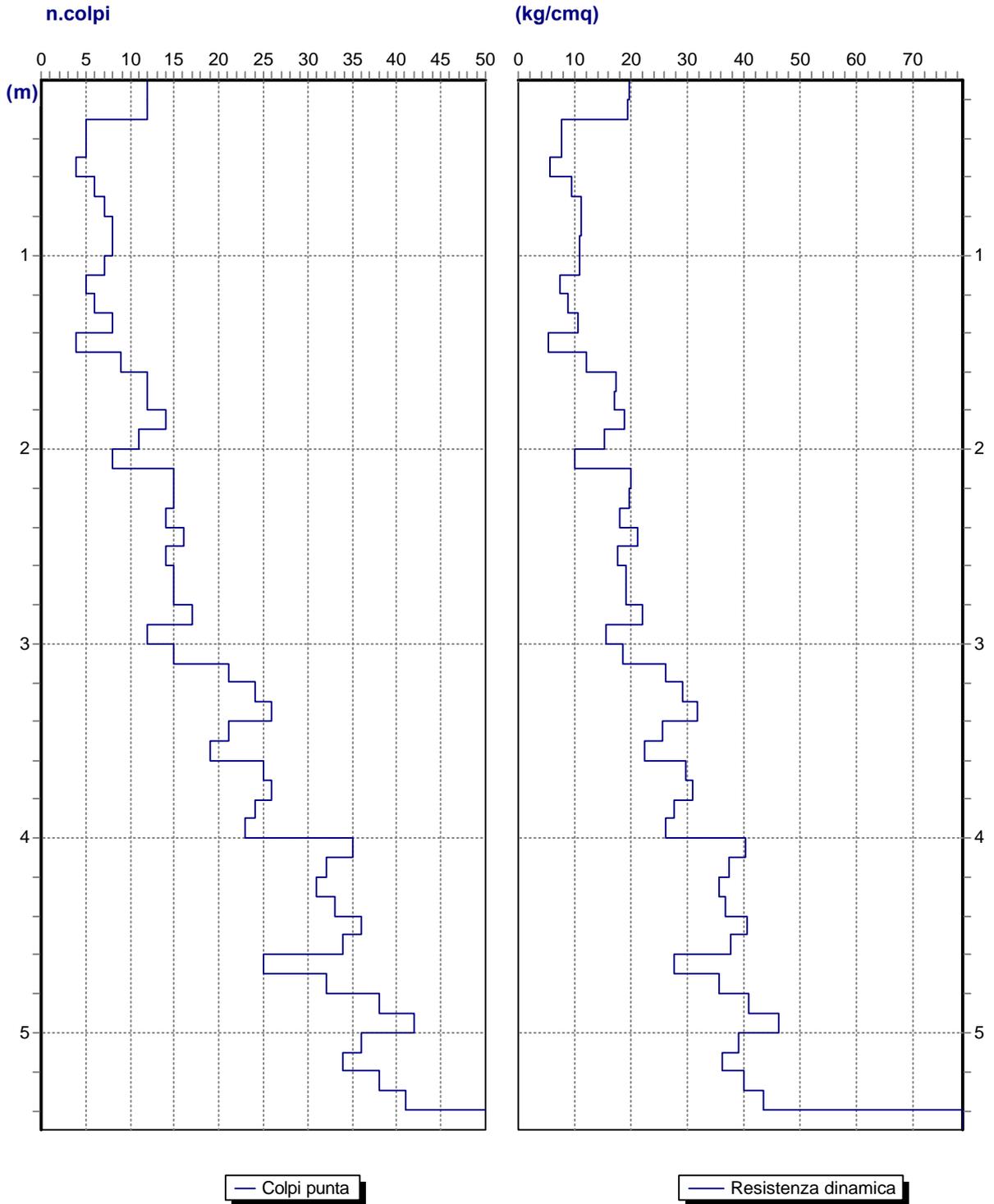
Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 2

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 1

Stratigrafia della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equiv.</i>	<i>Resist.dinam. (kg/cmq)</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Comport. meccanico</i>	<i>Correzione litologica</i>
2	5	8,42	Orizzonte eluviale	1	1
6,3	24	29,97	Ghiaia sabbiosa	0	1

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo

Profondità della falda (m): 0,0

Peso del maglio (kg): 30

Passo di lettura (cm): 10

Volata del maglio (cm): 20

Profondità di partenza (m): 0,1

Peso delle aste (kg): 2,9

Lunghezza della prova (m): 6,3

Diametro della punta (cm): 3,56

Fattore di correzione strumentale: 0,8

Data: Gennaio 2003

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
2	5	Orizzonte eluviale			1,76			0,34	23	0,8	491		0,08
6,3	24	Ghiaia sabbiosa	0,39	34	2,25	81	288				554	170	0,42

Profondità della falda (m): 0,0

Data: Gennaio 2003

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	5
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,7 t/m ³
Cu	0,34 Kg/cm ²
Eed	23 Kg/cm ²

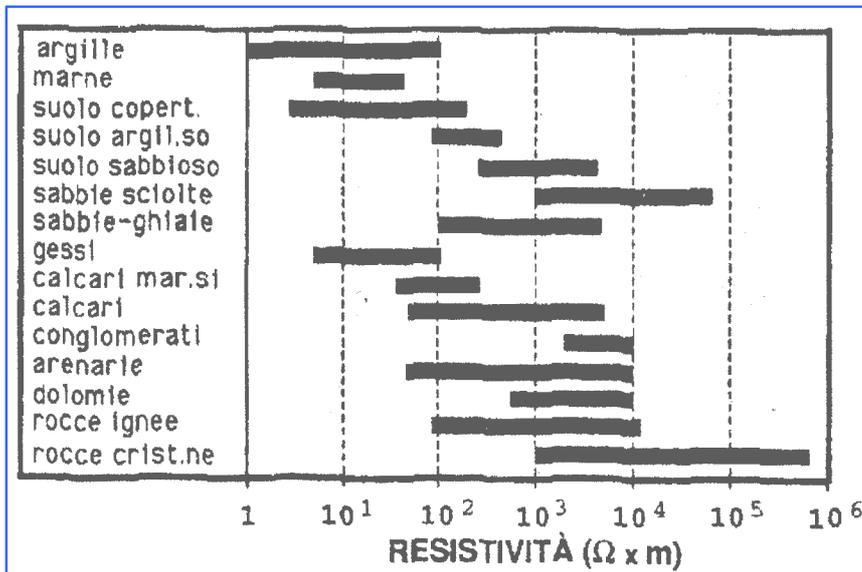
2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
ϕ' (cautelativo)	34 °
Gamma	2,2 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	288 Kg/cm ²

Nei calcoli geotecnici relativi alla capacità portante e ai cedimenti totali si sono considerati i valori cautelativi esposti nella tabella precedente ed è stata considerata una quota di imposta delle fondazioni a - 2 m da p.c.

3.2 Indagine geoelettrica

Per escludere la presenza anche oltre i 5 - 6 m da p.c., di livelli limoso argillosi continui, dotati di scadenti caratteristiche litotecniche, è stato eseguito n° 1 sondaggio elettrico verticale (S.E.V.), con AB/2 20 m, adottando il metodo del quadripolo di Schlumberger.

Il metodo geofisico adottato consente di discriminare, all'interno di una successione stratigrafica reale, gli orizzonti caratterizzati da un diverso valore di un importante parametro geofisico definito resistività elettrica apparente (elettrostratigrafica).



La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche delle formazioni litologiche che costituiscono la stratigrafia di una determinata

area d'indagine e può essere definita come "resistenza per unità di volume", o più semplicemente, come la maggiore o minore facilità che un terreno presenta ad essere attraversato da una corrente elettrica.

Sulla base di tale caratteristica i differenti litotipi possono venire classificati in base alla loro resistività apparente.

Ogni corpo roccioso è caratterizzato da uno spettro piuttosto ampio di variabilità dei valori di resistività apparente, in dipendenza di fattori molteplici legati al grado di alterazione, alla porosità, al diverso contenuto in acqua ecc.

Da tale regola si discostano le argille che, anche se disposte in orizzonti compatti, sono caratterizzate da valori di resistività apparente sempre molto bassi; tale peculiarità è da porre in relazione alla particolare struttura del reticolo cristallino che caratterizza i minerali di tali litotipi.

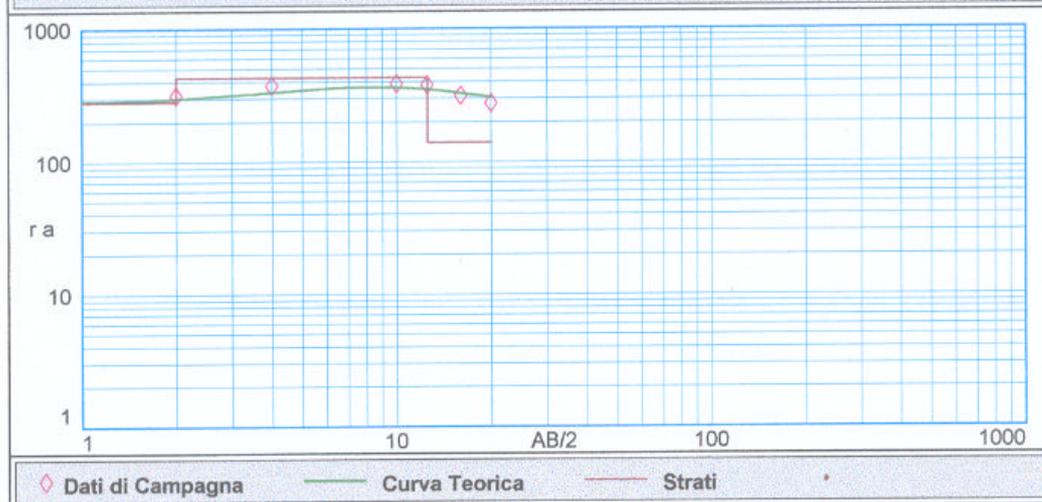
Il metodo di misura consiste nell'immissione di corrente elettrica continua nel terreno, attraverso due elettrodi esterni (A e B), simmetrici rispetto al centro del sondaggio, allineati su una retta passante per il centro del sondaggio stesso.

Area Campo Sportivo Comunale

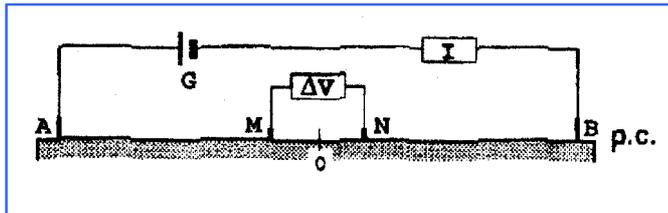
Sondaggio Elettrico Verticale N.1 Successione Electrostratigrafica Interpretata

Strato n.	Profond. (m)	Spessore (m)	Resistiv. (Ohm*m)	Probabile Litotipo
1	2,0	2,0	283,8	Ghiaia sabbiosa
2	12,5	10,5	430,2	Ghiaia sabbiosa ben addensata

Confronto Dati di Campagna - Curva Teorica - SEV n° 1



Due elettrodi interni (M e N) misurano invece la differenza di potenziale indotta nel suolo dal passaggio della corrente elettrica.



Lo strumento di misura impiegato è il Georistivimetro 16 GL prodotto dalla ditta PASI di Torino dotato di elevata

risoluzione e sensibilità (610 nVolt), con detrazione automatica del potenziale spontaneo del terreno e filtraggio dei "rumori" di fondo naturali, è in grado di fornire misure di elevata precisione e attendibilità.

L'esecuzione sul terreno del sondaggio elettrico verticale avviene misurando i valori

Litotipo	($\Omega \cdot m$)	Φ (%)
acqua	10 - 100	-
acqua di mare	2 - 3	-
arenarie	200 - 5000	7 - 30
argille	1 - 50	40 - 70
calcari	300 - 10000	2 - 30
detrito alluv.	50 - 1000	15 - 60
dolomie	500 - 10000	2 - 20
ghiaia e sabbia	70 - 700	30 - 60
graniti	1000 - 20000	0.2 - 0.8
marne	100 - 500	8 - 15
piroclastiti	50 - 600	15 - 60
rocce ignee	100 - 10000	3 - 10
suolo di copertura	10 - 200	60 - 90
tuffi	150 - 900	10 - 40

di tensione e di intensità di corrente corrispondenti a varie posizioni del quadripolo, i cui elettrodi sono

simmetricamente traslati rispetto al centro di misura, seguendo lo schema classico di Schlumberger per stendimenti pari ad $AB/2 = 20$ m.

Il volume di terreno direttamente indagato con tale metodo si estende fino alla profondità di circa $AB/4$, per cui, nel caso specifico, si possono considerare valori approssimativi di massima profondità di circa 10 m da p.c., tali da garantire l'analisi di tutto il volume di terreno direttamente coinvolto nel bulbo di pressione

trasmesso dalle strutture di fondazione. Man mano gli elettrodi esterni (AB) vengono spostati dal centro del sondaggio si investigano volumi di terreno (e quindi profondità da piano campagna) sempre più ampie, infatti maggiore è la distanza tra gli elettrodi maggiore è la penetrazione della corrente elettrica nel terreno. I parametri geoelettrici forniti dalle misure in sito vengono elaborati mediante un software appositamente dedicato che restituisce su un grafico, in scala bilogarithmica, la curva di resistività caratteristica dei terreni attraversati e la relativa interpretazione geoelettrica.

L'interpretazione geoelettrica della curva caratteristica è ottenuta per confronto automatico con una serie completa di curve teoriche caratteristiche precalcolate.

3.2.1 Risultati della prospezione geoelettrica

Le interpretazioni elettrostratigrafiche, riportate nelle tabelle e nei grafici relativi a I SEV eseguito, sono in accordo con i dati forniti dall'indagine geotecnica ed escludono la presenza, anche in profondità, di livelli limosi - argillosi.

La successione elettrostratigrafica interpretata dell'area indagata riflette l'ambiente deposizionale dei litotipi riconosciuti, mostrando la presenza di un primo orizzonte superficiale dotato di valori di resistività mediamente più bassi a cui segue in profondità una successione di ghiaie e/o ciottoli in matrice sabbiosa - limosa ed escludendo, almeno fino alle quote direttamente indagate, la presenza di livelli limosi argillosi continui di spessore significativo ai fini del presente lavoro.

3.3 Capacità portante e cedimenti

Sulla base della stima dei parametri geotecnici attribuiti ai differenti orizzonti attraversati è stato possibile pervenire alla stima della capacità portante delle fondazioni posate ad una quota media di - 2 m da p.c..

Committente: Amm. Com. di Varedo (Mi)

Località: Viale Brianza

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere:

Prova 1

Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cmq)</i>
2	5	Orizzonte eluviale	/
6,3	24	Ghiaia sabbiosa	2,4

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 2

Lunghezza della fondazione (m): 10

Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3

Metodo di calcolo: Parry

Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3

Data: Gennaio 2003

Per la stima della capacità portante delle fondazioni è stato utilizzato il metodo di Parry che si basa sulla seguente relazione :

$$Q_{amm}(KPa) = \frac{30N_{spt}}{F_s}$$

dove: F_s = coefficiente di sicurezza, di solito posto uguale a 3.

Dai calcoli eseguiti è emerso che posando le fondazioni entro l'orizzonte che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica sarà possibile ottenere valori di $Q_{amm} = 2,4 \text{ Kg/cmq}$.

3.4 Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

I cedimenti vengono calcolati con le relazioni proposte da Schmertmann (per gli strati incoerenti), passando attraverso la stima del modulo di deformazione o edometrico.

Il metodo di Schmertmann viene usato per calcolare il cedimento immediato e secondario di terreni incoerenti ed ha la seguente espressione:

$$S = C_1 C_2 Q \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{z_i}}{E_i} \cdot dH \right)$$

dove:

- Q = carico netto applicato sulla fondazione;
- C1 = $1 - 0.5(\sigma/Q)$, fattore correttivo per tenere conto dell'approfondimento della fondazione dove σ è la pressione efficace al piano di posa della fondazione ($C1 \geq 0.5$);
- C2 = $1 + 0.21 \log (T/0.1)$, fattore correttivo per tenere conto del cedimento secondario dove T è il tempo di calcolo del cedimento in anni;
- σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione;

- n = numero degli strati;
dH = spessore dello strato;
E_i = modulo di deformazione dello strato i-esimo;
I_{zi} = fattore d'influenza per tenere conto della diffusione del carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria della fondazione.

Dai calcoli eseguiti, illustrati nei grafici allegati, sono emersi valori dei cedimenti totali molto ridotti, ampiamente inferiori ai limiti tollerabili dalle strutture in c.a di progetto.

4.0 Conclusioni

Il presente rapporto si propone, sulla base degli elaborati predisposti a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazione ed elaborazioni eseguite, di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni. Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi presso il Centro Sportivo Comunale sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 2 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture di fondazione. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal p.c. Dai calcoli preliminari sono risultati valori medi di capacità portante ammissibile (a - 2 m da p.c.) pari a $Q_{amm} = 2 \text{ Kg/cm}^2$ e valori dei cedimenti totali e differenziali ampiamente contenuti entro i limiti massimi tollerabili dalle strutture

Città di Varedo (Mi)

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche
di supporto al progetto preliminare per l'intervento
presso il Centro Sportivo Comunale

in elevazione. Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito) per il corretto dimensionamento delle strutture di fondazione e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare. In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Castelli Calepio (Bg), 17 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani Geologo

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni compresi nell'area P.L.6 di proprietà
dell'Opera Pia delle Chiese e Case Parrocchiali Povere

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 24 Gennaio 2003



1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i risultati degli studi e delle indagini di carattere geologico - geotecnico, con indicazioni idrogeologiche, eseguite sui terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), compresi tra la Strada Vicinale dei Boschi e Via Lombardia, nei pressi del confine con il territorio comunale di Desio, a corredo del progetto preliminare di nuovo comparto residenziale nell'ambito del P.L. 6.

Lo studio e le indagini in sito eseguite, sono mirati a definire l'assetto geologico, idrogeologico e stratigrafico - litotecnico preliminare, dei terreni interessati dalle opere di progetto, in ottemperanza alle Leggi 2 Febbraio 1974, D.M. 21 Marzo 1981 e al Decreto 11 Marzo 1988, per definire la fattibilità dell'intervento in relazione al locale contesto geologico s.l. e per dotare gli Enti competenti, degli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'area di intervento è ubicata sui terreni siti a ovest del centro abitato di Varedo, in prossimità del limite con il territorio comunale di Desio

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente

Città di Varedo
Provincia di Milano

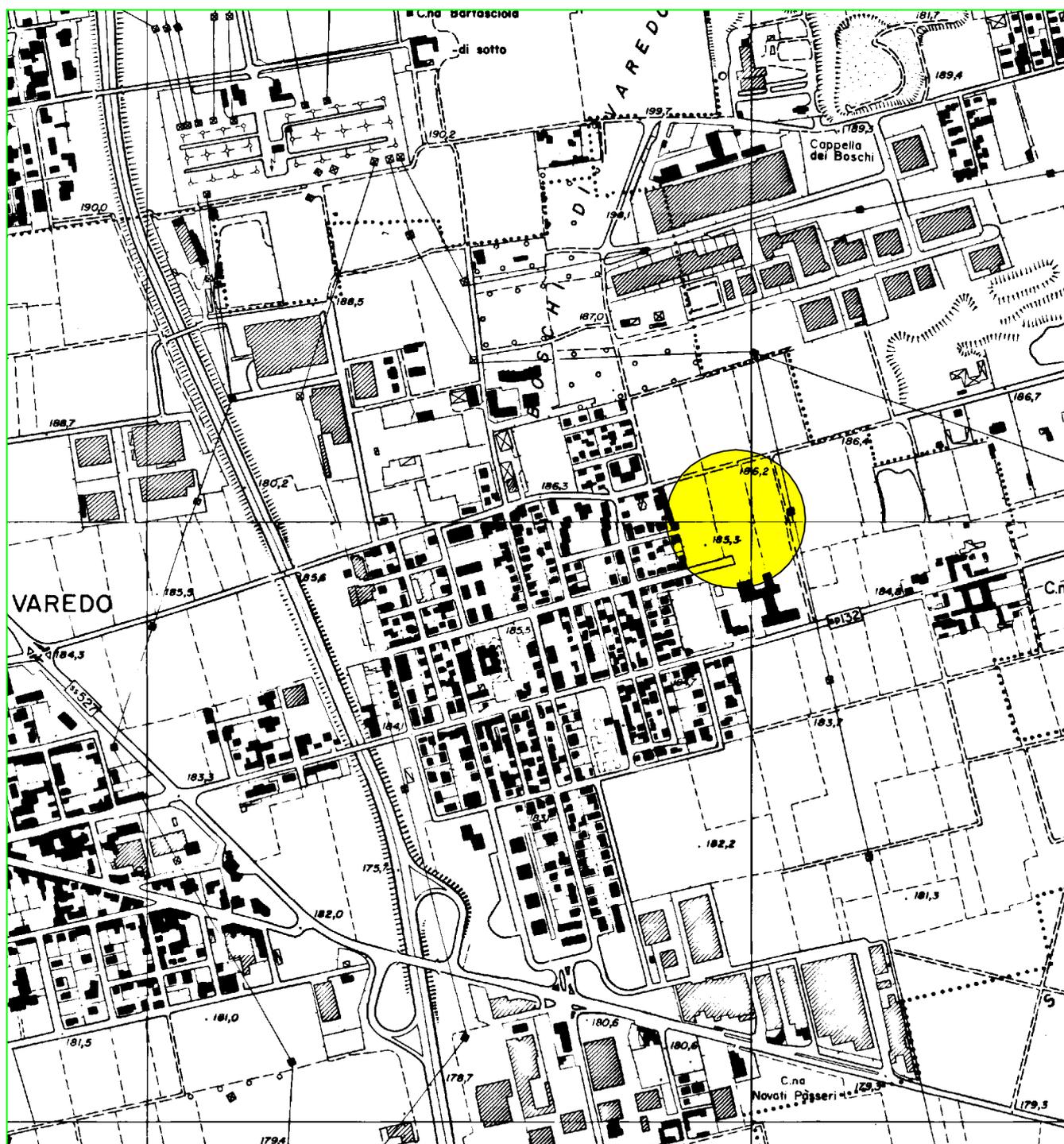
Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni compresi nell'area P.L.6 di proprietà
dell'Opera Pia delle Chiese e Case Parrocchiali Povere

Corografia CTR
Scala 1:10.000



limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto. Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue spinte fino al rifiuto.

Città di Varedo
Provincia di Milano

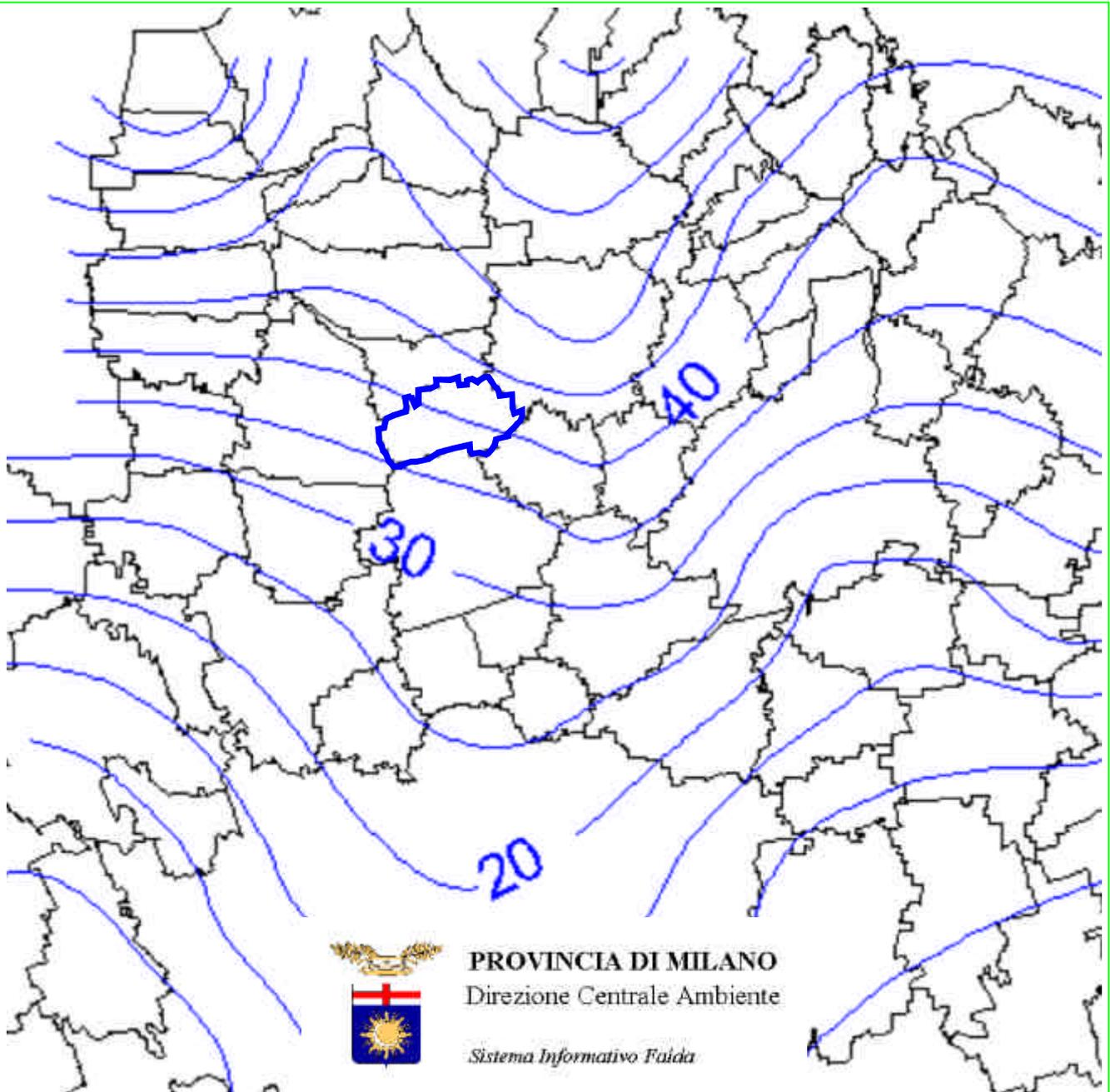
Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni compresi nell'area P.L.6 di proprietà
dell'Opera Pia delle Chiese e Case Parrocchiali Povere

Carta della soggiacenza
della falda freatica



CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA (metri da p.c.) NELLA PROVINCIA DI MILANO

Settembre 2000

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni compresi nell'area P.L.6 di proprietà
dell'Opera Pia delle Chiese e Case Parrocchiali Povere

Carta geologica

Legenda:

- | | | |
|---|---|---|
|  | - | Depositi fluviali terrazzati - Ghiaie, sabbie e limi (Olocene) |
|  | 5 | Fluvioglaciale fluviale Wurm - Ghiaie e sabbie (Pleistocene Sup.) |
|  | 6 | Fluvioglaciale fluviale e lacustre Riss - Ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (Pleistocene Med.) |



3.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e N_{spt} è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare N_{spt} dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Città di Varedo
Provincia di Milano

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche di supporto al progetto preliminare per
l'intervento presso il Centro Sportivo Comunale

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:2.500

Legenda:

P2 ● Prova penetrometrica P2



Terreni prevalentemente coesivi		Terreni prevalentemente granulari	
N10/Nspt \geq 0.7-0.8	per 8 \leq N10 \leq 14	N10/Nspt \geq 0.95-1.0	per 8 \leq N10 \leq 15
N10/Nspt \geq 0.8-1.0	per 14 \leq N10 \leq 18	N10/Nspt \geq 1.0-1.2	per 15 \leq N10 \leq 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione $N10/Nspt = 0.8$

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche hanno riscontrato il rifiuto all'avanzamento alle seguenti profondità:

Massima profondità raggiunta			
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)	Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	5,80	2	5,70

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	11		9	
0,2	12		10	
0,3	12		10	
0,4	11		9	
0,5	7		6	
0,6	5		4	
0,7	5		4	
0,8	22		18	
0,9	12		10	
1	12		10	
1,1	16		13	
1,2	12		10	
1,3	13		10	
1,4	8		6	
1,5	9		7	
1,6	10		8	
1,7	8		6	
1,8	5		4	
1,9	4		3	
2	6		5	
2,1	6		5	
2,2	8		6	
2,3	14		11	
2,4	12		10	
2,5	20		16	
2,6	15		12	
2,7	15		12	
2,8	21		17	
2,9	22		18	
3	21		17	
3,1	25		20	
3,2	24		19	
3,3	23		18	
3,4	24		19	
3,5	25		20	
3,6	26		21	
3,7	32		26	
3,8	31		25	
3,9	35		28	
4	31		25	
4,1	21		17	
4,2	24		19	
4,3	25		20	
4,4	26		21	
4,5	28		22	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

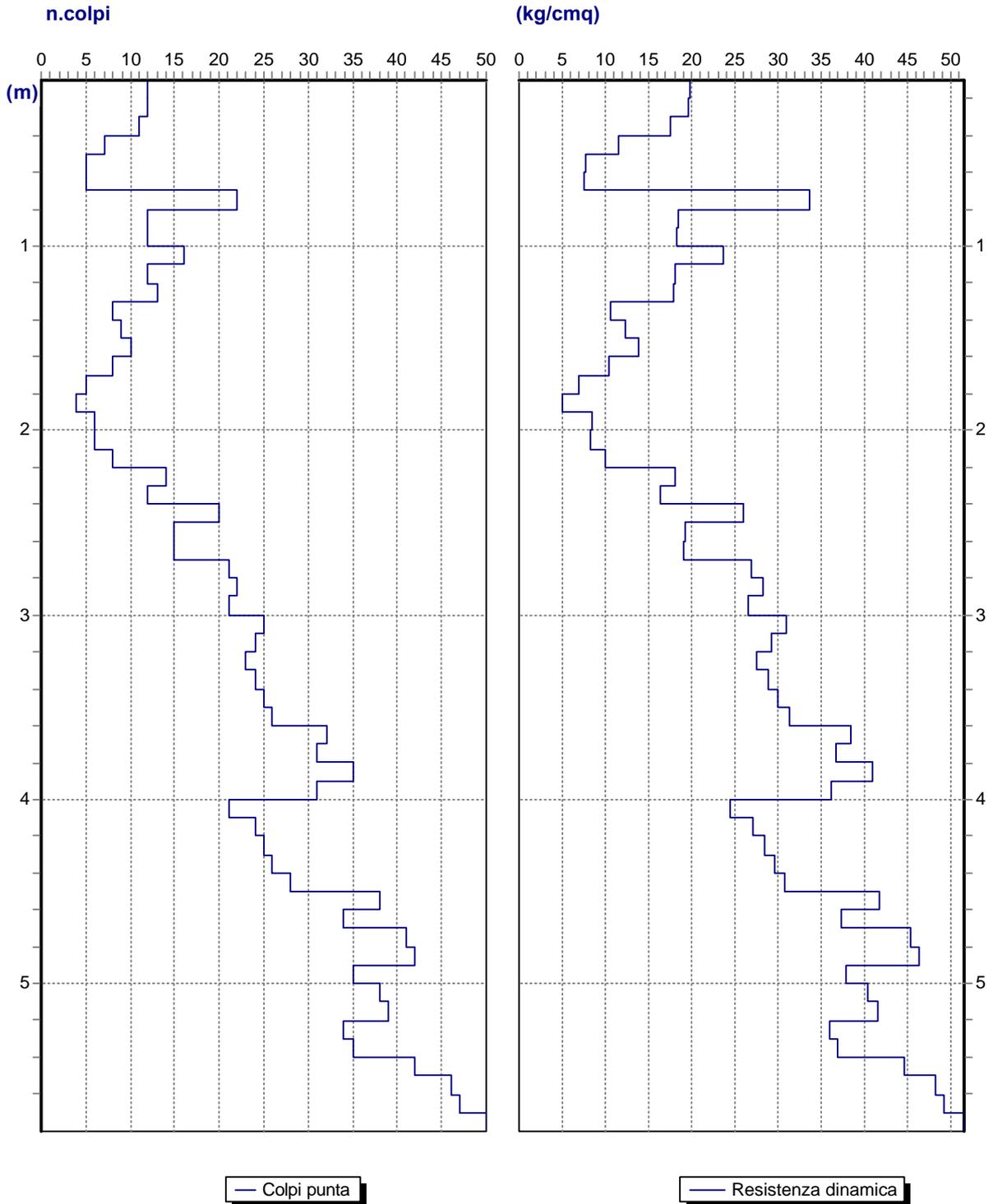
Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 2

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	10		8	
0,2	10		8	
0,3	8		6	
0,4	9		7	
0,5	5		4	
0,6	5		4	
0,7	6		5	
0,8	4		3	
0,9	5		4	
1	21		17	
1,1	21		17	
1,2	20		16	
1,3	20		16	
1,4	18		14	
1,5	12		10	
1,6	10		8	
1,7	11		9	
1,8	10		8	
1,9	8		6	
2	10		8	
2,1	21		17	
2,2	22		18	
2,3	25		20	
2,4	24		19	
2,5	21		17	
2,6	18		14	
2,7	16		13	
2,8	22		18	
2,9	23		18	
3	25		20	
3,1	24		19	
3,2	21		17	
3,3	24		19	
3,4	26		21	
3,5	21		17	
3,6	21		17	
3,7	22		18	
3,8	24		19	
3,9	25		20	
4	27		22	
4,1	31		25	
4,2	32		26	
4,3	32		26	
4,4	31		25	
4,5	34		27	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

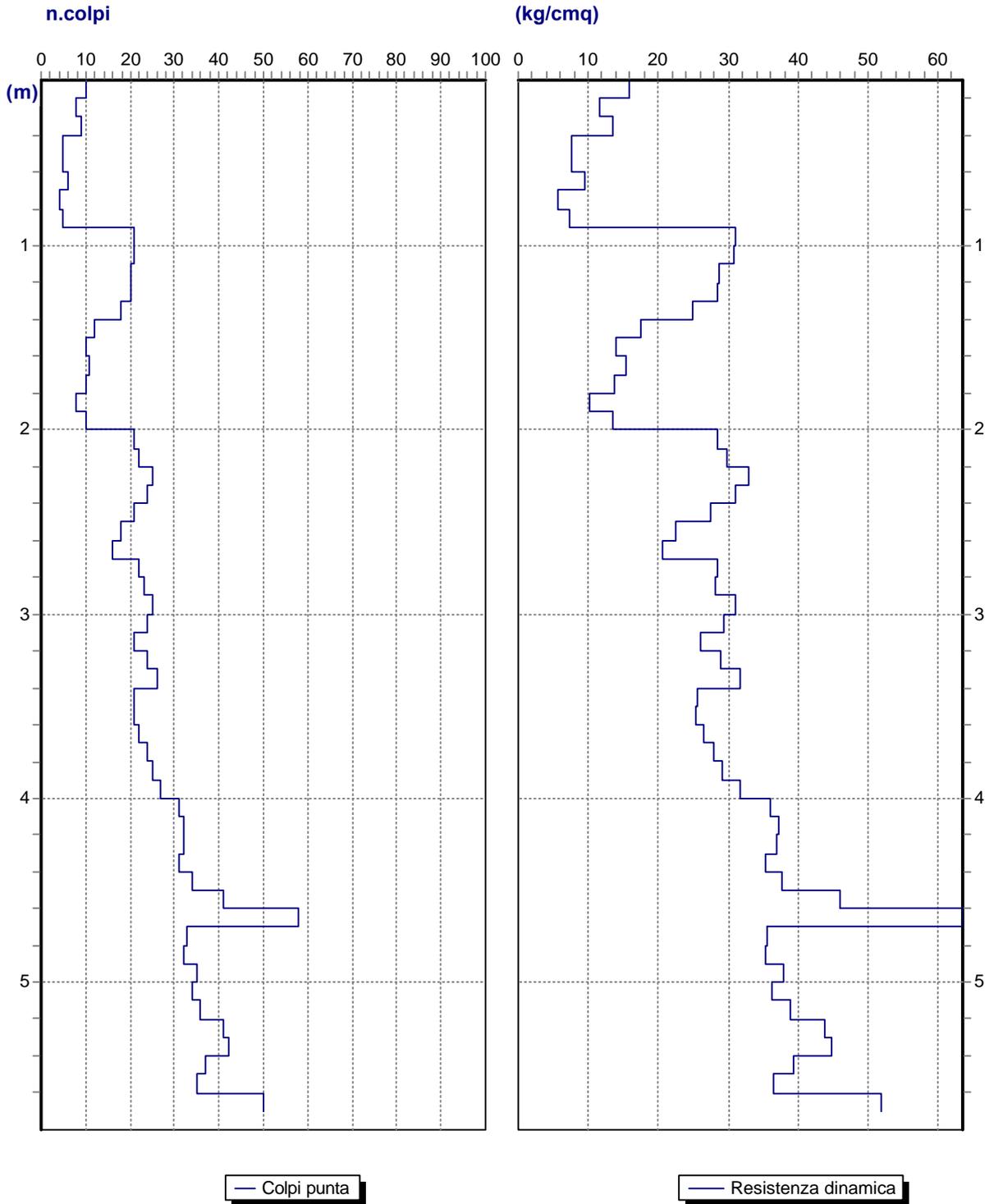
Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 2

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
2,2	8	Argilla limosa e ciottoli			1,86			0,54	36	0,4	709		0,2
5,8	24	Ghiaia lasbbiosa limosa	0,3	34	2,03	67	202				554	170	0,77

Profondità della falda (m): 35,0

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 1

Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cmq)</i>
2,2	8	Argilla limosa e ciottoli	0
5,8	24	Ghiaia sabbiosa limosa	2,4

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 2,5

Lunghezza della fondazione (m): 10

Coefficiente di sicurezza strati coesivi:

Metodo di calcolo: Parry

Coefficiente di sicurezza strati incoerenti:

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	41		33	
4,7	58		46	
4,8	33		26	
4,9	32		26	
5	35		28	
5,1	34		27	
5,2	36		29	
5,3	41		33	
5,4	42		34	
5,5	37		30	
5,6	35		28	
5,7	50		40	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	38		30	
4,7	34		27	
4,8	41		33	
4,9	42		34	
5	35		28	
5,1	38		30	
5,2	39		31	
5,3	34		27	
5,4	35		28	
5,5	42		34	
5,6	46		37	
5,7	47		38	
5,8	50		40	

Data: Gennaio 2003

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	8
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,85 t/m ³
Cu	0,54 Kg/cm ²
Eed	36 Kg/cm ²

2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
ϕ' (cautelativo)	34 °
Gamma	2 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	202 Kg/cm ²

Nei calcoli geotecnici relativi alla capacità portante e ai cedimenti totali si sono considerati i valori cautelativi esposti nella tabella precedente ed è stata considerata una quota di imposta delle fondazioni a - 2,5 m da p.c.

3.3 Capacità portante e cedimenti

Sulla base della stima dei parametri geotecnici, attribuiti ai differenti orizzonti attraversati, è stato possibile pervenire alla stima della capacità portante delle fondazioni posate ad una quota media di - 2,5 m da p.c..

Per la stima della capacità portante delle fondazioni è stato utilizzato il metodo di Parry che si basa sulla seguente relazione :

$$Q_{amm}(KPa) = \frac{30N_{spt}}{F_s}$$

dove: F_s = coefficiente di sicurezza, di solito posto uguale a 3.

Dai calcoli eseguiti è emerso che posando le fondazioni entro l'orizzonte che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica sarà possibile ottenere valori di $Q_{amm} = 2,4 \text{ Kg/cmq}$.

3.4 Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

I cedimenti vengono calcolati con le relazioni proposte da Schmertmann (per gli strati incoerenti), passando attraverso la stima del modulo di deformazione o edometrico.

Il metodo di Schmertmann viene usato per calcolare il cedimento immediato e secondario di terreni incoerenti ed ha la seguente espressione:

$$S = C_1 C_2 Q \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{z_i}}{E_i} \cdot dH \right)$$

dove:

- Q = carico netto applicato sulla fondazione;
- C1 = $1 - 0.5(\sigma/Q)$, fattore correttivo per tenere conto dell'approfondimento della fondazione dove σ è la pressione efficace al piano di posa della fondazione ($C1 \geq 0.5$);
- C2 = $1 + 0.21 \log (T/0.1)$, fattore correttivo per tenere conto del cedimento secondario dove T è il tempo di calcolo del cedimento in anni;
- σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione;

- n = numero degli strati;
dH = spessore dello strato;
E_i = modulo di deformazione dello strato i-esimo;
I_{zi} = fattore d'influenza per tenere conto della diffusione del carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria della fondazione.

Dai calcoli eseguiti, illustrati nei grafici allegati, sono emersi valori dei cedimenti totali molto ridotti, ampiamente inferiori ai limiti tollerabili dalle strutture in c.a di progetto.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazioni, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi nell'area del previsto P.L. 6 sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 2 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture di fondazione. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal .p.c.

Dai calcoli preliminari sono risultati valori medi di capacità portante ammissibile (a - 2,5 m da p.c.) pari a $Q_{amm} = 2 \text{ Kg/cm}^2$ e valori dei cedimenti totali e differenziali ampiamente contenuti entro i limiti massimi tollerabili dalle strutture in elevazione. Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito) per il corretto dimensionamento delle strutture di fondazione, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

Città di Varedo (Mi)

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni compresi nell'area P.L.6 di proprietà
dell'Opera Pia delle Chiese e Case Parrocchiali Povere

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Castelli Calepio (Bg), 24 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani Geologo

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Pastrengo, interessati dal
progetto di realizzazione nuovo PL commerciale

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 24 Gennaio 2003



1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i risultati degli studi e delle indagini di carattere geologico - geotecnico, con indicazioni idrogeologiche, eseguite sui terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), in via Pastrengo, a corredo del progetto preliminare di nuovo comparto residenziale commerciale.

Lo studio e le indagini in sito eseguite, sono mirati a definire l'assetto geologico, idrogeologico e stratigrafico - litotecnico preliminare, dei terreni interessati dalle opere di progetto, in ottemperanza alle Leggi 2 Febbraio 1974, D.M. 21 Marzo 1981 e al Decreto 11 Marzo 1988, per definire la fattibilità dell'intervento in relazione al locale contesto geologico s.l. e per dotare gli Enti competenti, degli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio

comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto. Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue spinte fino al rifiuto, e n° 2 Sev (sondaggi elettrivi verticali).

3.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

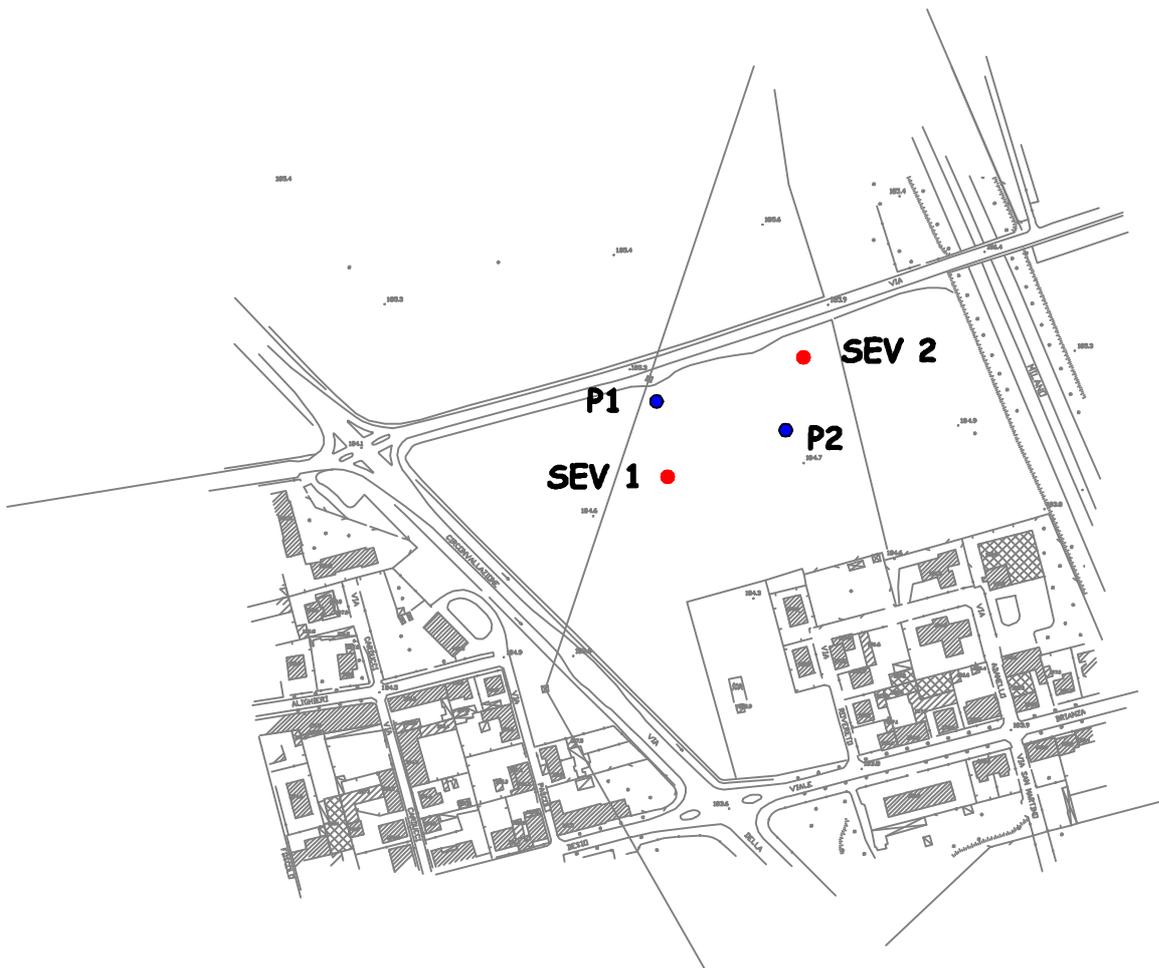
via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Pastrengo, interessati
dal progetto di realizzazione nuovo PL commerciale

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:5.000

Legenda:

- P1** ● Prova penetrometrica P1
SEV 1 ● Sondaggio elettrico verticale 1



litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e N_{spt} è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare N_{spt} dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi		Terreni prevalentemente granulari	
N10/N _{spt} ≥ 0.7-0.8	per 8 ≤ N10 ≤ 14	N10/N _{spt} ≥ 0.95-1.0	per 8 ≤ N10 ≤ 15
N10/N _{spt} ≥ 0.8-1.0	per 14 ≤ N10 ≤ 18	N10/N _{spt} ≥ 1.0-1.2	per 15 ≤ N10 ≤ 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione N10/N_{spt} = 0.8

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche hanno riscontrato il rifiuto all'avanzamento alle seguenti profondità:

Massima profondità raggiunta			
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)	Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	5,20	2	5,40

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	8
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,9 t/m ³
Cu	0,7 Kg/cm ²
Eed	50 Kg/cm ²

2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
ϕ' (cautelativo)	34 °
Gamma	2 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	192 Kg/cm ²

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Pastrengo - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Pa1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	6		5	
0,2	6		5	
0,3	3		2	
0,4	7		6	
0,5	7		6	
0,6	10		8	
0,7	10		8	
0,8	9		7	
0,9	17		14	
1	12		10	
1,1	9		7	
1,2	10		8	
1,3	14		11	
1,4	10		8	
1,5	20		16	
1,6	14		11	
1,7	16		13	
1,8	20		16	
1,9	21		17	
2	24		19	
2,1	21		17	
2,2	19		15	
2,3	23		18	
2,4	25		20	
2,5	24		19	
2,6	25		20	
2,7	26		21	
2,8	32		26	
2,9	35		28	
3	32		26	
3,1	31		25	
3,2	29		23	
3,3	28		22	
3,4	24		19	
3,5	25		20	
3,6	26		21	
3,7	32		26	
3,8	32		26	
3,9	31		25	
4	41		33	
4,1	42		34	
4,2	35		28	
4,3	32		26	
4,4	38		30	
4,5	34		27	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

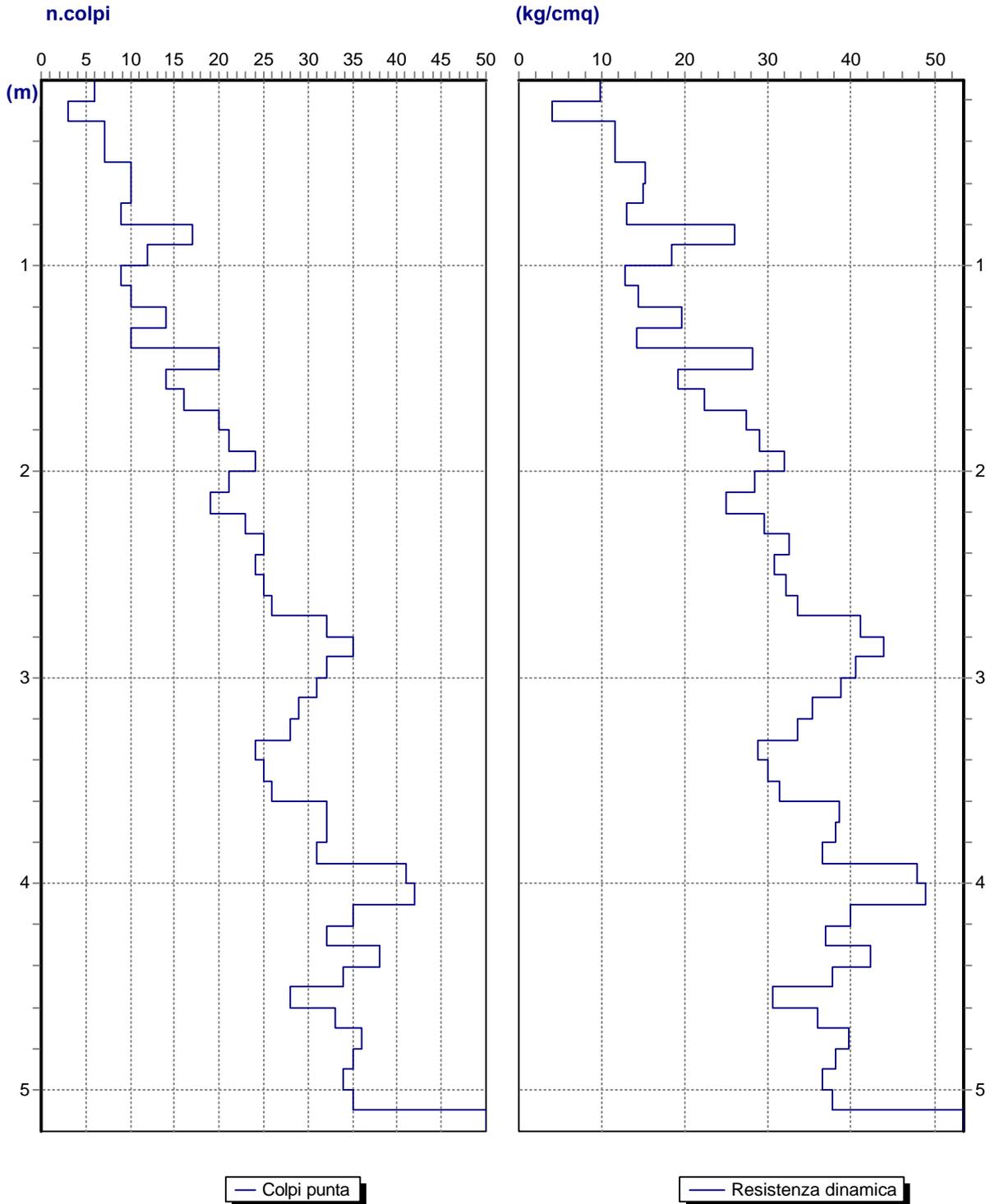
Località: Via Pastrengo - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Pa1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	28		22	
4,7	33		26	
4,8	36		29	
4,9	35		28	
5	34		27	
5,1	35		28	
5,2	50		40	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Pastrengo - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Pa1

Prova 2

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	5		4	
0,2	5		4	
0,3	4		3	
0,4	4		3	
0,5	7		6	
0,6	5		4	
0,7	5		4	
0,8	6		5	
0,9	9		7	
1	11		9	
1,1	12		10	
1,2	5		4	
1,3	8		6	
1,4	8		6	
1,5	9		7	
1,6	12		10	
1,7	14		11	
1,8	12		10	
1,9	15		12	
2	18		14	
2,1	19		15	
2,2	21		17	
2,3	21		17	
2,4	22		18	
2,5	21		17	
2,6	24		19	
2,7	25		20	
2,8	25		20	
2,9	24		19	
3	26		21	
3,1	23		18	
3,2	24		19	
3,3	21		17	
3,4	23		18	
3,5	28		22	
3,6	29		23	
3,7	30		24	
3,8	32		26	
3,9	32		26	
4	31		25	
4,1	32		26	
4,2	21		17	
4,3	25		20	
4,4	24		19	
4,5	26		21	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	29		23	
4,7	33		26	
4,8	32		26	
4,9	35		28	
5	34		27	
5,1	32		26	
5,2	31		25	
5,3	32		26	
5,4	50		40	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

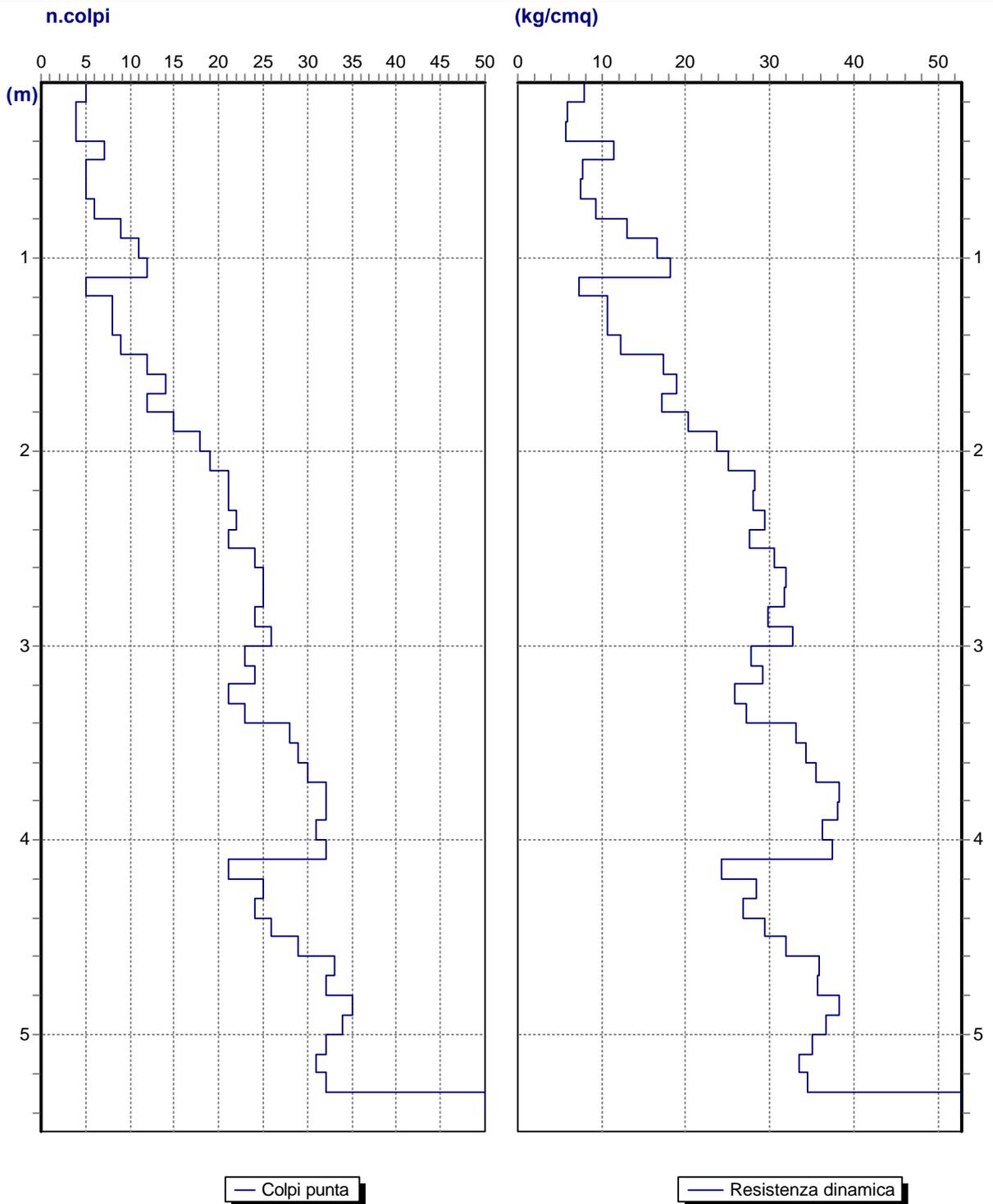
Località: Via Pastrengo - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Pa1

Prova 2

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 2

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
2	11	Argilla limosa			1,93			0,74	50	0,7	909		0,19
5,7	24	Ghiaia limosa	0,31	34	2,03	68	192				554	170	0,76

Profondità della falda (m): 35,0

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Lombardia - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Lo1

Prova 2

Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cmq)</i>
2	11	Argilla limosa	1,1
5,7	24	Ghiaia limosa	2,4

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 2,5

Lunghezza della fondazione (m): 10

Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3

Metodo di calcolo: Parry

Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3

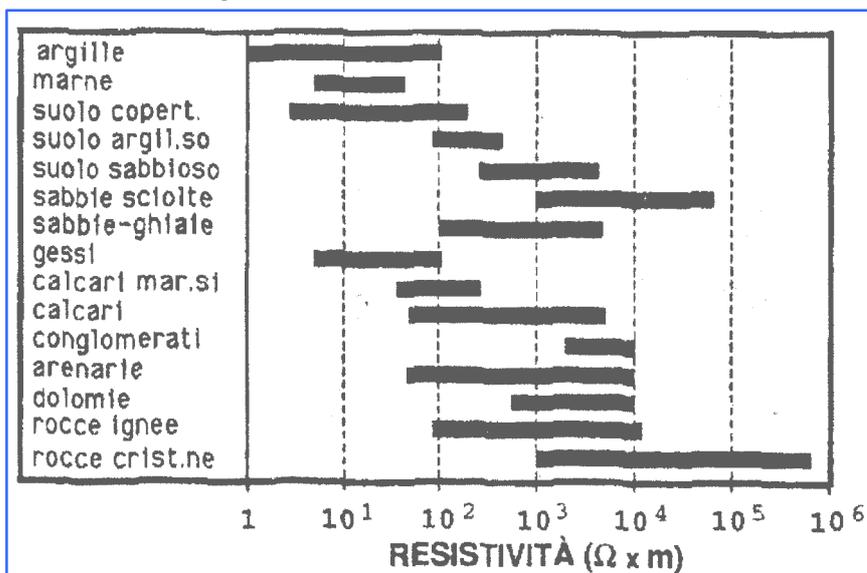
Data: Gennaio 2003

Nei calcoli geotecnici relativi alla capacità portante e ai cedimenti totali si sono considerati i valori cautelativi esposti nella tabella precedente ed è stata considerata una quota di imposta delle fondazioni a - 2,5 m da p.c.

3.2 Indagine geoelettrica

Per definire la successione stratigrafica puntuale dei terreni oggetto di studio sono stati eseguiti n° 2 sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), con AB/2 20 m, adottando il metodo del quadripolo di Schlumberger.

Il metodo geofisico adottato consente di discriminare, all'interno di una successione



stratigrafica reale, gli orizzonti caratterizzati da un diverso valore di un importante parametro geofisico definito resistività elettrica apparente

(elettrostratigrafica).

La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche delle formazioni litologiche che costituiscono la stratigrafia di una determinata area d'indagine e può essere definita come "resistenza per unità di volume", o più semplicemente, come la maggiore o minore facilità che un terreno presenta ad essere attraversato da una corrente elettrica.

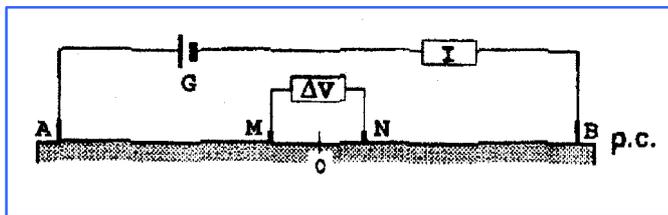
Sulla base di tale caratteristica i differenti litotipi possono venire classificati in base alla loro resistività apparente.

Ogni corpo roccioso è caratterizzato da uno spettro piuttosto ampio di variabilità dei valori di resistività apparente, in dipendenza di fattori molteplici legati al grado di alterazione, alla porosità, al diverso contenuto in acqua ecc.

Da tale regola si discostano le argille che, anche se disposte in orizzonti compatti, sono caratterizzate da valori di resistività apparente sempre molto bassi; tale peculiarità è da porre in relazione alla particolare struttura del reticolo cristallino che caratterizza i minerali di tali litotipi.

Il metodo di misura consiste nell'immissione di corrente elettrica continua nel terreno, attraverso due elettrodi esterni (A e B), simmetrici rispetto al centro del sondaggio, allineati su una retta passante per il centro del sondaggio stesso.

Due elettrodi interni (M e N) misurano invece la differenza di potenziale indotta nel suolo dal passaggio della corrente elettrica.



Lo strumento di misura impiegato è il Georistivimetro 16 GL prodotto dalla ditta PASI di Torino dotato di elevata

risoluzione e sensibilità (610 nVolt), con detrazione automatica del potenziale spontaneo del terreno e filtraggio dei "rumori" di fondo naturali, è in grado di fornire misure di elevata precisione e attendibilità.

L'esecuzione sul terreno del sondaggio elettrico verticale avviene misurando i valori

Litotipo	($\Omega \cdot m$)	ϕ (%)
acqua	10 - 100	-
acqua di mare	2 - 3	-
arenarie	200 - 5000	7 - 30
argille	1 - 50	40 - 70
calcari	300 - 10000	2 - 30
detrito alluv.	50 - 1000	15 - 60
dolomie	500 - 10000	2 - 20
ghiaia e sabbia	70 - 700	30 - 60
graniti	1000 - 20000	0.2 - 0.8
marne	100 - 500	8 - 15
piroclastiti	50 - 600	15 - 60
rocce ignee	100 - 10000	3 - 10
suolo di copertura	10 - 200	60 - 90
tuffi	150 - 900	10 - 40

di tensione e
di intensità di
corrente
corrispondenti
a varie
posizioni del
quadripolo, i
cui elettrodi
sono

simmetricamente traslati rispetto al centro di misura, seguendo lo schema classico di Schlumberger per stendimenti pari ad $AB/2 = 20$ m.

Il volume di terreno direttamente indagato con tale metodo si estende fino alla profondità di circa $AB/4$, per cui, nel caso specifico, si possono considerare valori approssimativi di massima profondità di circa 10 m da p.c., tali da garantire l'analisi di tutto il volume di terreno direttamente coinvolto nel bulbo di pressione trasmesso dalle strutture di fondazione.

Man mano gli elettrodi esterni (AB) vengono spostati dal centro del sondaggio si investigano volumi di terreno (e quindi profondità da piano campagna) sempre più ampie, infatti maggiore è la distanza tra gli elettrodi maggiore è la penetrazione della corrente elettrica nel terreno.

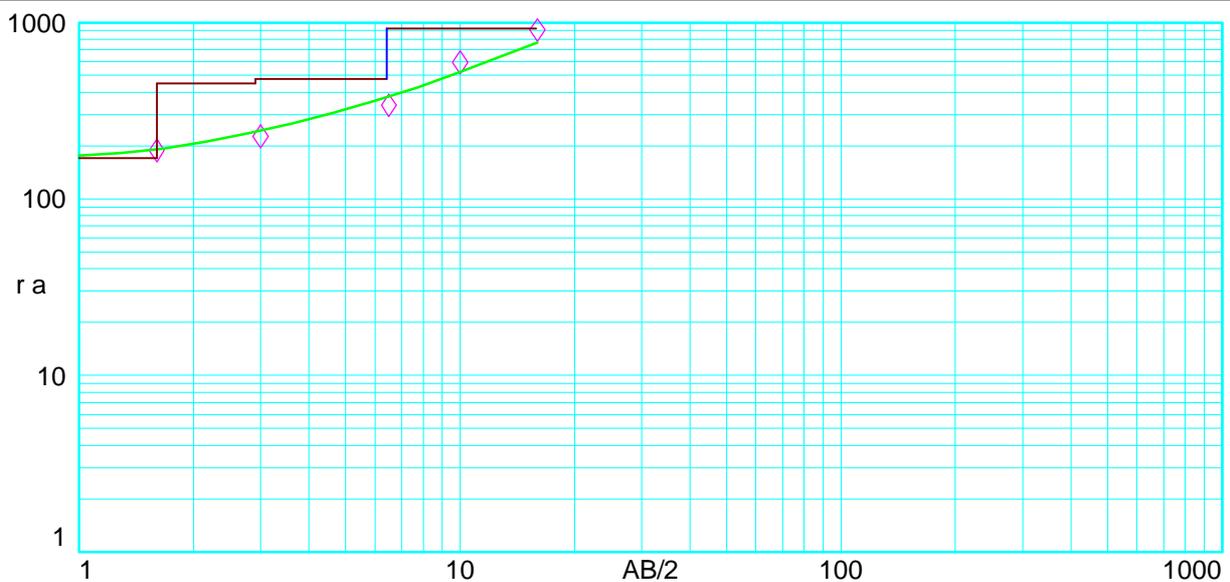
I parametri geoelettrici forniti dalle misure in sito vengono elaborati mediante un software appositamente dedicato che restituisce su un grafico, in scala bilogarithmica, la curva di resistività caratteristica dei terreni attraversati e la relativa interpretazione geoelettrica.

L'interpretazione geoelettrica della curva caratteristica è ottenuta per confronto automatico con una serie completa di curve teoriche caratteristiche precalcolate.

Sondaggio Elettrico Verticale N.1 Successione Electrostratigrafica Interpretata

Strato n.	Profond. (m)	Spessore (m)	Resistiv. (Ohm*m)	Probabile Litotipo
1	1,6	1,6	169,4	Orizzonte aerato
2	2,9	1,3	450,3	Ghiaia limosa
3	6,4	3,5	478,5	Ghiaia limosa
4	Indefinita	Indefinito		

Confronto Dati di Campagna - Curva Teorica - SEV n° 1

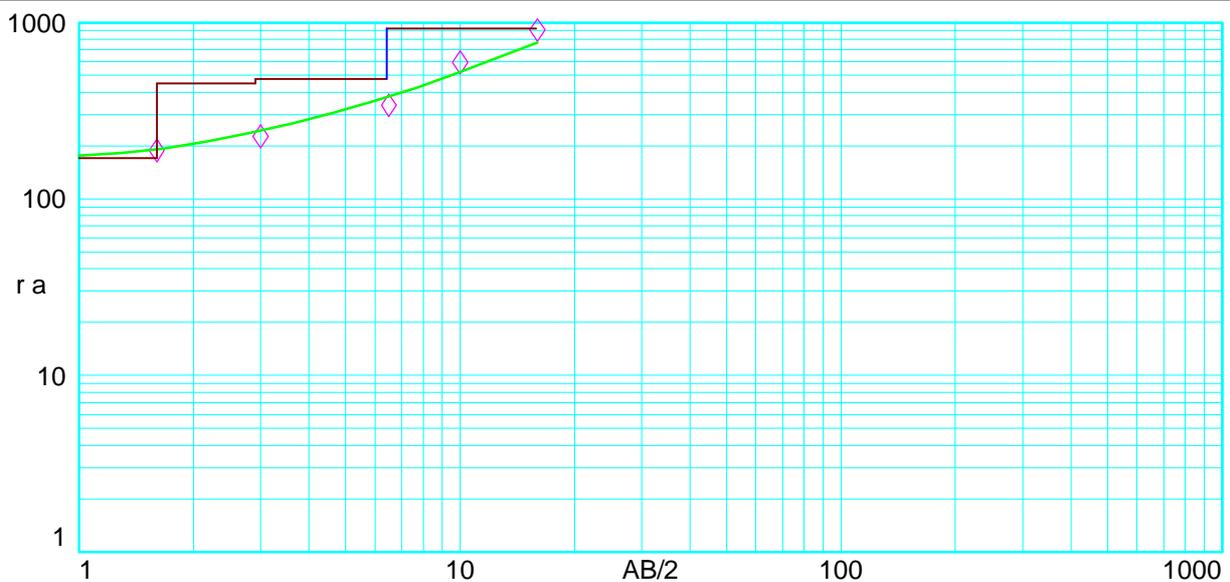


◆ Dati di Campagna
 — Curva Teorica
 — Strati

Sondaggio Elettrico Verticale N.2 Successione Electrostratigrafica Interpretata

Strato n.	Profond. (m)	Spessore (m)	Resistiv. (Ohm*m)	Probabile Litotipo
1	1,5	1,5	178,5	Orizzonte aerato
2	3,1	1,6	485,2	Ghiaia limosa
3	7,3	4,2	493,1	Ghiaia limosa
4	Indefinita	Indefinito		

Confronto Dati di Campagna - Curva Teorica - SEV n° 2



◆ Dati di Campagna
 — Curva Teorica
 — Strati

3.2.1 Risultati della prospezione geoelettrica

Le interpretazioni elettrostratigrafiche, riportate nelle tabelle e nei grafici relativi a ciascun log elettrico eseguito, sono in accordo tra loro e con i dati forniti dall'indagine geotecnica.

La successione elettrostratigrafica interpretata dell'area indagata riflette l'ambiente deposizionale dei litotipi riconosciuti, mostrando la presenza di un primo orizzonte superficiale dotato di valori di resistività mediamente più bassi (limi e limi argillosi con rari ciottoli) a cui segue in profondità una successione di ghiaie e/o ciottoli in matrice limosa ed escludendo, almeno fino alle quote direttamente indagate, la presenza di livelli limosi argillosi continui di spessore significativo ai fini del presente lavoro.

Le curve sperimentali dei due SEV sono pressochè sovrapponibili e mostrano la tendenza ad un aumento di resistività con la profondità, per la probabile presenza di livelli più addensati e/o orizzonti parzialmente cementati.

3.3 Capacità portante e cedimenti

Sulla base della stima dei parametri geotecnici, attribuiti ai differenti orizzonti attraversati, è stato possibile pervenire alla stima della capacità portante delle fondazioni posate ad una quota media di - 2,5 m da p.c..

Per la stima della capacità portante delle fondazioni è stato utilizzato il metodo di Parry che si basa sulla seguente relazione :

$$Q_{amm}(KPa) = \frac{30N_{spt}}{F_s}$$

dove: F_s = coefficiente di sicurezza, di solito posto uguale a 3.

Dai calcoli eseguiti è emerso che posando le fondazioni entro l'orizzonte che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica sarà possibile ottenere valori di $Q_{amm} = 2,4 \text{ Kg/cmq}$.

3.4 Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

I cedimenti vengono calcolati con le relazioni proposte da Schmertmann (per gli strati incoerenti), passando attraverso la stima del modulo di deformazione o edometrico.

Il metodo di Schmertmann viene usato per calcolare il cedimento immediato e secondario di terreni incoerenti ed ha la seguente espressione:

$$S = C_1 C_2 Q \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{z_i}}{E_i} \cdot dH \right)$$

dove:

- Q = carico netto applicato sulla fondazione;
- C1 = $1 - 0.5(\sigma/Q)$, fattore correttivo per tenere conto dell'approfondimento della fondazione dove σ è la pressione efficace al piano di posa della fondazione ($C1 \geq 0.5$);
- C2 = $1 + 0.21 \log (T/0.1)$, fattore correttivo per tenere conto del cedimento secondario dove T è il tempo di calcolo del cedimento in anni;
- σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione;
- n = numero degli strati;
- dH = spessore dello strato;
- Ei = modulo di deformazione dello strato i-esimo;
- Izi = fattore d'influenza per tenere conto della diffusione del carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria

della fondazione.

Dai calcoli eseguiti, illustrati nei grafici allegati, sono emersi valori dei cedimenti totali molto ridotti, ampiamente inferiori ai limiti tollerabili dalle strutture in c.a di progetto.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazione, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi nell'area del previsto P.L. commerciale sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 2 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture di fondazione. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal .p.c.

Dai calcoli preliminari sono risultati valori medi di capacità portante ammissibile (a - 2,5 m da p.c.) pari a $Q_{amm} = 2,4 \text{ Kg/cmq}$ e valori dei cedimenti totali e differenziali ampiamente contenuti entro i limiti massimi tollerabili dalle strutture in elevazione. Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito) per il corretto dimensionamento delle strutture di fondazione, con dati geotecnici più

Città di Varedo (Mi)

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Pastrengo, interessati
dal progetto di realizzazione nuovo PL commerciale

dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Castelli Calepio (Bg), 24 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani *Geologo*

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rotonda stradale

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 24 Gennaio 2003



1.0 Premessa

Nel seguente rapporto verranno illustrati i caratteri geologici e geologico - tecnici dei terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), in Via Circonvallazione, di supporto al progetto preliminare per la formazione nuova rotonda stradale.

L'assetto geologico del territorio di studio è stato desunto dalla documentazione esistente e dai sopralluoghi direttamente eseguiti sui siti di interesse; per la definizione dei parametri geologico - tecnici dei terreni di sottofondo si è invece ricorso all'elaborazione ed interpretazione dei dati forniti da specifiche indagini geotecniche in sito, eseguite in data 15 Gennaio 2003.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentiranno di definire alcuni parametri litotecnici necessari alle stime per il dimensionamento della soprastruttura della nuova pavimentazione.

Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito mirato quali prove di carico su piastra, CBR ecc..) per il corretto dimensionamento delle strutture stradali, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto. Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, è stata eseguita n° 1 prova penetrometrica dinamica continua spinta fino al rifiuto.

3.1 Prove penetrometriche dinamiche

La prova è stata eseguita con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

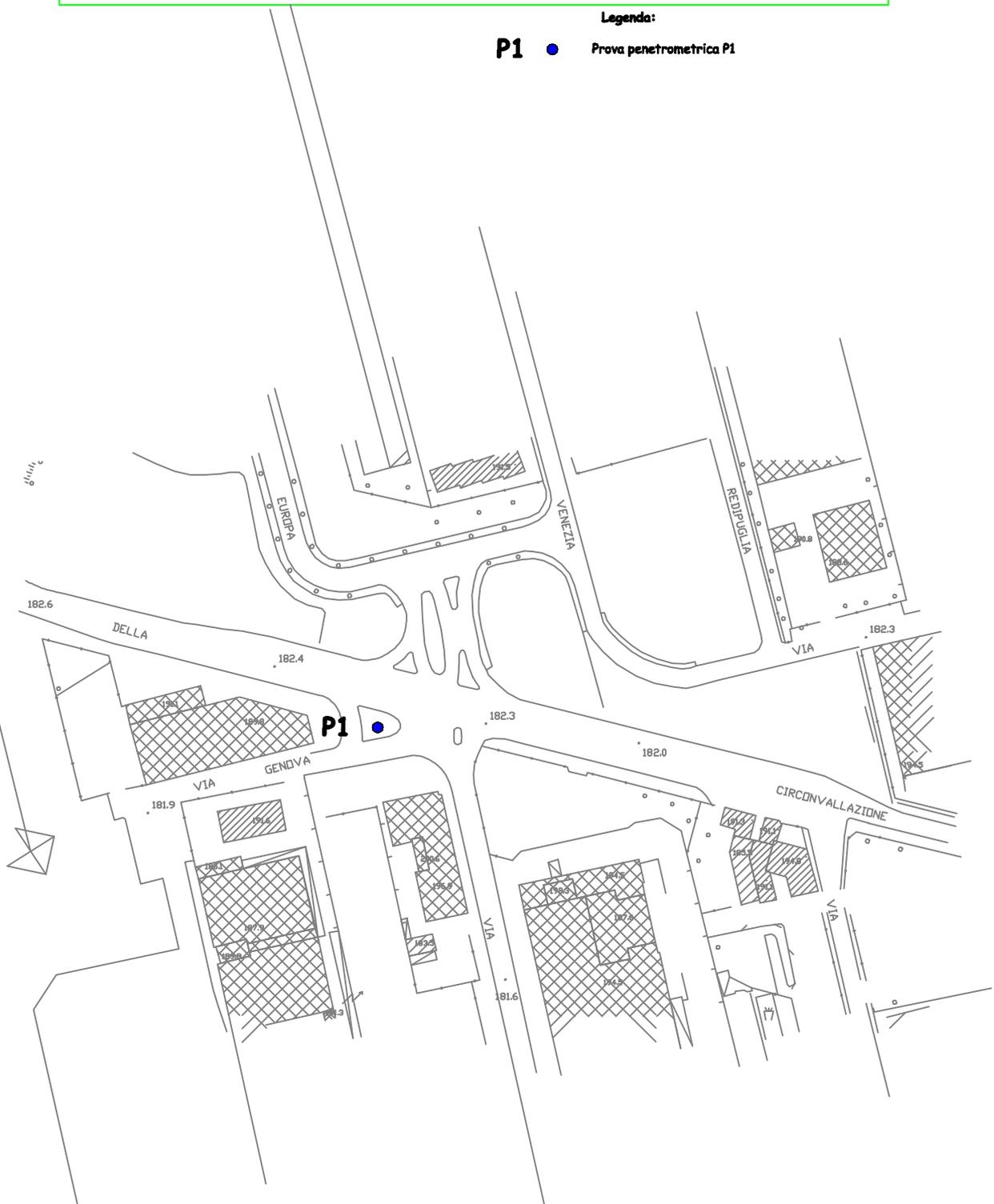
via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rotonda stradale

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:2.500

Legenda:

P1 ● Prova penetrometrica P1



presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e Nspt è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare Nspt dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi	Terreni prevalentemente granulari
N10/Nspt ≥ 0.7-0.8 per 8 ≤ N10 ≤ 14	N10/Nspt ≥ 0.95-1.0 per 8 ≤ N10 ≤ 15
N10/Nspt ≥ 0.8-1.0 per 14 ≤ N10 ≤ 18	N10/Nspt ≥ 1.0-1.2 per 15 ≤ N10 ≤ 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione N10/Nspt = 0.8

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati della prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica ha riscontrato il rifiuto all'avanzamento alla seguente profondità:

Massima profondità raggiunta	
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	5,60

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	7		6	
0,2	40		32	
0,3	39		31	
0,4	14		11	
0,5	11		9	
0,6	12		10	
0,7	11		9	
0,8	10		8	
0,9	8		6	
1	10		8	
1,1	4		3	
1,2	7		6	
1,3	2		2	
1,4	11		9	
1,5	38		30	
1,6	35		28	
1,7	34		27	
1,8	36		29	
1,9	41		33	
2	42		34	
2,1	42		34	
2,2	54		43	
2,3	32		26	
2,4	31		25	
2,5	30		24	
2,6	32		26	
2,7	35		28	
2,8	29		23	
2,9	28		22	
3	41		33	
3,1	42		34	
3,2	33		26	
3,3	35		28	
3,4	36		29	
3,5	32		26	
3,6	34		27	
3,7	41		33	
3,8	42		34	
3,9	28		22	
4	24		19	
4,1	35		28	
4,2	34		27	
4,3	36		29	
4,4	34		27	
4,5	32		26	

Data: Gennaio 2003

Committente: /

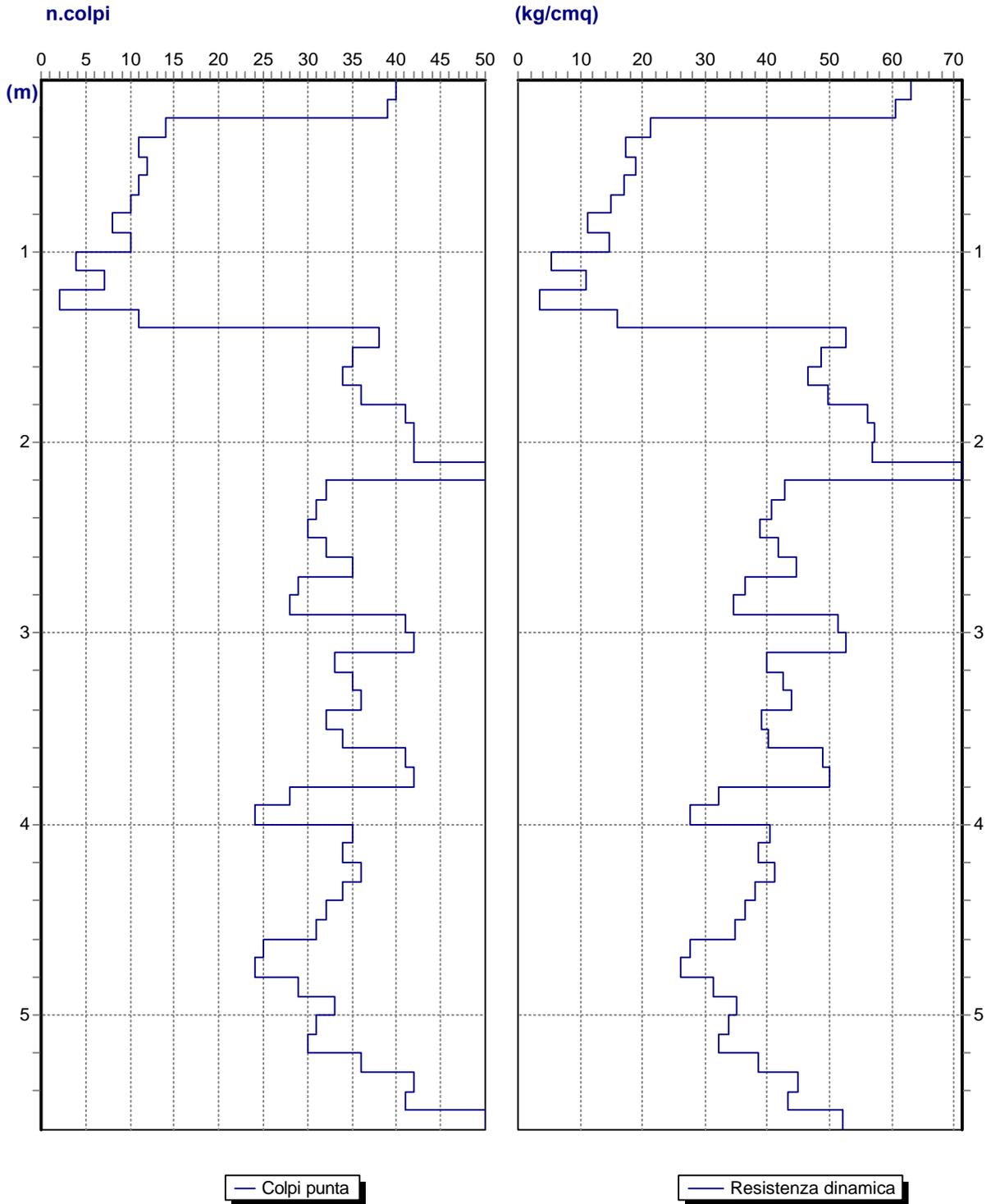
Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

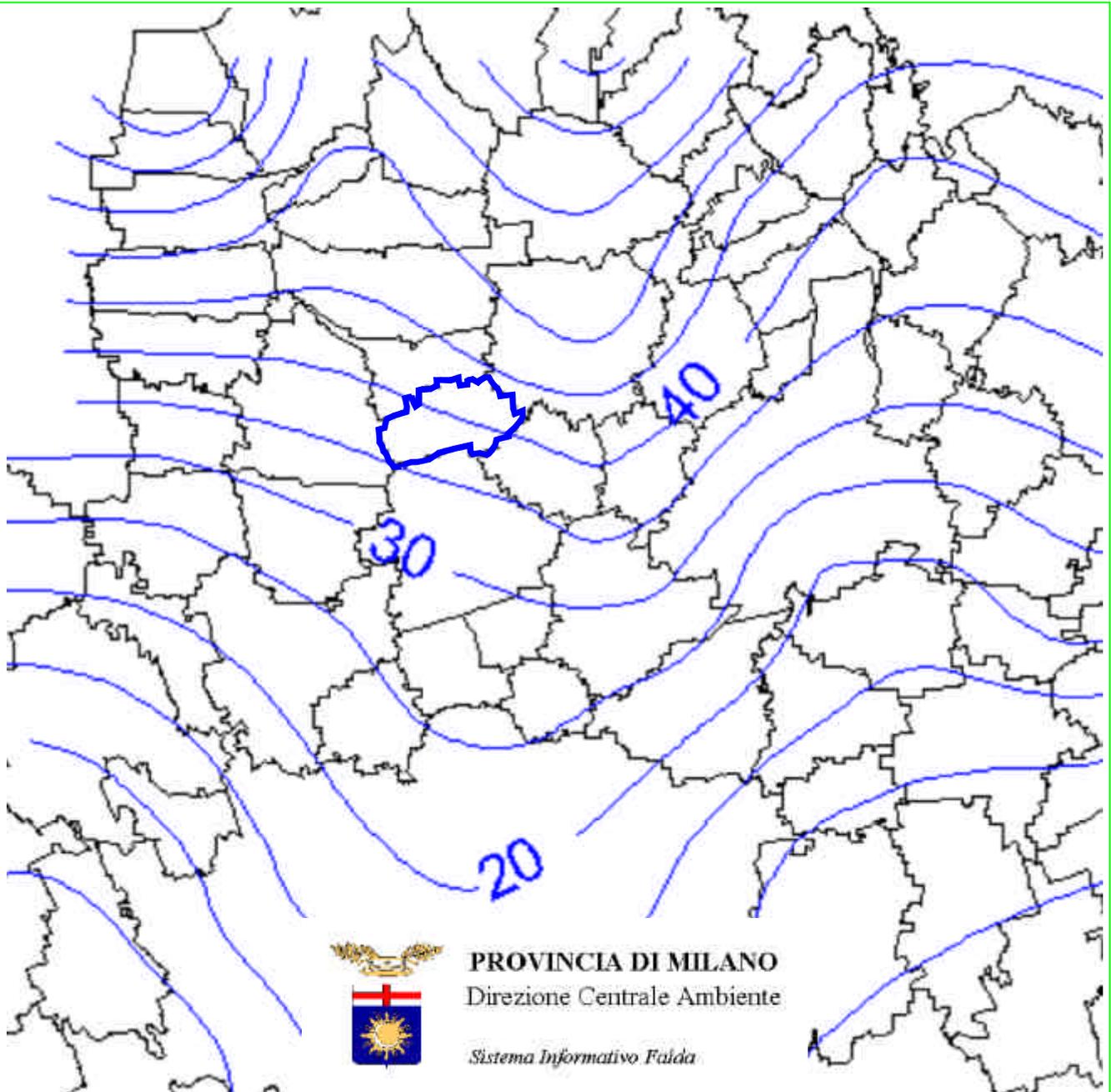
Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rotonda stradale

Carta della soggiacenza
della falda freatica



PROVINCIA DI MILANO
Direzione Centrale Ambiente

Sistema Informativo Falda

CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA (metri da p.c.) NELLA PROVINCIA DI MILANO

Settembre 2000

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Stratigrafia della prova

Profondità (m)	Nspt medio equiv.	Resist.dinam. (kg/cmq)	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica
1,4	11	19,47	Argilla limosa	1	1
5,6	28	36,5	Ghiaia limosa	0	1

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo

Profondità della falda (m): 35

Peso del maglio (kg): 30

Passo di lettura (cm): 10

Volata del maglio (cm): 20

Profondità di partenza (m): 0,1

Peso delle aste (kg): 2,9

Lunghezza della prova (m): 5,6

Diametro della punta (cm): 3,56

Fattore di correzione strumentale: 0,8

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
1,4	11	Argilla limosa			1,93			0,74	50	0,9	909		0,14
5,6	28	Ghiaia limosa	0,37	35	2,09	74	106				608	199	0,71

Profondità della falda (m): 35

Data: Gennaio 2003

/

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

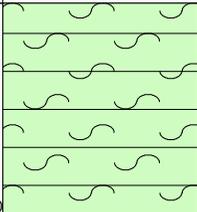
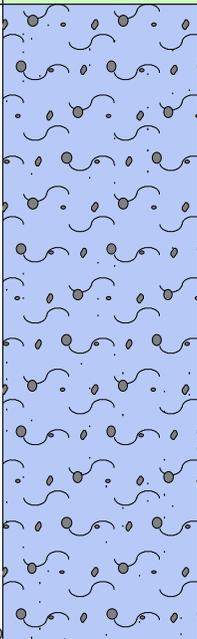
Scala 1:100

Data: Gennaio 2003

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla: Cv1

Quota dal p.c.(m): 100

Profondità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE	Modulo edometrico coesivi(kg/cmq)	Modulo di Young (kg/cmq)	Peso di volume naturale (t/mc)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Angolo d'attrito(°)
1,40		Argilla limosa	50	nc	1,93	0,74	0
1,40		Ghiaia limosa	nc	106	2,09	0	35
5,60							

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	31		25	
4,7	25		20	
4,8	24		19	
4,9	29		23	
5	33		26	
5,1	31		25	
5,2	30		24	
5,3	36		29	
5,4	42		34	
5,5	41		33	
5,6	50		40	

Data: Gennaio 2003

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	8
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,9 t/m ³
Cu	0,74 Kg/cm ²
Eed	50 Kg/cm ²

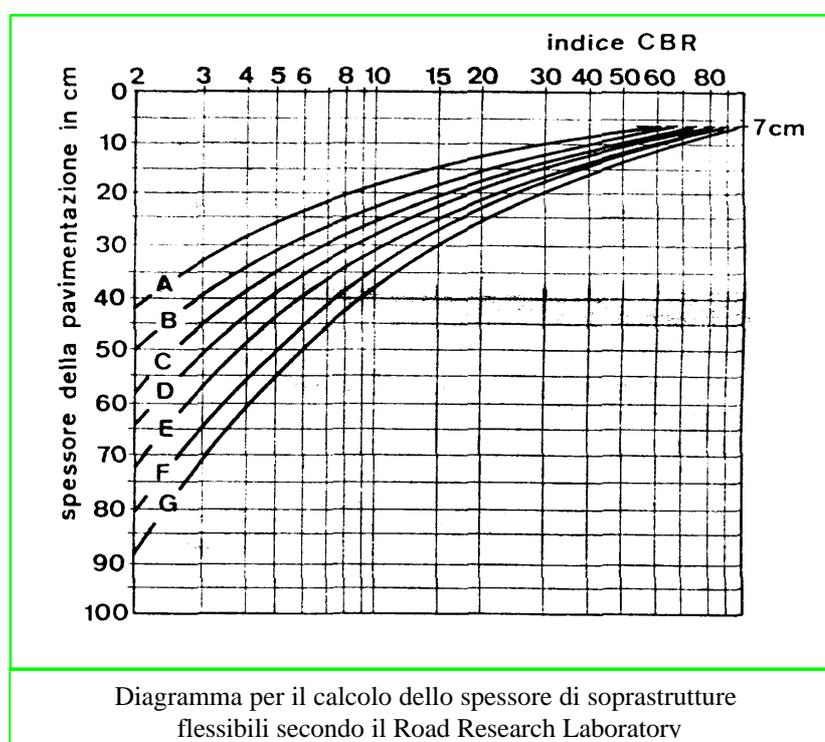
2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
ϕ' (cautelativo)	35 °
Gamma	2,1 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	106Kg/cm ²

4.0 Classificazione di massima dei terreni di sottofondo e stima dello spessore totale della soprastruttura

Il dimensionamento della soprastruttura della nuova pavimentazione stradale si esegue sulla base dei dati di specifiche prove di laboratorio C.B.R. (California Bering Ratio) su campioni di terreno di sottofondo preventivamente costipati all'umidità ottimale. Tale prova consiste nel far penetrare verticalmente nel campione preparato un pistone di dimensioni note ad una velocità stabilita, misurando lo sforzo necessario ai diversi intervalli di avanzamento. I dati di laboratorio consentono di costruire una curva specifica per il materiale. In assenza di specifiche prove CBR, e di prove di carico su piastra, che dovranno essere eseguite a supporto del progetto esecutivo, si sono adottati metodi empirici per la stima del CBR e per la determinazione di massima dello spessore totale della soprastruttura. I dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di entrare nella tabella di classificazione AASHO (UNI 10008) allegata ed attribuire ai terreni di sottofondo indagati la Classe A2 (Ghiaia e sabbia limosa argillosa). Tali terre sono caratterizzate da capacità portante, in assenza di gelo da mediocre a buona, con rigonfiamento nullo e sono dotati di permeabilità media (10^{-5} cm/sec). Sulla base di dati sperimentali riferiti a numerosi lavori stradali è possibile associare a ciascuna classe di terreni un range caratteristico di valori di CBR.

N°CBR	Definizione	Uso	Classificazione
0-3	molto basso	sottofondo	A5, A6, A7
3-7	da basso a medio	sottofondo	A4, A5, A6, A7
7-20	medio	fondazione	A2, A4, A6, A7
20-50	buono	base, fondazione	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	eccellente	base	A1a, A2-4, A3

Nel caso specifico, per i terreni di sottofondo (a partire da circa - 1- 1,5 m da p.c.)
in via cautelativa, si considera un valore medio di **CBR pari a 15**,
Attraverso il valore di CBR così attribuito è possibile entrare nel grafico relativo al
dimensionamento della soprastruttura che, in funzione del valore di CBR e delle
curve caratteristiche relative alle differenti condizioni di traffico, consente di
individuare lo spessore complessivo della soprastruttura.



Le sette curve riportate nel diagramma si riferiscono ai seguenti traffici:

Classe A - Traffico medio giornaliero compreso tra 0 e 15 veicoli pesanti;

Classe B - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 15 e 45;

Classe C - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 45 e 150;

Classe D - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 150 e 450;

Classe E - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 450 e 1500;

Classe F - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 1500 e 4500;

Classe G - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti oltre 4500;

Le stime eseguite andranno tuttavia valutate alla luce dei litotipi di sottofondo effettivamente presenti nell'area, che potranno essere verificati solo dopo le necessarie indagini geotecniche di supporto al progetto esecutivo.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazione, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi nell'area della prevista nuova rotonda di via Circonvallazione sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 1,5 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture stradali. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal .p.c.

I dati forniti dalle prove penetrometriche hanno consentito, in via indiretta, di entrare nella tabella di classificazione AASHO (UNI 10008) allegata ed attribuire ai terreni di sottofondo indagati la Classe A2 (Ghiaia e sabbia limosa argillosa). Tali

terre sono caratterizzate da capacità portante, in assenza di gelo da mediocre a buona, con rigonfiamento nullo e sono dotati di permeabilità media (10^{-5} cm/sec).

Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito mirate quali prove di carico su piastra, CBR ecc..) per il corretto dimensionamento delle strutture stradali, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Castelli Calepio (Bg), 24 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani Geologo

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in viale Cimitero, interessati dal
progetto di ampliamento del cimitero comunale

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 26 Gennaio 2003



1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i risultati degli studi di carattere geologico - geotecnico e geofisico, con indicazioni idrogeologiche, condotti sui terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), in viale Cimitero, interessati dal progetto preliminare di ampliamento del cimitero comunale.

L'assetto geologico del territorio è stato desunto dalla documentazione esistente e dai sopralluoghi eseguiti sulle aree di studio, mentre per la definizione dei parametri fisico - meccanici ed idrogeologici dei terreni di fondazione si è ricorso all'elaborazione ed interpretazione dei dati forniti da specifiche indagini geotecniche e geofisiche eseguite sui terreni oggetto di studio nel Gennaio 2003.

Lo studio e le indagini in sito eseguite, sono mirati a definire l'assetto geologico, idrogeologico e stratigrafico - litotecnico preliminare, dei terreni interessati dalle opere di progetto, per definire la fattibilità dell'intervento in relazione al locale contesto geologico s.l., e per dotare gli Enti competenti degli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri, in ottemperanza ai riferimenti legislativi di seguito riportati:

☞ L. 2 Febbraio 1974, n. 64

«Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche»;

☞ D.M. 21 Gennaio 1981

«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione»;

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

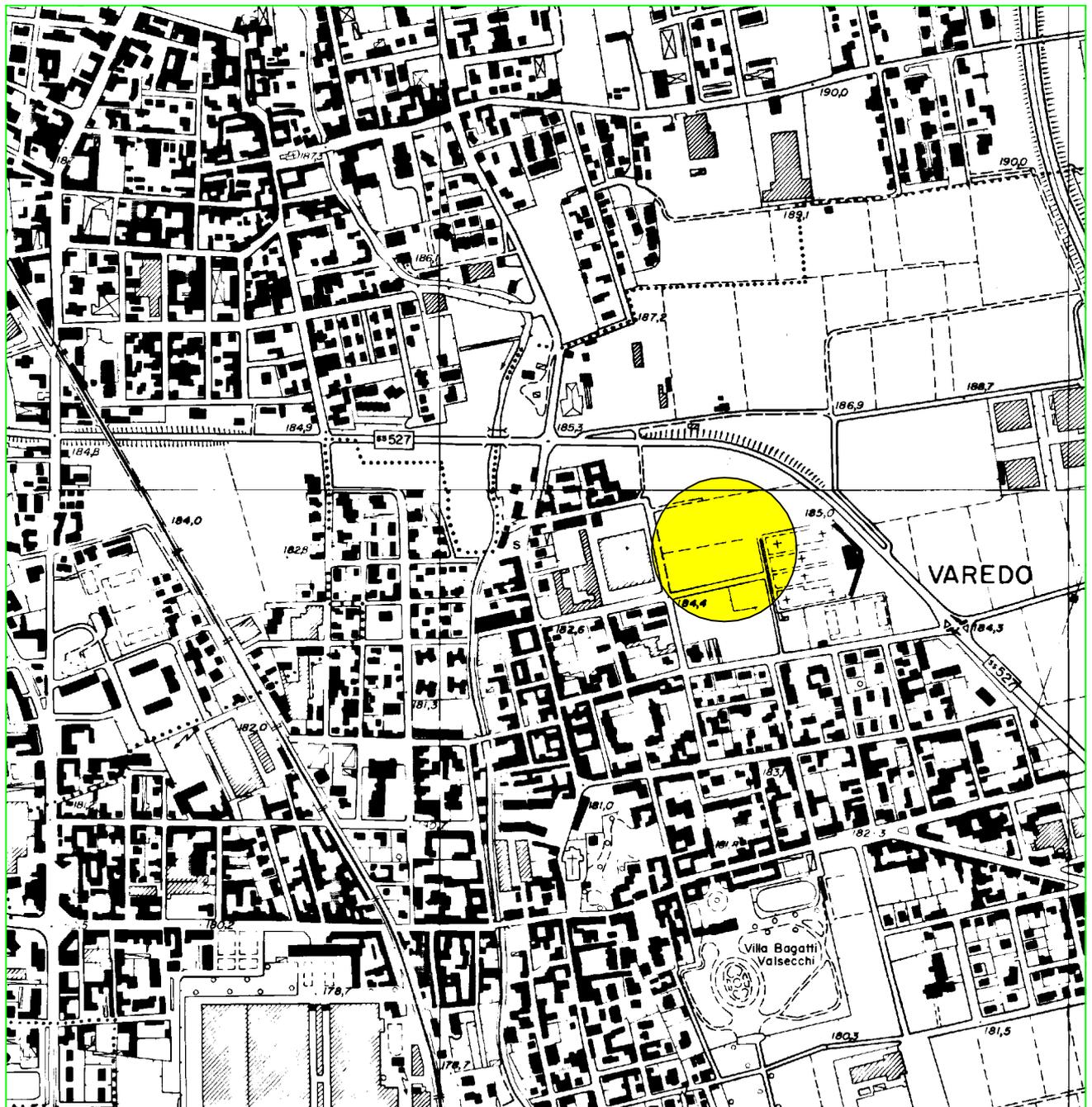
Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche preliminari sui terreni siti in via Cimitero,
interessati dal progetto di ampliamento del cimitero comunale

Corografia CTR
Scala 1:10.000



☞ D.M. 11 Marzo 1988

«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione»

☞ D.P.R. n. 285, 10 Settembre 1990 e circolare esplicativa n. 24 del 24 Giugno 1993

Approvazione del regolamento di polizia mortuaria;

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

Il territorio comunale Varedo (Mi), non è inserito nell'elenco dei comuni lombardi classificati come sismici ai sensi del D.M.L.L.P.P. del 05.03.84, pertanto non si dovranno adottare metodologie costruttive particolari per la progettazione delle opere di ampliamento.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici

geologo

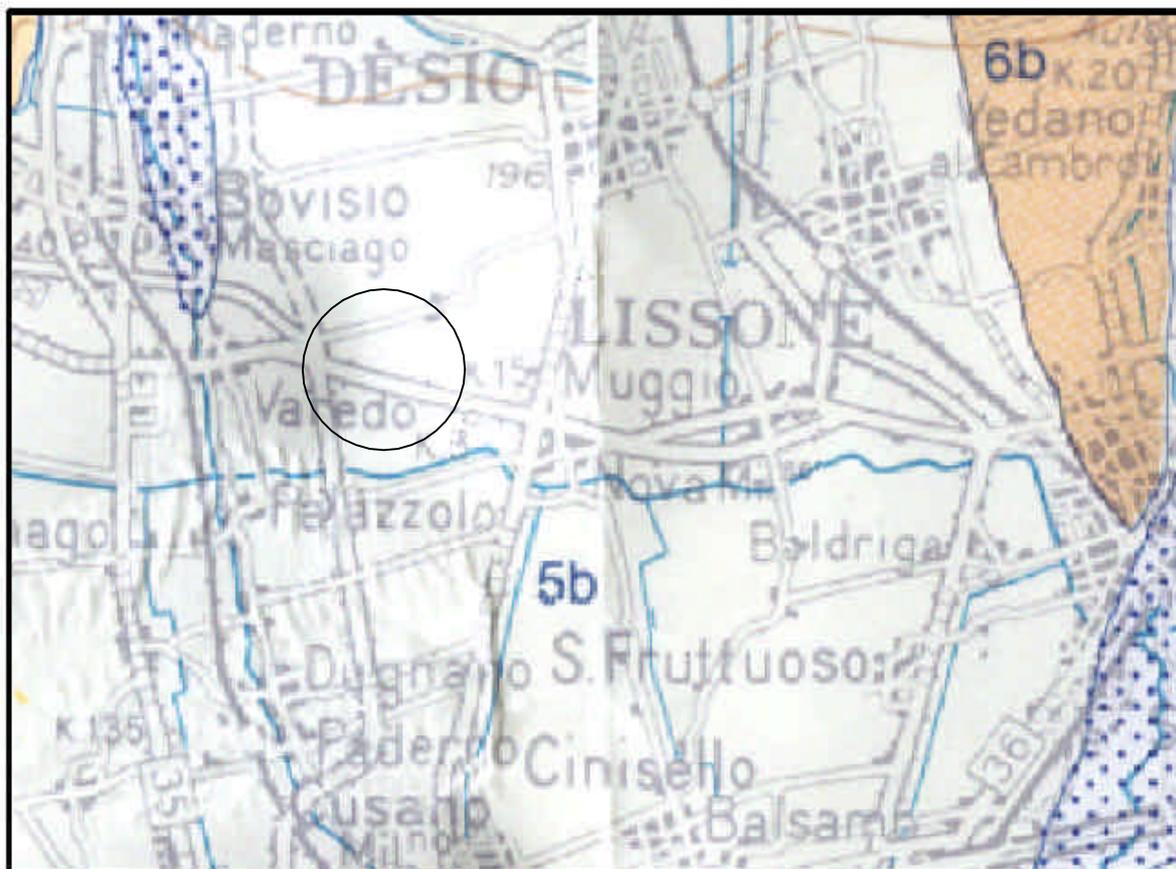
via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni
idrogeologiche preliminari sui terreni siti in viale Cimitero,
interessati dal progetto di ampliamento del cimitero comunale

Carta geologica

Legenda:

- | | | |
|---|---|---|
|  | - | Depositi fluviali terrazzati - Ghiale, sabbie e limi (Olocene) |
|  | 5 | Fluvioglaciale fluviale Wurm - Ghiale e sabbie (Pleistocene Sup.) |
|  | 6 | Fluvioglaciale fluviale e lacustre Riss - Ghiale, sabbie e argille ferrettizzate (Pleistocene Med.) |



Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

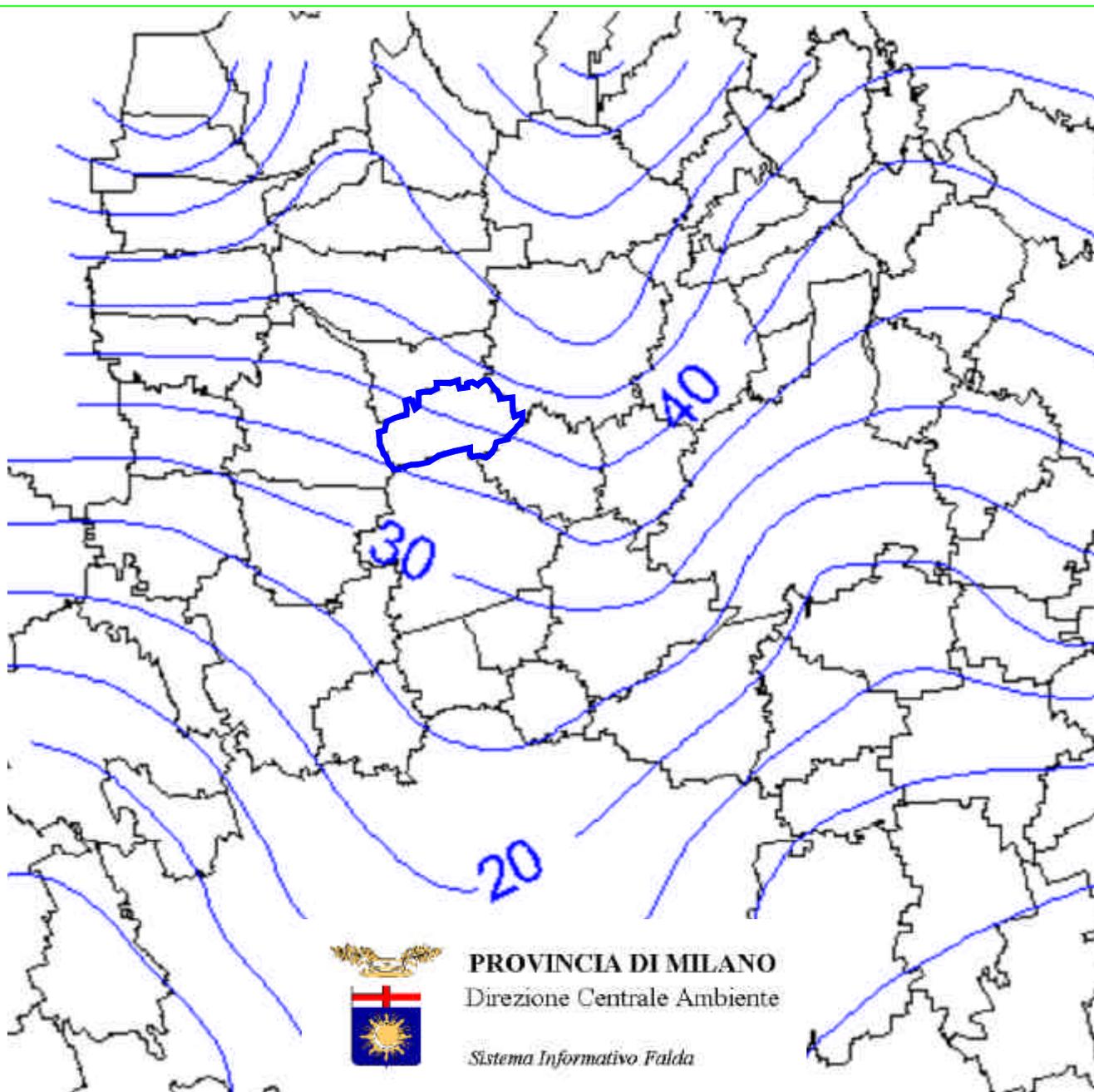
Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico e geofisico con indicazioni idrogeologiche preliminari sui terreni siti in viale Cimitero, interessati dal progetto di ampliamento del cimitero comunale

**Carta della soggiacenza
della falda freatica**



CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA (metri da p.c.) NELLA PROVINCIA DI MILANO

Settembre 2000

comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto. Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue spinte fino al rifiuto, e n° 1 Sev (sondaggio elettrico verticale).

3.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri

litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e N_{spt} è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare N_{spt} dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi		Terreni prevalentemente granulari	
N10/N _{spt} ≥ 0.7-0.8	per 8 ≤ N10 ≤ 14	N10/N _{spt} ≥ 0.95-1.0	per 8 ≤ N10 ≤ 15
N10/N _{spt} ≥ 0.8-1.0	per 14 ≤ N10 ≤ 18	N10/N _{spt} ≥ 1.0-1.2	per 15 ≤ N10 ≤ 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione N10/N_{spt} = 0.8

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche hanno riscontrato il rifiuto all'avanzamento alle seguenti profondità:

Massima profondità raggiunta			
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)	Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	6,20	2	6,40

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	8
\varnothing' (cautelativo)	0
Gamma	1,8 t/m ³
Cu	0,4 Kg/cm ²
Eed	27 Kg/cm ²

2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
\varnothing' (cautelativo)	35 °
Gamma	2,06 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	100 Kg/cm ²

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	4		3	
0,2	7		6	
0,3	8		6	
0,4	7		6	
0,5	9		7	
0,6	8		6	
0,7	8		6	
0,8	10		8	
0,9	6		5	
1	6		5	
1,1	7		6	
1,2	6		5	
1,3	7		6	
1,4	18		14	
1,5	16		13	
1,6	15		12	
1,7	23		18	
1,8	29		23	
1,9	25		20	
2	26		21	
2,1	31		25	
2,2	32		26	
2,3	26		21	
2,4	28		22	
2,5	29		23	
2,6	25		20	
2,7	27		22	
2,8	32		26	
2,9	35		28	
3	36		29	
3,1	34		27	
3,2	41		33	
3,3	42		34	
3,4	29		23	
3,5	28		22	
3,6	26		21	
3,7	32		26	
3,8	31		25	
3,9	32		26	
4	35		28	
4,1	33		26	
4,2	36		29	
4,3	41		33	
4,4	42		34	
4,5	45		36	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	42		34	
4,7	32		26	
4,8	30		24	
4,9	29		23	
5	29		23	
5,1	28		22	
5,2	26		21	
5,3	32		26	
5,4	35		28	
5,5	37		30	
5,6	36		29	
5,7	33		26	
5,8	35		28	
5,9	34		27	
6	35		28	
6,1	36		29	
6,2	50		40	

Data: Gennaio 2003

Committente: /

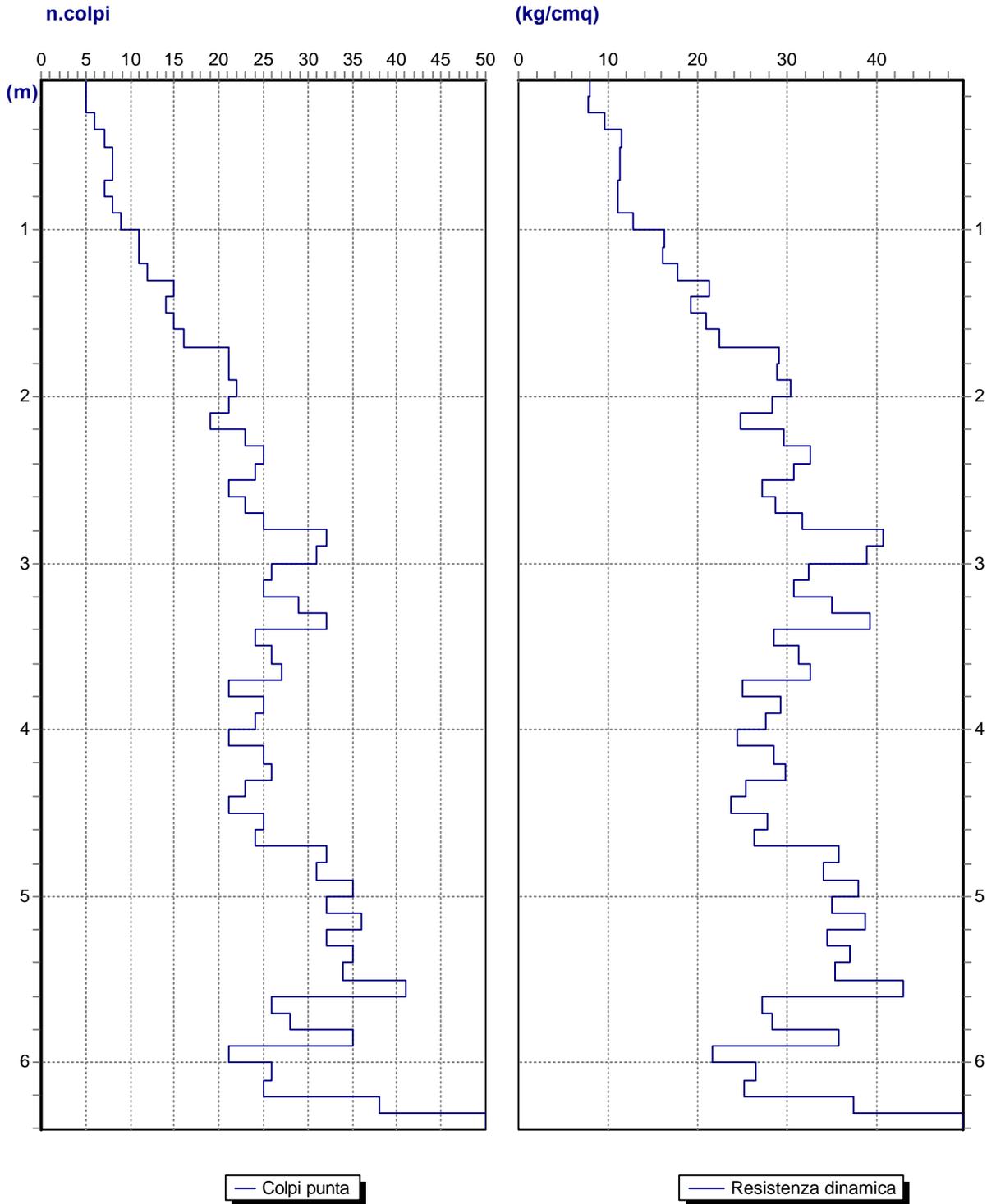
Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 2

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 2

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	4		3	
0,2	5		4	
0,3	5		4	
0,4	6		5	
0,5	7		6	
0,6	8		6	
0,7	8		6	
0,8	7		6	
0,9	8		6	
1	9		7	
1,1	11		9	
1,2	11		9	
1,3	12		10	
1,4	15		12	
1,5	14		11	
1,6	15		12	
1,7	16		13	
1,8	21		17	
1,9	21		17	
2	22		18	
2,1	21		17	
2,2	19		15	
2,3	23		18	
2,4	25		20	
2,5	24		19	
2,6	21		17	
2,7	23		18	
2,8	25		20	
2,9	32		26	
3	31		25	
3,1	26		21	
3,2	25		20	
3,3	29		23	
3,4	32		26	
3,5	24		19	
3,6	26		21	
3,7	27		22	
3,8	21		17	
3,9	25		20	
4	24		19	
4,1	21		17	
4,2	25		20	
4,3	26		21	
4,4	23		18	
4,5	21		17	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	25		20	
4,7	24		19	
4,8	32		26	
4,9	31		25	
5	35		28	
5,1	32		26	
5,2	36		29	
5,3	32		26	
5,4	35		28	
5,5	34		27	
5,6	41		33	
5,7	26		21	
5,8	28		22	
5,9	35		28	
6	21		17	
6,1	26		21	
6,2	25		20	
6,3	38		30	
6,4	50		40	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

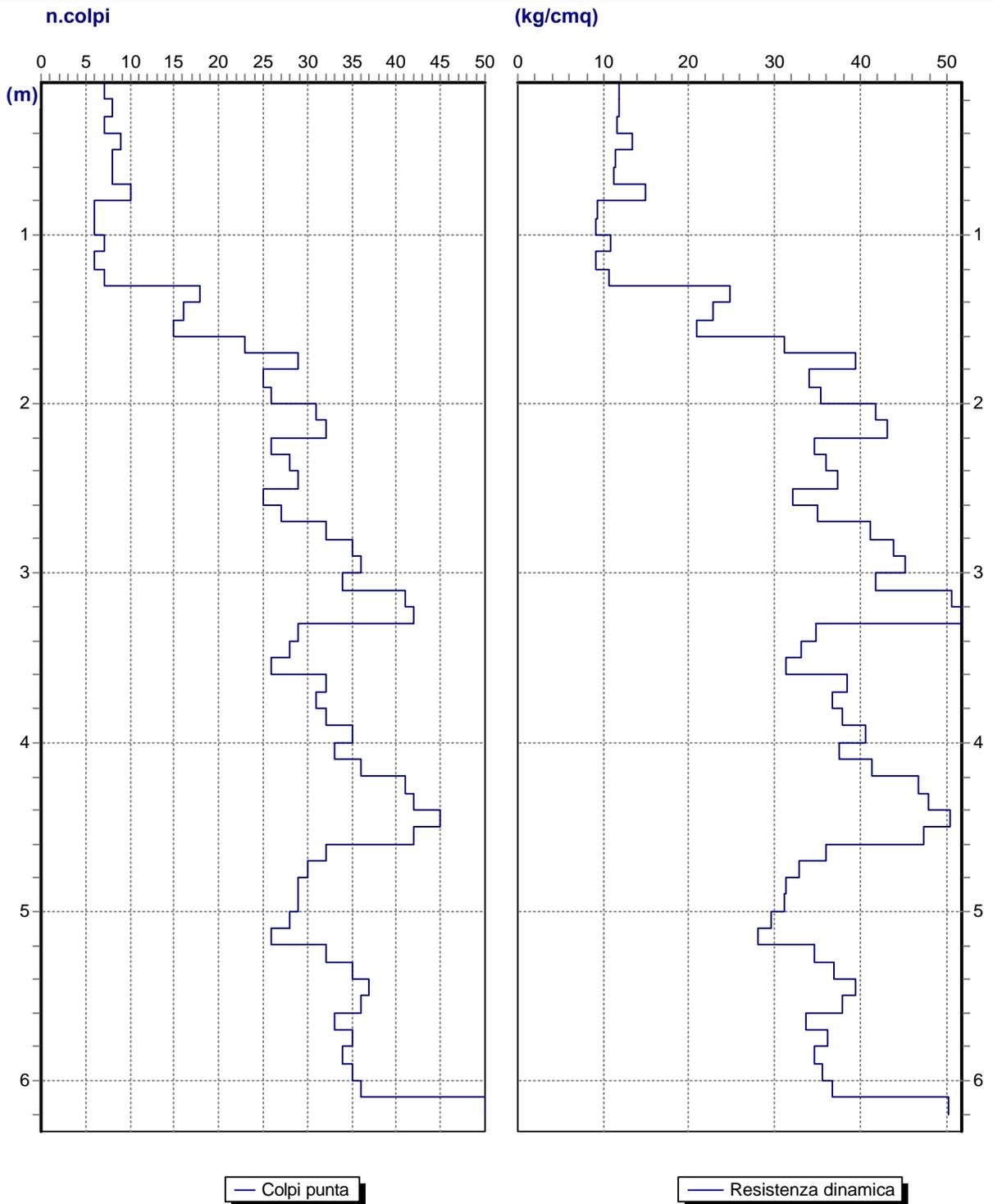
Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
1,3	6	Argilla limosa			1,8			0,4	27	0,5	566		0,12
6,2	26	Ghiaia limosa	0,34	35	2,06	71	100				581	185	0,74

Profondità della falda (m): 35,0

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Viale Cimitero - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac penni 30

Sigla cantiere: Cm1

Prova 1

Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cmq)</i>
1,3	6	Argilla limosa	0,6
6,2	26	Ghiaia limosa	2,6

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 3

Lunghezza della fondazione (m): 10

Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3

Metodo di calcolo: Parry

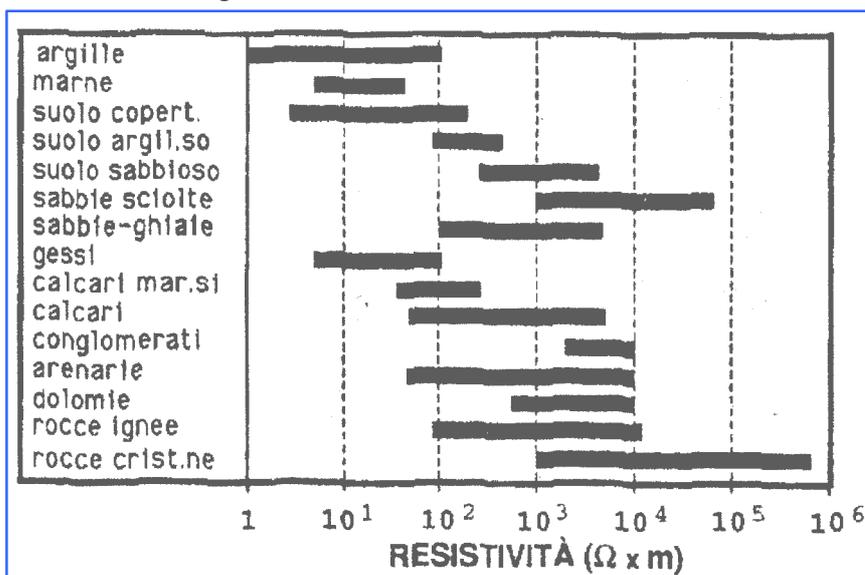
Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3

Data: Gennaio 2003

3.2 Indagine geoelettrica

Per definire la successione stratigrafica puntuale dei terreni oggetto di studio è stato eseguito n° 1 sondaggio elettrico verticale (S.E.V.), con AB/2 20 m, adottando il metodo del quadripolo di Schlumberger.

Il metodo geofisico adottato consente di discriminare, all'interno di una successione



stratigrafica reale, gli orizzonti caratterizzati da un diverso valore di un importante parametro geofisico definito resistività elettrica apparente

(elettrostratigrafica).

La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche delle formazioni litologiche che costituiscono la stratigrafia di una determinata area d'indagine e può essere definita come "resistenza per unità di volume", o più semplicemente, come la maggiore o minore facilità che un terreno presenta ad essere attraversato da una corrente elettrica.

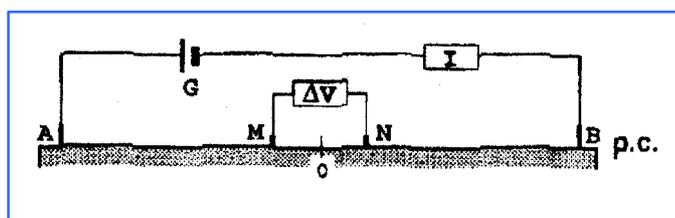
Sulla base di tale caratteristica i differenti litotipi possono venire classificati in base alla loro resistività apparente.

Ogni corpo roccioso è caratterizzato da uno spettro piuttosto ampio di variabilità dei valori di resistività apparente, in dipendenza di fattori molteplici legati al grado di alterazione, alla porosità, al diverso contenuto in acqua ecc.

Da tale regola si discostano le argille che, anche se disposte in orizzonti compatti, sono caratterizzate da valori di resistività apparente sempre molto bassi; tale peculiarità è da porre in relazione alla particolare struttura del reticolo cristallino che caratterizza i minerali di tali litotipi.

Il metodo di misura consiste nell'immissione di corrente elettrica continua nel terreno, attraverso due elettrodi esterni (A e B), simmetrici rispetto al centro del sondaggio, allineati su una retta passante per il centro del sondaggio stesso.

Due elettrodi interni (M e N) misurano invece la differenza di potenziale indotta nel suolo dal passaggio della corrente elettrica.



Lo strumento di misura impiegato è il Georistivimetro 16 GL prodotto dalla ditta PASI di Torino dotato di elevata

risoluzione e sensibilità (610 nVolt), con detrazione automatica del potenziale spontaneo del terreno e filtraggio dei "rumori" di fondo naturali, è in grado di fornire misure di elevata precisione e attendibilità.

L'esecuzione sul terreno del sondaggio elettrico verticale avviene misurando i valori

Litotipo	($\Omega \cdot m$)	ϕ (%)
acqua	10 - 100	-
acqua di mare	2 - 3	-
arenarie	200 - 5000	7 - 30
argille	1 - 50	40 - 70
calcari	300 - 10000	2 - 30
detrito alluv.	50 - 1000	15 - 60
dolomie	500 - 10000	2 - 20
ghiaia e sabbia	70 - 700	30 - 60
graniti	1000 - 20000	0.2 - 0.8
marne	100 - 500	8 - 15
piroclastiti	50 - 600	15 - 60
rocce ignee	100 - 10000	3 - 10
suolo di copertura	10 - 200	60 - 90
tuffi	150 - 900	10 - 40

di tensione e di intensità di corrente corrispondenti a varie posizioni del quadripolo, i cui elettrodi sono

simmetricamente traslati rispetto al centro di misura, seguendo lo schema classico di Schlumberger per stendimenti pari ad $AB/2 = 20$ m.

Il volume di terreno direttamente indagato con tale metodo si estende fino alla profondità di circa $AB/4$, per cui, nel caso specifico, si possono considerare valori approssimativi di massima profondità di circa 10 m da p.c., tali da garantire l'analisi di tutto il volume di terreno direttamente coinvolto nel bulbo di pressione trasmesso dalle strutture di fondazione.

Man mano gli elettrodi esterni (AB) vengono spostati dal centro del sondaggio si investigano volumi di terreno (e quindi profondità da piano campagna) sempre più ampie, infatti maggiore è la distanza tra gli elettrodi maggiore è la penetrazione della corrente elettrica nel terreno.

I parametri geoelettrici forniti dalle misure in sito vengono elaborati mediante un software appositamente dedicato che restituisce su un grafico, in scala bilogarithmica, la curva di resistività caratteristica dei terreni attraversati e la relativa interpretazione geoelettrica.

L'interpretazione geoelettrica della curva caratteristica è ottenuta per confronto automatico con una serie completa di curve teoriche caratteristiche precalcolate.

3.2.1 Risultati della prospezione geoelettrica

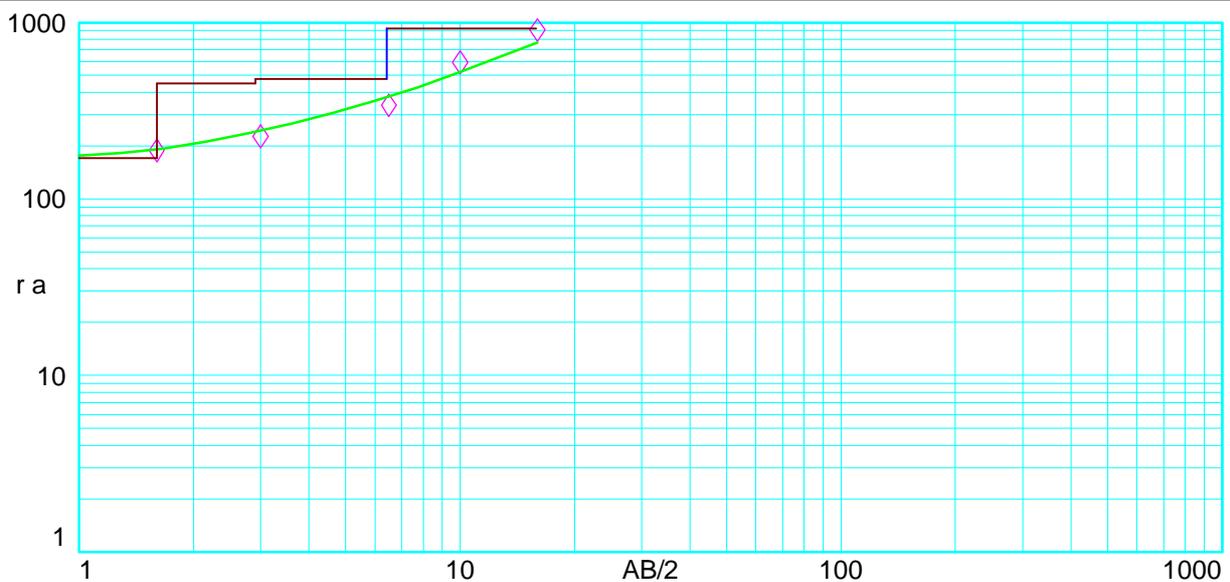
Le interpretazioni elettrostratigrafiche, riportate nelle tabelle e nei grafici relativi, sono in accordo tra loro e con i dati forniti dall'indagine geotecnica.

La successione elettrostratigrafica interpretata dell'area indagata riflette l'ambiente deposizionale dei litotipi riconosciuti, mostrando la presenza di un primo orizzonte superficiale dotato di valori di resistività mediamente più bassi (limi e limi argillosi con rari ciottoli) a cui segue in profondità una successione di ghiaie e/o ciottoli in matrice limosa ed escludendo, almeno fino alle quote direttamente

Sondaggio Elettrico Verticale N.1 Successione Electrostratigrafica Interpretata

Strato n.	Profond. (m)	Spessore (m)	Resistiv. (Ohm*m)	Probabile Litotipo
1	1,4	1,4	145,2	Orizzonte aerato
2	3,1	1,7	449,8	Ghiaia limosa
3	7,1	4,0	471,4	Ghiaia limosa
4	Indefinita	Indefinito		

Confronto Dati di Campagna - Curva Teorica - SEV n° 1



◆ Dati di Campagna
 — Curva Teorica
 — Strati

indagate, la presenza di livelli limosi argillosi continui di spessore significativo ai fini del presente lavoro.

3.3 Capacità portante e cedimenti

Sulla base della stima dei parametri geotecnici, attribuiti ai differenti orizzonti attraversati, è stato possibile pervenire alla stima della capacità portante delle fondazioni posate ad una quota media di - 2,5 m da p.c..

Per la stima della capacità portante delle fondazioni è stato utilizzato il metodo di Parry che si basa sulla seguente relazione :

$$Q_{amm}(KPa) = \frac{30N_{spt}}{F_s}$$

dove: F_s = coefficiente di sicurezza, di solito posto uguale a 3.

Dai calcoli eseguiti è emerso che posando le fondazioni entro l'orizzonte che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica sarà possibile ottenere valori di $Q_{amm} = 2,6 \text{ Kg/cmq}$.

3.4 Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

I cedimenti vengono calcolati con le relazioni proposte da Schmertmann (per gli strati incoerenti), passando attraverso la stima del modulo di deformazione o edometrico.

Il metodo di Schmertmann viene usato per calcolare il cedimento immediato e secondario di terreni incoerenti ed ha la seguente espressione:

$$S = C_1 C_2 Q \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{z_i}}{E_i} \cdot dH \right)$$

dove:

Q = carico netto applicato sulla fondazione;

C_1 = $1-0.5(\sigma/Q)$, fattore correttivo per tenere conto

dell'approfondimento della fondazione dove σ è la pressione efficace al piano di posa della fondazione ($C1 \geq 0.5$);

$C2 = 1 + 0.21 \log (T/0.1)$, fattore correttivo per tenere conto del cedimento secondario dove T è il tempo di calcolo del cedimento in anni;

σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione;

n = numero degli strati;

dH = spessore dello strato;

Ei = modulo di deformazione dello strato i-esimo;

Izi = fattore d'influenza per tenere conto della diffusione del carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria della fondazione.

Dai calcoli eseguiti, illustrati nei grafici allegati, sono emersi valori dei cedimenti totali molto ridotti, ampiamente inferiori ai limiti tollerabili dalle strutture in c.a di progetto.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazione, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi nell'area del previsto P.L. commerciale sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 1,4 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture di fondazione. Le indagini

eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal .p.c.

Dai calcoli preliminari sono risultati valori medi di capacità portante ammissibile (a - 2,5 m da p.c.) pari a $Q_{amm} = 2,6 \text{ Kg/cm}^2$ e valori dei cedimenti totali e differenziali ampiamente contenuti entro i limiti massimi tollerabili dalle strutture in elevazione. Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, nec essariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito) per il corretto dimensionamento delle strutture di fondazione, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Bergamo, 26 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani Geologo

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
di supporto al progetto preliminare per l'intervento
di realizzazione ponticello pedonale sul torrente Seveso

Amministrazione Comunale di Varedo (Mi)

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 27 Gennaio 2003



1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i risultati degli studi di carattere geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche, condotti sui terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), in via S. Giuseppe, interessati dal progetto preliminare di realizzazione di ponticello pedonale di attraversamento del torrente Seveso.

L'assetto geologico del territorio è stato desunto dalla documentazione esistente e dai sopralluoghi eseguiti sulle aree di studio, mentre per la definizione dei parametri fisico - meccanici ed idrogeologici dei terreni di fondazione si è ricorso all'elaborazione ed interpretazione dei dati forniti da specifiche indagini geotecniche e geofisiche eseguite sui terreni oggetto di studio nel Gennaio 2003.

Lo studio e le indagini in sito eseguite, sono mirati a definire l'assetto geologico, idrogeologico e stratigrafico - litotecnico preliminare, dei terreni interessati dalle opere di progetto, per definire la fattibilità dell'intervento in relazione al locale contesto geologico s.l., e per dotare gli Enti competenti degli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alle alluvioni del torrente Seveso, (Olocene), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa.

Città di Varedo
Provincia di Milano

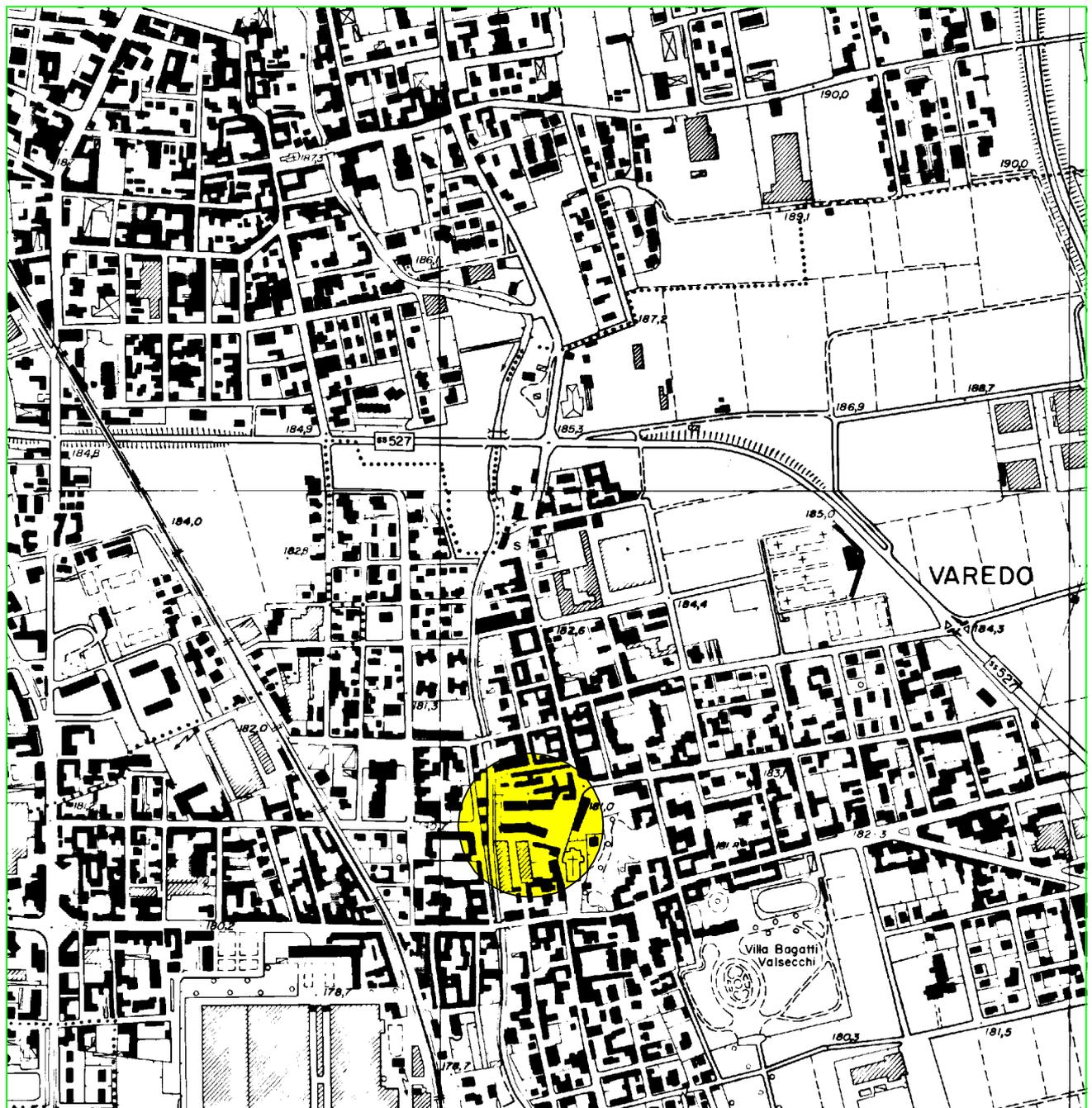
Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
di supporto al progetto preliminare per l'intervento
di realizzazione ponticello pedonale sul torrente Seveso

Corografia CTR
Scala 1:10.000



L'assetto idrogeologico del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto.

Nell'area di intervento, prossima all'alveo del torrente Seveso, si dovrà tuttavia tener conto della presenza di falda idrica di subalveo e di eventuale frangia capillare.

Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, è stata eseguita n° 1 prova penetrometrica dinamica continua spinta fino al rifiuto.

3.1 Prova penetrometrica dinamica

La prova è stata eseguita con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema a di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

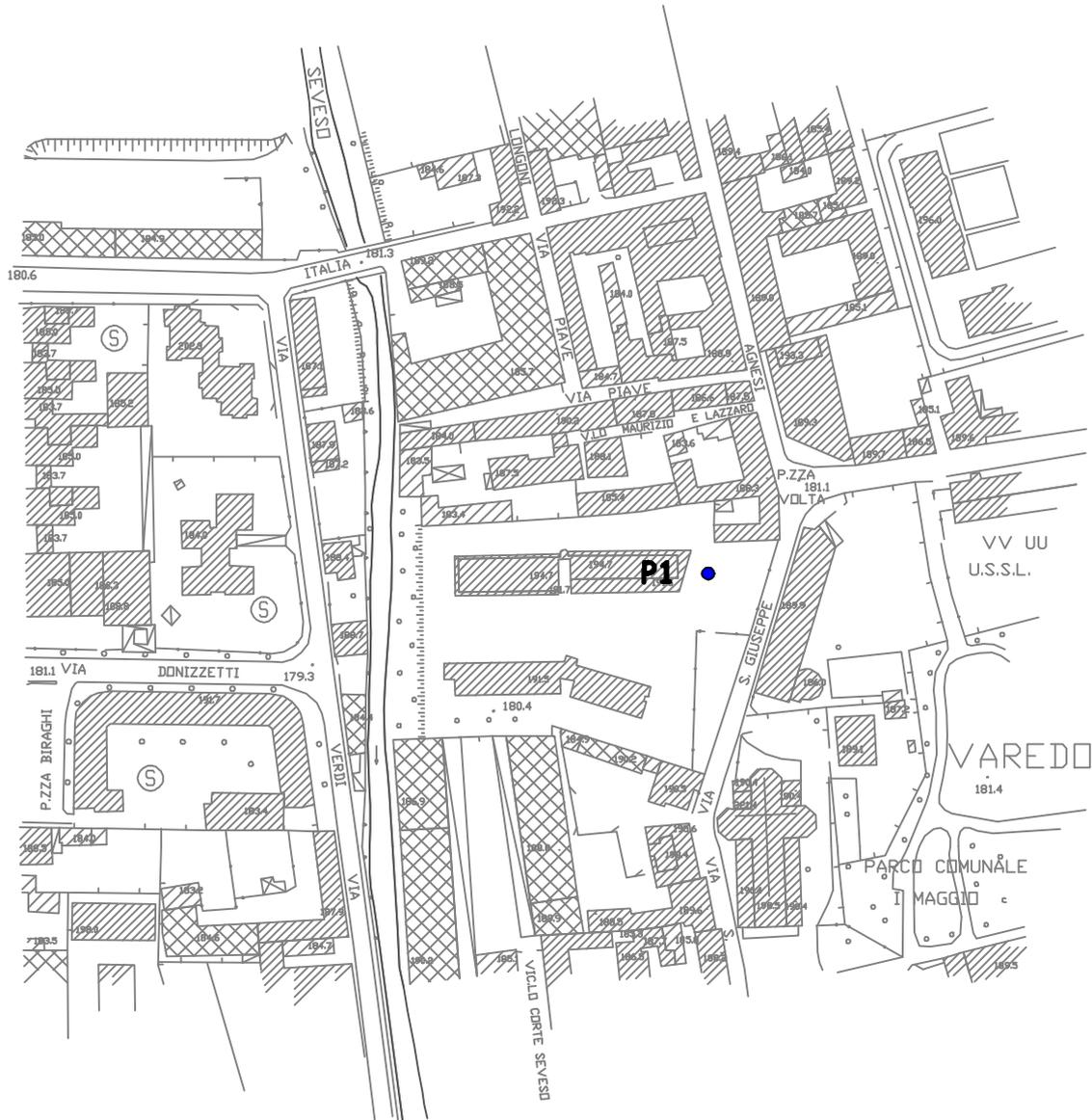
via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
di supporto al progetto preliminare per l'intervento
di realizzazione ponticello pedonale sul torrente Seveso

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:2.500

Legenda:

P1 ● Prova penetrometrica P1



discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N_{10} (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e N_{spt} è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N_{10} si può ricavare N_{spt} dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi	Terreni prevalentemente granulari
$N_{10}/N_{spt} \geq 0.7-0.8$ per $8 \leq N_{10} \leq 14$	$N_{10}/N_{spt} \geq 0.95-1.0$ per $8 \leq N_{10} \leq 15$
$N_{10}/N_{spt} \geq 0.8-1.0$ per $14 \leq N_{10} \leq 18$	$N_{10}/N_{spt} \geq 1.0-1.2$ per $15 \leq N_{10} \leq 30$

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione $N_{10}/N_{spt} = 0.8$

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati della prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica ha riscontrato il rifiuto all'avanzamento alla seguente profondità:

Massima profondità raggiunta	
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	3,30

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro. Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica. La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche. A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche. L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	12
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,95 t/m ³
Cu	0,8 Kg/cm ²
Eed	54 Kg/cm ²

2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	17
ϕ' (cautelativo)	31 °
Gamma	2 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	71 Kg/cm ²

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via S. Giuseppe - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Sg1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	4		3	
0,2	6		5	
0,3	20		16	
0,4	35		28	
0,5	20		16	
0,6	17		14	
0,7	25		20	
0,8	22		18	
0,9	28		22	
1	26		21	
1,1	16		13	
1,2	17		14	
1,3	12		10	
1,4	10		8	
1,5	9		7	
1,6	8		6	
1,7	5		4	
1,8	7		6	
1,9	6		5	
2	7		6	
2,1	7		6	
2,2	12		10	
2,3	15		12	
2,4	15		12	
2,5	16		13	
2,6	18		14	
2,7	17		14	
2,8	15		12	
2,9	21		17	
3	25		20	
3,1	24		19	
3,2	32		26	
3,3	50		40	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

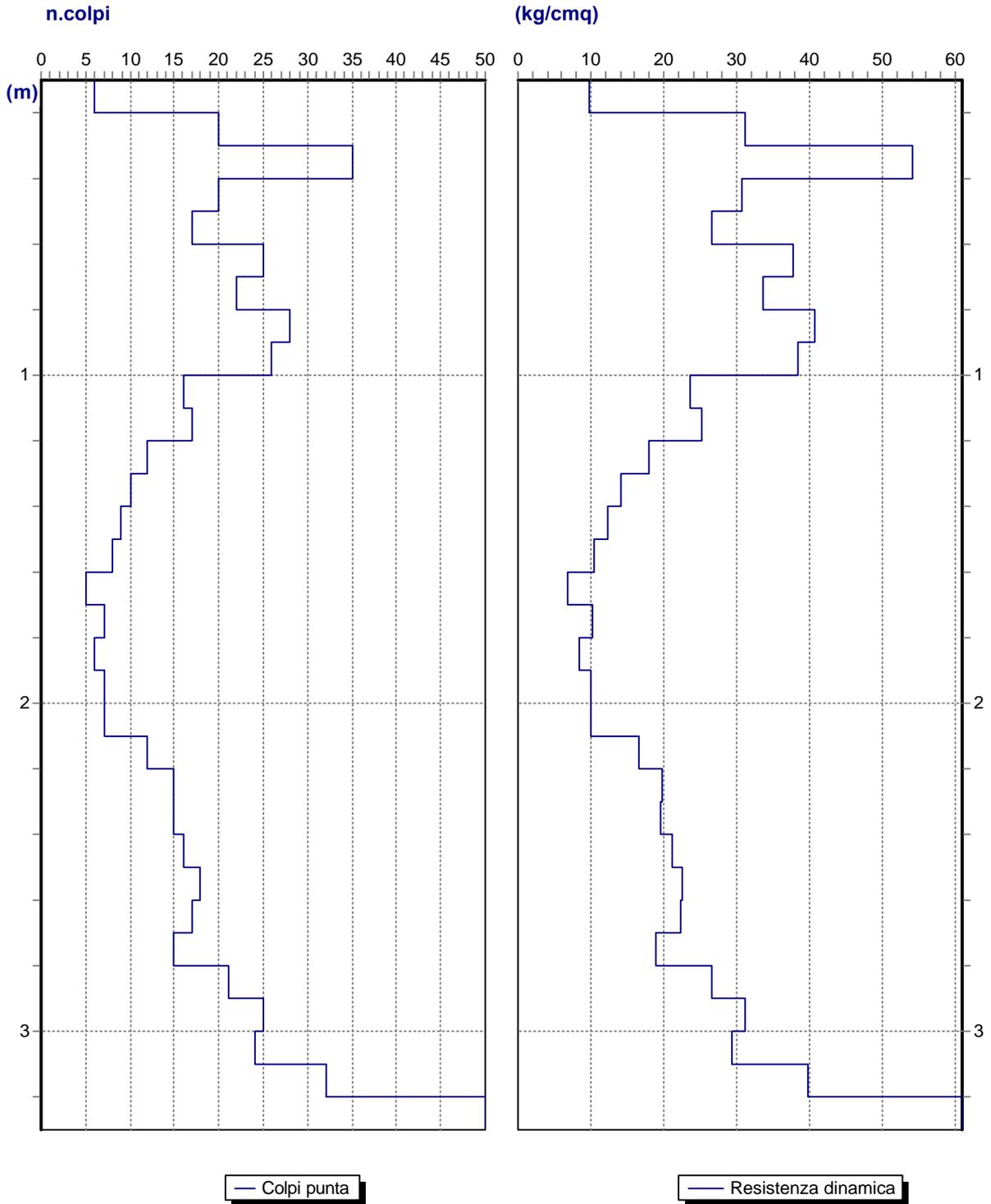
Località: Via S. Giuseppe - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Sg1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via S. Giuseppe - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Sg1

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
2,1	12	Argilla limosa			1,95			0,8	54	0,7	972		0,2
3,3	17	Ghiaia limosa	0,25	31	1,99	62	71				449	121	0,53

Profondità della falda (m): 35

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via S. Giuseppe - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Sg1

Prova 1

Calcolo della portanza di una fondazione superficiale

<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Portanza ammissibile (kg/cmq)</i>
2,1	12	Argilla limosa	1,2
3,3	17	Ghiaia limosa	1,7

Larghezza della fondazione (m): 1

Profondità di posa della fondazione (m): 3

Lunghezza della fondazione (m): 10

Coefficiente di sicurezza strati coesivi: 3

Metodo di calcolo: Parry

Coefficiente di sicurezza strati incoerenti: 3

Data: Gennaio 2003

3.2 Capacità portante e cedimenti

Sulla base della stima dei parametri geotecnici, attribuiti ai differenti orizzonti attraversati, è stato possibile pervenire alla stima della capacità portante delle fondazioni posate ad una quota media di - 2,5 m da p.c..

Per la stima della capacità portante delle fondazioni è stato utilizzato il metodo di Parry che si basa sulla seguente relazione :

$$Q_{amm}(KPa) = \frac{30N_{spt}}{F_s}$$

dove: F_s = coefficiente di sicurezza, di solito posto uguale a 3.

Dai calcoli eseguiti è emerso che posando le fondazioni entro l'orizzonte che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica sarà possibile ottenere valori di $Q_{amm} = 1,7 \text{ Kg/cmq}$.

3.4 Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

I cedimenti vengono calcolati con le relazioni proposte da Schmertmann (per gli strati incoerenti), passando attraverso la stima del modulo di deformazione o edometrico.

Il metodo di Schmertmann viene usato per calcolare il cedimento immediato e secondario di terreni incoerenti ed ha la seguente espressione:

$$S = C_1 C_2 Q \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{z_i}}{E_i} \cdot dH \right)$$

dove:

- Q = carico netto applicato sulla fondazione;
- C1 = $1 - 0.5(\sigma/Q)$, fattore correttivo per tenere conto dell'approfondimento della fondazione dove σ è la pressione efficace al piano di posa della fondazione ($C1 \geq 0.5$);
- C2 = $1 + 0.21 \log (T/0.1)$, fattore correttivo per tenere conto del

cedimento secondario dove T è il tempo di calcolo del
cedimento in anni;

- σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione;
 n = numero degli strati;
 dH = spessore dello strato;
 E_i = modulo di deformazione dello strato i -esimo;
 I_{zi} = fattore d'influenza per tenere conto della diffusione del
carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una
distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria
della fondazione.

Dai calcoli eseguiti sono emersi valori dei cedimenti totali molto ridotti, ampiamente inferiori ai limiti tollerabili dalle strutture in c.a di progetto.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazione, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo per la formazione di ponticello pedonale sul torrente Seveso, sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 1,5 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture di fondazione. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa 35 m dal .p.c.

Da tener presente tuttavia (in relazione alla quota di imposta delle fondazioni) la presenza di falda di subalveo del Seveso.

Dai calcoli preliminari sono risultati valori medi di capacità portante ammissibile (a 2,5 m da p.c.) pari a $Q_{amm} = 1,7 \text{ Kg/cm}^2$ e valori dei cedimenti totali e differenziali ampiamente contenuti entro i limiti massimi tollerabili dalle strutture in elevazione. Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito) per il corretto dimensionamento delle strutture di fondazione, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Bergamo, 27 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani *Geologo*

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati dal
progetto di realizzazione nuova rampa autostradale

Dott. Fabio Plebani
geologo

Dott. Norberto Invernici
geologo

Bergamo, 24 Gennaio 2003



1.0 Premessa

Nel seguente rapporto saranno illustrati i caratteri geologici e geologico - tecnici dei terreni siti in territorio comunale di Varedo (Mi), in Via Circonvallazione, di supporto al progetto preliminare per la formazione nuova rampa autostradale.

L'assetto geologico del territorio di studio è stato desunto dalla documentazione esistente e dai sopralluoghi direttamente eseguiti sui siti di interesse; per la definizione dei parametri geologico - tecnici dei terreni di sottofondo si è invece ricorso all'elaborazione ed interpretazione dei dati forniti da specifiche indagini geotecniche in sito, eseguite nel Gennaio 2003.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentiranno di definire alcuni parametri litotecnici, necessari alle stime per il dimensionamento della soprastruttura della nuova pavimentazione stradale.

Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito mirato quali prove di carico su piastra, CBR ecc..) per il corretto dimensionamento delle strutture stradali, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

2 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

L'assetto geologico dell'area è stato desunto, oltre che dai sopralluoghi eseguiti in sito, analizzando la bibliografia disponibile, con particolare riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio 45 Milano e la Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000.

I litotipi presenti nelle aree di intervento sono costituiti dai sedimenti riferibili alla fase glaciale più recente, in facies fluvioglaciale e fluviale Wurmiana (Pleistocene Sup.), con la tipica associazione di ghiaie a matrice sabbiosa e subordinatamente limosa - argillosa. Tali litotipi sono caratterizzati dalla presenza al p.c., di orizzonti di alterazione eluviale, con pedogenesi che in genere non si spinge oltre i 2 m di spessore, a cui fa seguito un potente livello ghiaioso sabbioso che costituisce in genere un buon terreno di sottofondo. L'assetto idrogeologico del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di due litozone distinte dall'alto verso il basso: Litozona ghiaioso sabbiosa e Litozona sabbiosa argillosa. La falda freatica è presente a partire da circa 35 - 40 m da piano campagna (misure piezometriche riferite al 2001), non in grado di determinare mutue, negative interferenze, con le opere di progetto. Dal punto di vista geologico - idrogeologico l'intervento di progetto risulta pertanto compatibile.

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

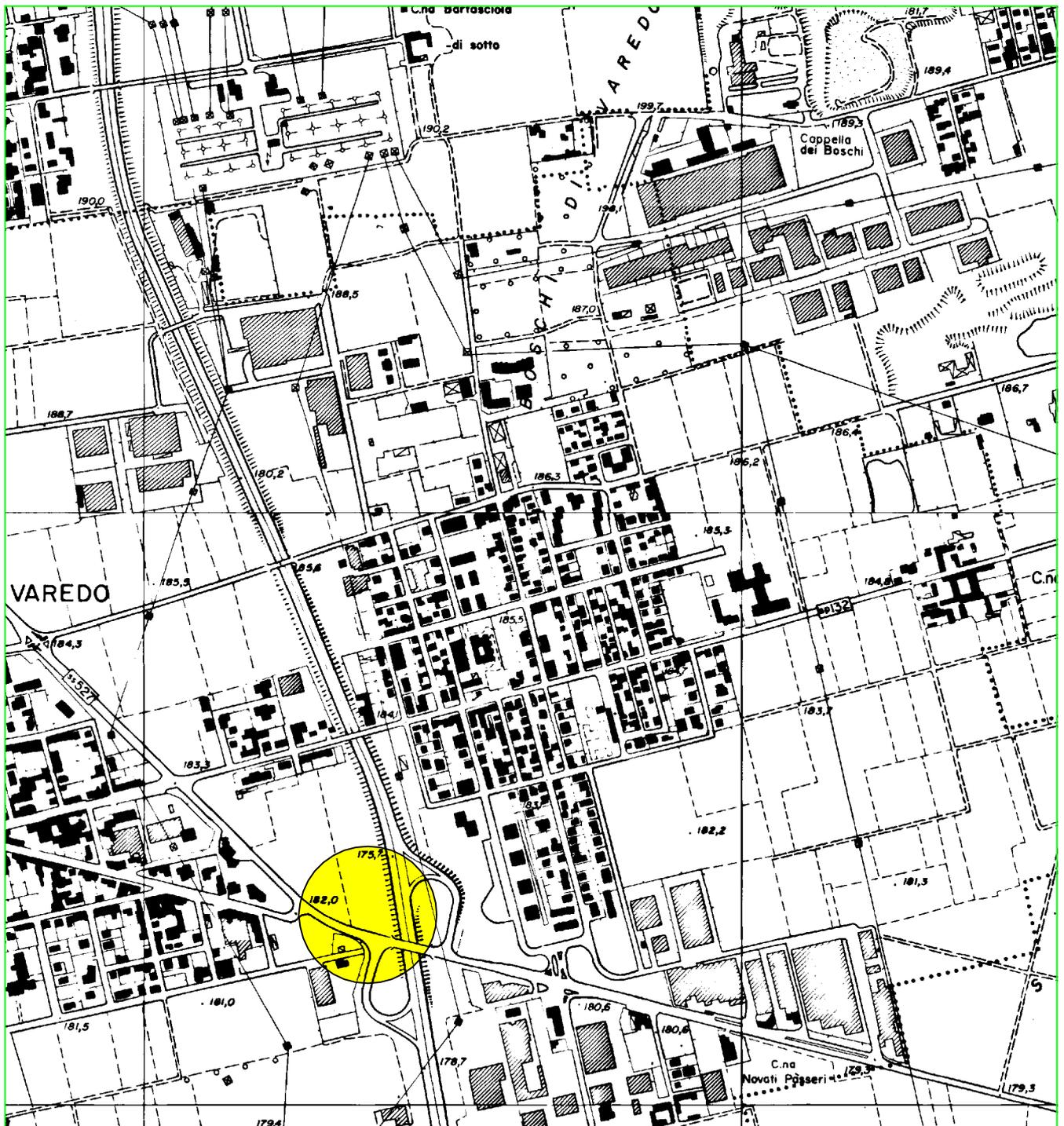
Norberto Invernici

geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rampa autostradale

Corografia CTR
Scala 1:10.000



3.0 - Indagini in sito

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica preliminare dei terreni di fondazione, è stata eseguita n° 1 prova penetrometrica dinamica continua spinta fino al rifiuto.

3.1 Prove penetrometriche dinamiche

La prova è stata eseguita con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPL - 30 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

peso massa battente 30 Kg - altezza caduta libera 0,20 m - Peso del sistema di battuta 12 Kg - Diametro punta conica 35,70 mm - Area base punta conica 10 cmq - Angolo apertura punta 60° - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 2,6 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,10 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 10 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del

Città di Varedo
Provincia di Milano

Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

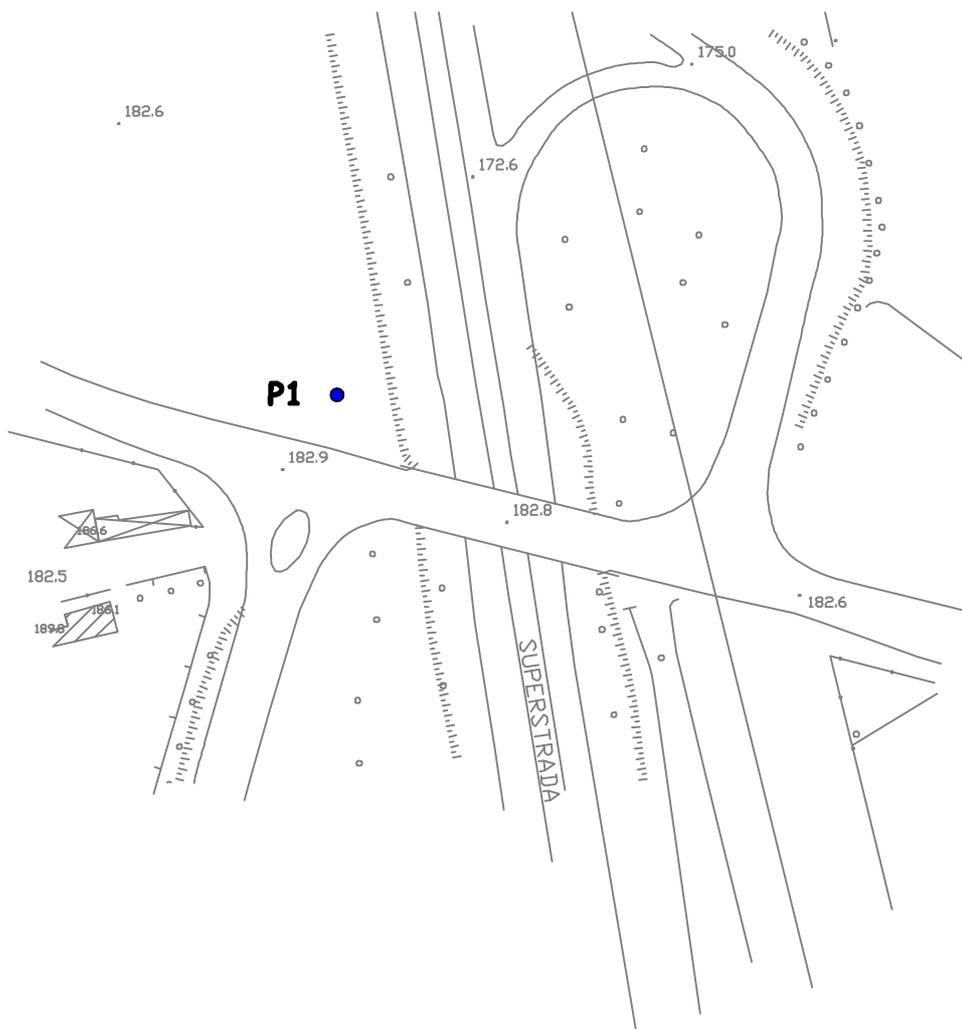
via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rampa autostradale

Planimetria di ubicazione
delle indagini in sito
Scala 1:2.000

Legenda:

P1 ● Prova penetrometrica P1



presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Per quanto riguarda il penetrometro Compac Penni 30 utilizzato la relazione tra N10 (numero di colpi per 10 cm di affondamento) e Nspt è la seguente :

$$0.7N_{spt} \geq N_{10} \geq 1.2N_{spt}$$

Conoscendo la natura del terreno e N10 si può ricavare Nspt dalla seguente tabella (Vannelli e Benassi, 1983):

Terreni prevalentemente coesivi	Terreni prevalentemente granulari
N10/Nspt ≥ 0.7-0.8 per 8 ≤ N10 ≤ 14	N10/Nspt ≥ 0.95-1.0 per 8 ≤ N10 ≤ 15
N10/Nspt ≥ 0.8-1.0 per 14 ≤ N10 ≤ 18	N10/Nspt ≥ 1.0-1.2 per 15 ≤ N10 ≤ 30

A deciso favore della sicurezza si è applicata la correlazione $N_{10}/N_{spt} = 0.8$

I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate.

3.1.1 Risultati della prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica ha riscontrato il rifiuto all'avanzamento alla seguente profondità:

Massima profondità raggiunta	
Prova (n°)	Profondità (m da p.c.)
1	5,20

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua né nei livelli direttamente indagati né a fondo foro.

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica, è da attribuire alla presenza di un livello ghiaioso, maggiormente addensato e/o con clasti di maggiori dimensioni, che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

La stratigrafia dei terreni presenti nell'area è costituita da un primo orizzonte superficiale di alterazione (potenza dell'ordine di circa 2 m) a composizione limosa argillosa con qualche ciottolo, dotato di mediocri caratteristiche litotecniche.

A questo orizzonte, fa seguito un livello a composizione ghiaiosa con matrice sabbiosa - limosa il cui addensamento aumenta all'aumentare della profondità, dotato di buone caratteristiche litotecniche.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici:

1 - Livello superficiale a comportamento reologico prevalentemente coesivo	
N° colpi medi	8
ϕ' (cautelativo)	0
Gamma	1,89 t/m ³
Cu	0,6 Kg/cm
Eed	41 Kg/cm ²

2 - Livello ghiaioso limoso a comportamento reologico prevalentemente granulare	
N° colpi medi	24
ϕ' (cautelativo)	34 °
Gamma	2,05 t/m ³
Cu	0 Kg/cm ²
E (mod. Young)	184 Kg/cm ²

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,1	10		8	
0,2	11		9	
0,3	12		10	
0,4	12		10	
0,5	15		12	
0,6	14		11	
0,7	14		11	
0,8	9		7	
0,9	9		7	
1	8		6	
1,1	11		9	
1,2	125		100	
1,3	15		12	
1,4	14		11	
1,5	15		12	
1,6	16		13	
1,7	17		14	
1,8	18		14	
1,9	21		17	
2	24		19	
2,1	25		20	
2,2	21		17	
2,3	20		16	
2,4	25		20	
2,5	23		18	
2,6	26		21	
2,7	32		26	
2,8	31		25	
2,9	25		20	
3	26		21	
3,1	37		30	
3,2	31		25	
3,3	35		28	
3,4	34		27	
3,5	42		34	
3,6	32		26	
3,7	30		24	
3,8	31		25	
3,9	32		26	
4	26		21	
4,1	25		20	
4,2	21		17	
4,3	24		19	
4,4	27		22	
4,5	51		41	

Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

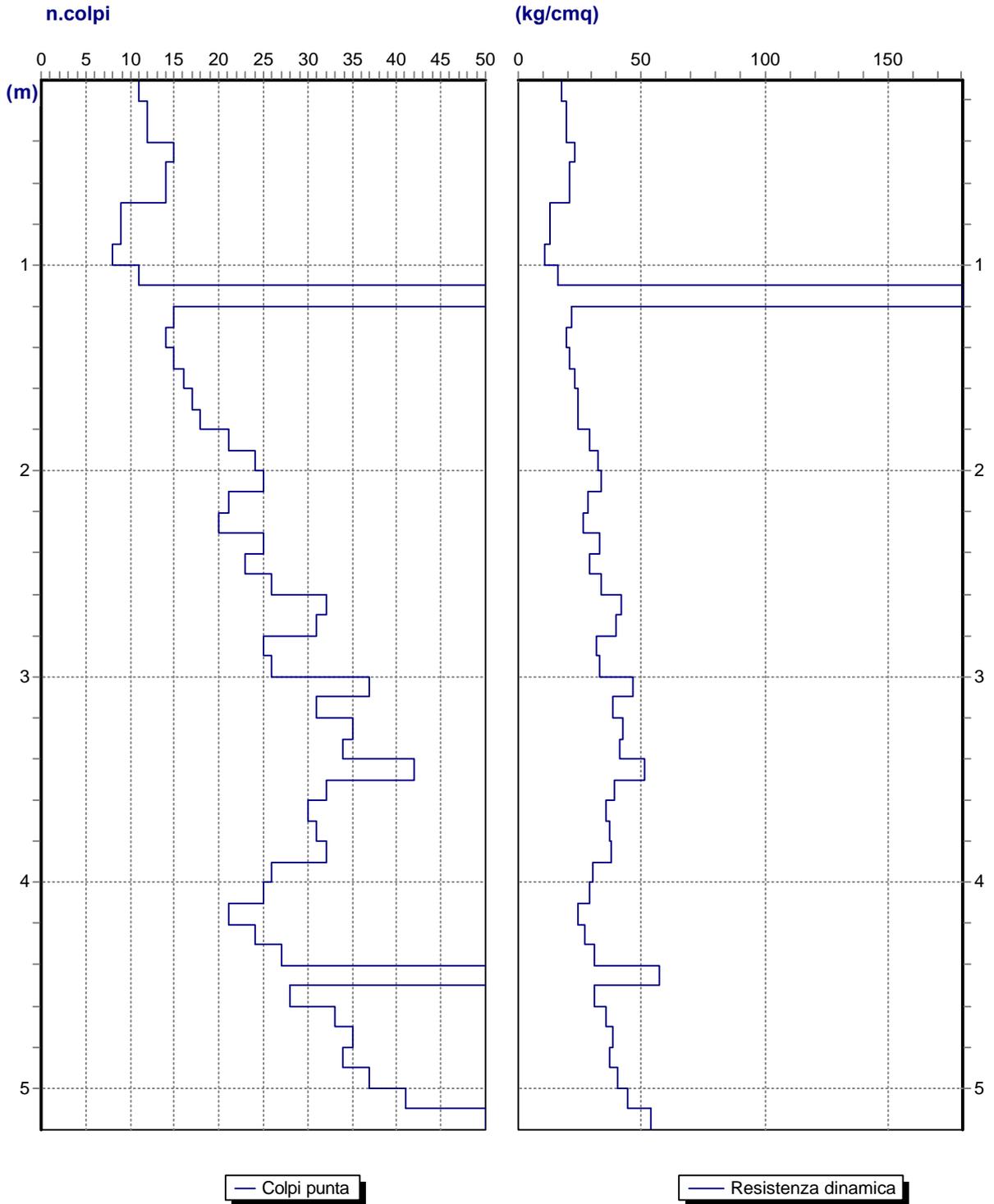
Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: Gennaio 2003

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

Committente: /

Località: Via Circonvallazione - Varedo (Mi)

Attrezzatura: Compac Penni 30

Sigla cantiere: Cv1

Prova 1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>Nspt medio equivalente</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>Rapporto Tau/Sigma</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
1,3	9	Argilla limosa			1,89			0,6	41	0,8	777		0,12
5,2	23	Ghiaia limosa	0,32	34	2,04	69	184				540	163	0,64

Profondità della falda (m): 35

Data: Gennaio 2003

Città di Varedo
Provincia di Milano

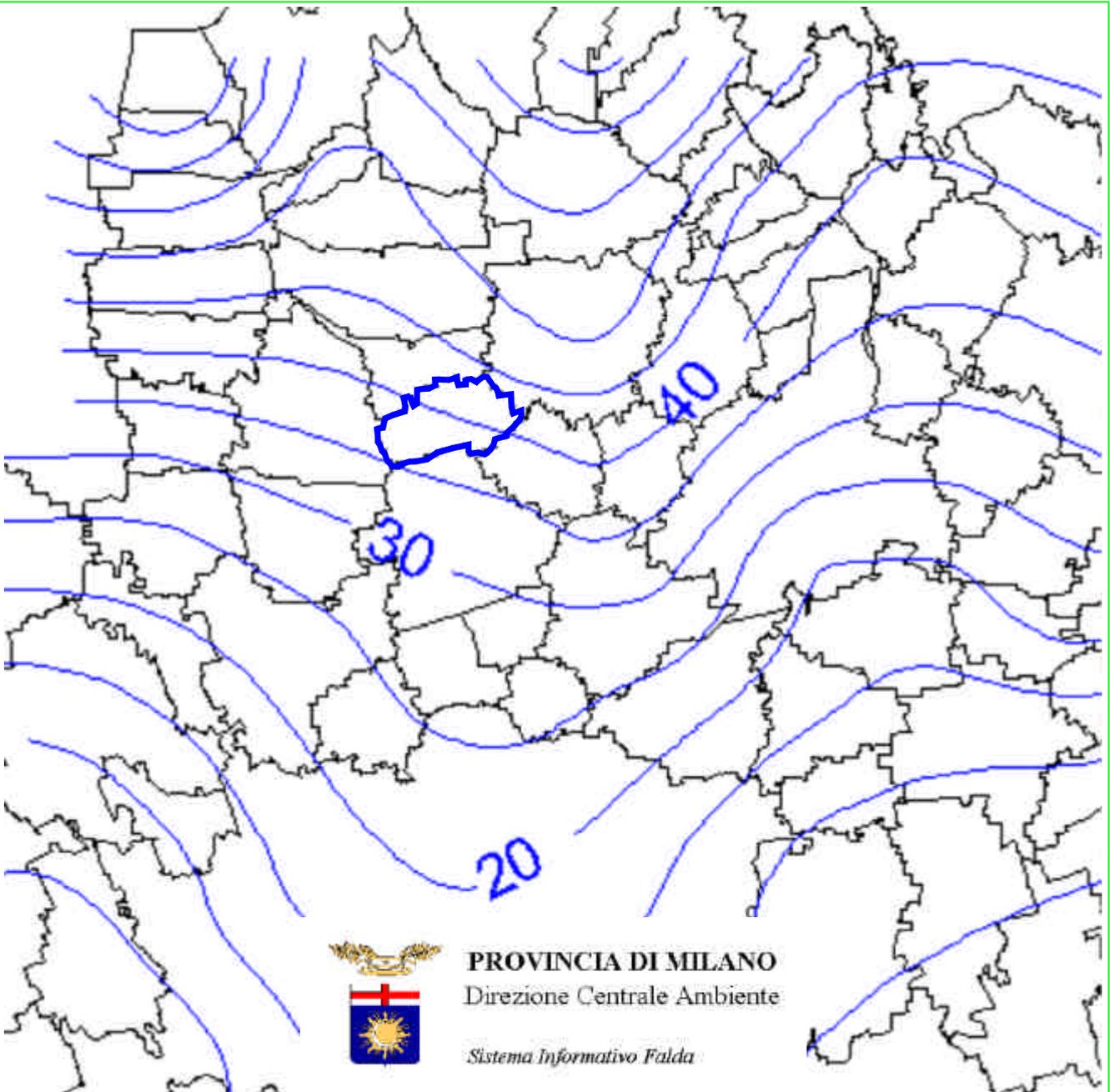
Fabio Plebani
geologo

Norberto Invernici
geologo

via Roma, 35
Castelli Calepio (Bg)
tel. e fax 035.44.25.112

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rampa autostradale

Carta della soggiacenza
della falda freatica



CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA (metri da p.c.) NELLA PROVINCIA DI MILANO

Settembre 2000

geol. Fabio Plebani - geol. Norberto Invernici

Via Roma, 35-Castelli Calepio (Bg)-035.44.25.112

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
4,6	28		22	
4,7	33		26	
4,8	35		28	
4,9	34		27	
5	37		30	
5,1	41		33	
5,2	50		40	

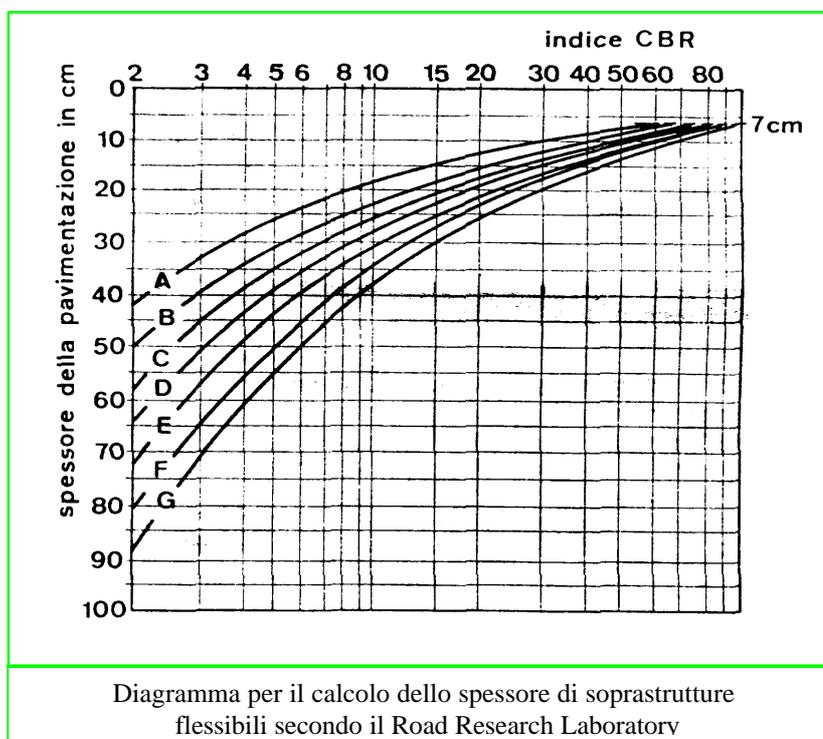
Data: Gennaio 2003

4.0 Classificazione di massima dei terreni di sottofondo e stima dello spessore totale della soprastruttura

Il dimensionamento della soprastruttura della nuova pavimentazione stradale si esegue sulla base dei dati di specifiche prove di laboratorio C.B.R. (California Bering Ratio) su campioni di terreno di sottofondo preventivamente costipati all'umidità ottimale. Tale prova consiste nel far penetrare verticalmente nel campione preparato un pistone di dimensioni note ad una velocità stabilita, misurando lo sforzo necessario ai diversi intervalli di avanzamento. I dati di laboratorio consentono di costruire una curva specifica per il materiale. In assenza di specifiche prove CBR, e di prove di carico su piastra, che dovranno essere eseguite a supporto del progetto esecutivo, si sono adottati metodi empirici per la stima del CBR e per la determinazione di massima dello spessore totale della soprastruttura. I dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di entrare nella tabella di classificazione AASHO (UNI 10008) allegata ed attribuire ai terreni di sottofondo indagati la Classe A2 (Ghiaia e sabbia limosa argillosa). Tali terre sono caratterizzate da capacità portante, in assenza di gelo da mediocre a buona, con rigonfiamento nullo e sono dotati di permeabilità media (10^{-5} cm/sec). Sulla base di dati sperimentali riferiti a numerosi lavori stradali è possibile associare a ciascuna classe di terreni un range caratteristico di valori di CBR.

N°CBR	Definizione	Uso	Classificazione
0-3	molto basso	sottofondo	A5, A6, A7
3-7	da basso a medio	sottofondo	A4, A5, A6, A7
7-20	medio	fondazione	A2, A4, A6, A7
20-50	buono	base, fondazione	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	eccellente	base	A1a, A2-4, A3

Nel caso specifico, per i terreni di sottofondo (a partire da circa - 1- 1,5 m da p.c.)
in via cautelativa, si considera un valore medio di **CBR pari a 15**,
Attraverso il valore di CBR così attribuito è possibile entrare nel grafico relativo al
dimensionamento della soprastruttura che, in funzione del valore di CBR e delle
curve caratteristiche relative alle differenti condizioni di traffico, consente di
individuare lo spessore complessivo della soprastruttura.



Le sette curve riportate nel diagramma si riferiscono ai seguenti traffici:

Classe A - Traffico medio giornaliero compreso tra 0 e 15 veicoli pesanti;

Classe B - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 15 e 45;

Classe C - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 45 e 150;

Classe D - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 150 e 450;

Classe E - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 450 e 1500;

Classe F - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti compreso fra 1500 e 4500;

Classe G - Traffico medio giornaliero di veicoli pesanti oltre 4500;

Le stime eseguite andranno tuttavia valutate alla luce dei litotipi di sottofondo effettivamente presenti nell'area, che potranno essere verificati solo dopo le necessarie indagini geotecniche di supporto al progetto esecutivo.

4.0 Conclusioni

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati conseguiti dalle elaborazioni geotecniche, predisposte a partire dai dati delle indagini in sito e delle successive interpretazioni, che consentono di fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni.

Dal presente lavoro risulta che i terreni di sottofondo degli interventi da realizzarsi nell'area della prevista nuova rampa autostradale di via Circonvallazione sono dotati di buone caratteristiche litotecniche a partire da circa - 1,5 m da p.c., in grado di determinare una buona interazione con le strutture stradali. Le indagini eseguite hanno escluso la presenza di acqua (piccole falde sospese) entro gli orizzonti direttamente interessati, mentre la presenza di superficie freatica (desunte dalle stratigrafie dei pozzi consultati) è presente solo a partire da circa - 35 m dal .p.c.

I dati forniti dalle prove penetrometriche hanno consentito, in via indiretta, di entrare nella tabella di classificazione AASHO (UNI 10008) allegata ed attribuire

ai terreni di sottofondo indagati la Classe A2 (Ghiaia e sabbia limosa argillosa). Tali terre sono caratterizzate da capacità portante, in assenza di gelo da mediocre a buona, con rigonfiamento nullo e sono dotati di permeabilità media (10^{-5} cm/sec). Tale rapporto rappresenta il supporto al progetto preliminare, ed è stato predisposto per verificare la fattibilità geologica dell'intervento, fornendo agli enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri; in nessun caso i dati in esso contenuti potranno essere utilizzati per la fase progettuale esecutiva che dovrà, necessariamente, essere accompagnata dalla relativa relazione geologica geotecnica esecutiva (e relative indagini in sito mirate quali prove di carico su piastra, CBR ecc..) per il corretto dimensionamento delle strutture stradali, con dati geotecnici più dettagliati e con l'impiego di metodi di calcolo più approfonditi, e per poter esprimere eventuali prescrizioni a cui l'intervento dovrà eventualmente sottostare.

In conclusione, da quanto risulta dallo studio eseguito, gli interventi di progetto sono compatibili con il locale assetto geologico s.l. dei terreni di sottofondo e non comportano controindicazioni di carattere geologico - idrogeologico.

Castelli Calepio (Bg), 24 Gennaio 2003

Dott. Fabio Plebani Geologo

Dott. Geol. Norberto Invernici



Città di Varedo
Provincia di Milano

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche
preliminari sui terreni siti in via Circonvallazione, interessati
dal progetto di realizzazione nuova rampa autostradale