

**COMUNE DI CERNUSCO SUL NAVIGLIO**

**PIANO ATTUATIVO  
Campo della Modificazione M1\_5  
Via Dante Alighieri**

**Allegato I  
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA**

**MARZO 2014**

Rif. L1653

Comune di

## Cernusco sul Naviglio

Provincia di Milano

Nuovo intervento edilizio in Via Petrarca –  
P.A. Campo della Modificazione M1\_5

# RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

(ai sensi del D.M. 14-01-2008)

Esecuzione di n.6 prove penetrometriche dinamiche (SCPT),  
n.1 prova MASW, n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio  
continuo con n. 4 prove SPT

Committente:

**Giemme Costruzioni s.r.l.**

Via Roma, 33

Cernusco Sul Naviglio (MI)

Basiano, 18/02/2014

Dott. Geol. Carlo Leoni



**STUDIO  
PROFESSIONALE**

**Dr. Geol.  
Carlo D. Leoni**

*Iscrizione N° 776  
all'Albo  
dell'Ordine dei Geologi  
della Regione Lombardia*

- ↘ *Geologia*
- ↘ *Geotecnica*
- ↘ *Idrogeologia*
- ↘ *Ambiente*
- ↘ *Pianificazione  
Territoriale*
- ↘ *Cave, Discariche*
- ↘ *Ripristini Ambientali*
- ↘ *Indagini geognostiche*
- ↘ *Geotermia*

**SOMMARIO**

<b>1. Premessa</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di indagine</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Indagini eseguite</b> .....	<b>6</b>
3.1. Prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT) .....	6
3.2. Sondaggio a carotaggio continuo .....	8
3.3. Prove penetrometriche standard (SPT) .....	8
3.4. Indagine geofisica con la metodologia Masw .....	9
<b>4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno</b> .....	<b>12</b>
<b>5. Considerazioni in merito alle tipologie fondazionali più idonee</b> .....	<b>17</b>
<b>6. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti del terreno di fondazione</b> .....	<b>19</b>
6.1 Analisi della capacità portante.....	19
6.2 Analisi dell'azione sismica.....	21
6.3 Liquefazione delle sabbie.....	28
6.4 Determinazione delle resistenze (Rd) .....	28
6.5 Analisi dei cedimenti.....	30
6.6 Coefficiente di Winkler .....	31
<b>8. Considerazioni conclusive</b> .....	<b>32</b>

**ALLEGATI**

- ✓ *Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite;*
- ✓ *Stratigrafie sondaggio geognostico e documentazione fotografica;*
- ✓ *Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche SCPT;*
- ✓ *Risultati prova Masw.*

pag.1

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 1. Premessa

In seguito all'incarico conferito dalla società Giemme Costruzioni s.r.l., con sede a Cernusco Sul Naviglio in Via Roma n.33, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche volte alla definizione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area sita in Via Petrarca nel Comune di Cernusco Sul Naviglio (Mi), nell'ambito di un nuovo Piano Attuativo denominato Campo della Modificazione M1\_5, in cui è prevista la realizzazione di nuovi edifici di tipo residenziale. L'area si trova nella periferia N-E dell'abitato di Cernusco sul Naviglio (vedi fig. 1) e si presenta come una superficie planare ad una quota media di circa 136 m s.l.m.



Fig. 1 - Inquadramento corografico dell'area di intervento (fonte: Google Earth)

pag.2

### Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

L'indagine in particolare è consistita nell'esecuzione di **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1)**, di **n. 6 prove penetrometriche dinamiche**, di **n. 4 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio** e **n. 1 prova sismica tipo MASW**.

L'indagine è stata programmata ed esperita sulla base della normativa ministeriale oggetto del **D.M. 14.01.2008** concernente le "Norme tecniche sulle costruzioni". Tale caratterizzazione è importante non solo per una corretta scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione, ma anche perchè a seguito di detto D.M. è necessario verificare i parametri sismici della zona. Sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, il territorio comunale di Cernusco S/N è stato classificato come ZONA 4. In riferimento a quest'ultima normativa, sulla base della litostratigrafia rilevata e dell'indagine sismica eseguita (prove MASW), è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo B".

E' necessario quindi prevede in sede di indagine geologico-tecnica la verifica di alcuni elementi e fattori che influenzano il comportamento delle fondazioni; tra questi la **litologia** dei terreni di substrato, la profondità del piano di imposta, il **carico allo stato limite ultimo**, la suscettibilità alla **liquefazione** dei terreni di fondazione, i possibili **cedimenti** e il livello della **falda** acquifera.

Considerata l'omogeneità litostratigrafia e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e tenuto in considerazione l'estensione del lotto da indagare, si ritiene che le indagini eseguite siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è avvalorata dalla conoscenza delle aree circostanti a quella di intervento che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

Nello specifico la relazione viene così articolata:

- definizione delle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche locali;

*pag.3*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

- definizione del modello geotecnico del sottosuolo e parametrizzazione dei terreni;
- Valutazione degli effetti sismici di sito e definizione della categoria sismica del suolo di fondazione;
- Valutazione della capacità portante dei terreni;
- Verifica dei cedimenti fondazionali.

### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- ✓ D.M. 14 Gennaio 2008: Norme tecniche per le costruzioni
- ✓ CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003
- ✓ Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- ✓ Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

*pag.4*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif.Geo. L1653</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: febbraio 2014</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev2:</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

## **2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di indagine**

Dal punto di vista geologico, la zona in esame (come il resto del territorio comunale), è parte integrante di un vasto ripiano alluvionale di età pleistocenica impostato su depositi alluvionali noti nella letteratura geologica come "Fluvioglaciale Würm" o "Diluvium recente".

Tali depositi, che costituiscono il cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura" (L.F.P.), sono contraddistinti da terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi, con progressiva diminuzione della granulometria procedendo verso i settori meridionali.

La litologia caratteristica del Diluvium Recente è rappresentata da ghiaia e sabbia debolmente limosa inglobante ciottoli di dimensioni variabili e rari trovanti. I caratteri sedimentologici specifici sono quelli dei depositi alluvionali: clasti con grado di arrotondamento variabile da subarrotondato ad arrotondato e alterazione limitata o assente. Tali depositi sono generalmente ricoperti da uno strato di alterazione superficiale di spessore contenuto e composto da sedimenti limoso-sabbiosi localmente associati a ghiaia di varia pezzatura (prevalentemente medio-fine).

**L'indagine geognostica, secondo le attese, non ha rilevato la presenza di una falda idrica superficiale, che dovrebbe invece attestarsi, sulla base delle conoscenze idrogeologiche locali, a profondità >10m rispetto al piano campagna.**

**Considerando le caratteristiche strutturali in progetto e le condizioni idrogeologiche generali è da escludere un'interazione della falda con il settore di sottosuolo interessato dai cunei di rottura e dai bulbi di pressione generabili inferiormente alle fondazioni.**

*pag.5*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 3. Indagini eseguite

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1);
- n. 4 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue (P1 ÷ P6);
- n. 1 prova sismica eseguita con la metodologia Masw.

L'ubicazione delle indagini effettuate viene riportata nella planimetria in allegato.

**Come superficie di riferimento (0 RIF.) a cui riportare tutte le quote riportate di seguito è stato scelto il piano campagna su cui sono state eseguite le indagini.**

#### 3.1. Prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico PAGANI tipo TG 63/100 KN che, secondo la normativa europea I.S.S.M.F.E. '88, è paragonabile ad un DPSH (Dynamic Probing Super Heavy). Le caratteristiche dello strumento utilizzato corrispondono alla nuova categoria di standard internazionale.

La prova consiste nell'infissione lungo la direzione del filo a piombo di una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, in seguito alla discesa di un maglio di peso pari a 73 Kg direttamente sulla testa di battuta da un'altezza di caduta di 75cm.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione di 30 cm delle aste nel terreno ( $N_{SCPT}$ ) in modo continuo, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.

Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due

pag.6

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze pratiche (funzione della litologia e del rendimento dello strumento).

Le caratteristiche tecniche principali vengono riassunte di seguito:

- ✓ peso massa battente 73 Kg
- ✓ altezza di caduta 0.75 m
- ✓ lunghezza aste 0.90 m
- ✓ diametro aste 34 mm
- ✓ diametro punta conica 51 mm
- ✓ angolo del cono 60°

In tutte le prove eseguite è stata raggiunta la situazione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, corrispondente al superamento di 100 colpi/piede, in seguito al raggiungimento di un livello molto addensato o cementato.

Di seguito si riportano le profondità raggiunte in corrispondenza di ciascuna prova.

<b>Prova</b>	<b>Piano inizio prove in metri da 0.0 RIF (piano campagna)</b>	<b>Profondità in metri</b>	<b>Rifiuto all'avanzamento della punta</b>
P1	0.0	5.4	si
P2	0.0	3.3	si
P3	0.0	4.2	si
P4	0.0	4.5	si
P5	0.0	3.6	si
P6	0.0	5.7	si

Le tabelle e i diagrammi delle prove penetrometriche vengono riportati in allegato.

pag.7

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 3.2. Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio geognostico (S1) è stato eseguito tramite impiego di una sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro, ed è stato spinto fino ad una profondità di -10 m dal p.c.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite con utilizzo di acqua e recupero integrale del terreno attraversato. E' stato utilizzato un carotiere semplice con diametro di 101 mm; per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 127 mm.

Il materiale prelevato è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici, successivamente conservate nella zona di cantiere.

**La successione stratigrafica del sottosuolo, determinata mediante l'interpolazione dei dati stratigrafici desunti dal sondaggio e dalle prove penetrometriche dinamiche, risulta costituita, al di sotto di un orizzonte superficiale costituito da terreno vegetale, da un materasso alluvionale molto uniforme costituito da depositi grossolani sabbioso-ghiaiosi più o meno limosi con qualche ciottolo.**

La stratigrafia dettagliata del sondaggio eseguito viene riportata in allegato corredata dalla documentazione fotografica delle carote di terreno.

### 3.3. Prove penetrometriche standard (SPT)

All'interno del foro di sondaggio S1 sono state eseguite n°4 prove penetrometriche standard SPT, i cui risultati sono riassunti nella tabella seguente.

<b>Sondaggio</b>	<b>Profondità (m da 0 rif.)</b>	<b>Valori N (n°colpi x 15cm di avanzamento)</b>	<b>Valori N<sub>spt</sub></b>
<b>S1</b>	3.00 ÷ 3.45	31 - 36 - 42	78
	5.00 ÷ 5.45	27 - 29 - 32	61
	7.00 ÷ 7.45	23 - 31 - 40	71
	9.00 ÷ 9.45	4 - 6 - 19	25

pag.8

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

La prova SPT avviene a fondo foro di sondaggio, in fase di avanzamento, consentendo l'investigazione di specifici livelli posti a determinate profondità. Ciascuna prova si riferisce al valore della resistenza del terreno offerta per l'infissione di un tratto di 45cm (espresso con tre valori, riferiti a 15cm ciascuno). La prova giunge a rifiuto (R) quando supera i 50 colpi per un avanzamento minore di 15 cm. Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata un'attrezzatura avente le caratteristiche tecniche di seguito riportate:

- ✓ *maglio in acciaio del peso di 63.5kg*
- ✓ *caduta libera del maglio di 760mm*
- ✓ *dispositivo con sganciamento automatico del maglio*
- ✓ *punta conica con angolo di 60°*
- ✓ *aste  $\varnothing$  50 mm / spessore 5.9 mm*

### 3.4. Indagine geofisica con la metodologia Masw

Per la valutazione della compatibilità dell'intervento in oggetto con il rischio sismico locale, è stata eseguita n. 1 prova sismica con la metodologia MASW, con la quale si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) fino alla profondità di 33 m dall'attuale piano di campagna.

Il modello sismico monodimensionale ( $V_s$ -profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitespecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche sulle costruzioni").

*pag.9*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif. Geo. L1653</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: febbraio 2014</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev2:</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

Il metodo MASW è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

L'apparecchiatura utilizzata per le prospezioni è costituita da una serie di 24 geofoni che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'energizzazione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

La sorgente di energia nel nostro caso è rappresentata da una mazza battente avente un peso di 5 Kg.

#### Caratteristiche tecniche strumentazione:

Canali	24
Canale aggiuntivo	segnale di starter non filtrato
Risoluzione	16 bit
Dinamica	equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento equiv. 24 bit su 12 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
Pretrigger	automatico
Rumore	paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
Trasmissione dati	GPRS
Trigger	segnale, apertura e chiusura
Filtri analogici	antialias 4° ordine
Alimentazione	12 V - 3A

pag.10

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nello specifico è stato eseguito n.1 stendimento sismico tipo MASW secondo le modalità riportate in precedenza. La lunghezza di uno stendimento è pari a 48 metri. L'ubicazione è riportata nella planimetria in allegato. Di seguito viene riportato il profilo delle Vs con la profondità.

Strato	Da prof	A prof	Vs
1	0,0	1,1	<b>132</b>
2	1,1	2,1	<b>243</b>
3	2,1	4,3	<b>366</b>
4	4,3	5,9	<b>374</b>
5	5,9	9,4	<b>374</b>
6	9,4	22,8	<b>426</b>
7	22,8	33,0	<b>442</b>

la Vs30, velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, viene calcolata con la seguente espressione:

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

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

A partire dai profili Vs-profondità propri dell'area in esame, ottenuto mediante le indagini MASW appositamente realizzate, è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore di Vs30 che risulta:

$$\mathbf{Vs30 = 418 \text{ m/s}}$$

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, che definisce le "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", sulla base dell'indagine eseguita è possibile far rientrare l'area indagata nella **categoria di suolo di fondazione tipo B** "Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs compresi tra 360 e 800 m/s".

pag.11

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

#### **4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno**

La ricostruzione delle caratteristiche del sottosuolo della zona indagata è basata sul censimento dei dati esistenti (stratigrafie dei pozzi comunali, indagini geotecniche, scavi, ecc.) oltre che dall'esame indiretto delle prove penetrometriche dinamiche e dall'esame diretto del sondaggio esplorativo S1 eseguiti all'interno dell'area di intervento.

Lo schema litostratigrafico del sottosuolo può essere così riassunto:

- 0,0 – 1,5/2,0 m da p.c. Sabbie limose (orizzonte A)
- Oltre 1,5/2,0 m da p.c. Sabbie e ghiaie addensate (orizzonte B)

**Le risultanze delle prove, confrontate con i dati a disposizione dello scrivente per questo settore del territorio comunale, contribuisce a definire un modello in cui i terreni di substrato si presentano geomeccanicamente e litostratigraficamente molto uniformi su tutta la superficie indagata.**

Le caratteristiche del sottosuolo di interesse sono state definite in base ai risultati delle prove penetrometriche (esame del trend della resistenza di punta e rapporto resistenza di punta/resistenza laterale offerta dal rivestimento).

Per il modello geotecnico del sottosuolo utile per le elaborazioni analitiche contenute di seguito, i terreni investigati possono essere suddivisi in **n.2 unità litotecniche** sovrapposte a diversa resistenza penetrometrica e progressivamente crescente dal primo all'ultimo strato. Vista la natura prevalentemente incoerente dei terreni si assume un *valore di coesione nullo*. Di seguito si descrivono le diverse litozone e i vari parametri geotecnici associati.

I parametri geotecnici vengono ricavati dalle correlazioni proposte in letteratura in funzione dei valori di  $N_{spt}$ , a loro volta ricavati dai valori della prova penetrometrica dinamica ( $N_{scpt}$ ), tramite la seguente relazione:  $N_{spt} = N_{scpt} \times 1.5$ , considerata la

pag.12

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

presenza di terreno incoerente di natura prevalentemente sabbioso/ghiaiosa (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quello in esame).

**NOTA.** I valori di angolo d'attrito  $\phi$  e di modulo elastico **E** sono in realtà i "valori caratteristici" (fk) ottenuti partendo dai valori medi (evidenziati in color arancione nelle tabelle seguenti). Per definizione il valore caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

### **Orizzonte A**

Costituisce la porzione di terreno più superficiale, in corrispondenza di valori di  $N_{scpt}$  oscillanti attorno a 2 colpi/piede, indicativi di terreni allo stato sciolto con caratteristiche geologico-tecniche scadenti. Si rinviene da p.c. fino ad una profondità di 1,5/2,0 m dal p.c.

Corrisponde al terreno vegetale e litologicamente viene assunta a composizione sabbioso-limosa.

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
$N_{scpt}$ (colpi da prova Scpt)	2	colpi/piede
$N_{spt}$ (colpi da prova Spt)	2	colpi/piede
$\gamma$ (peso di volume)	17 ÷ 18	KN/m <sup>3</sup>
$\phi$ (angolo di attrito)	24	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	70	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	25 ÷ 30	%

### **Orizzonte B**

Viene individuata inferiormente alla precedente in corrispondenza di valori di  $N_{scpt}$  superiore a 25 colpi/piede, indicativi di terreni addensati con caratteristiche geotecniche buone. Litologicamente si assume a composizione sabbioso-ghiaiosa. Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

pag.13

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Parametro	Valore	Unità di misura
N <sub>dcpt</sub> (colpi da prova Dcpt)	> 25	colpi/piede
N <sub>spt</sub> (colpi da prova Spt)	> 37	colpi/piede
γ (peso di volume)	20 ÷ 21	KN/m <sup>3</sup>
φ (angolo di attrito)	34	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	400	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	>75	%

Il comportamento del terreno nei confronti delle sollecitazioni indotte dai carichi fondazionali viene considerato di tipo prevalentemente frizionale, per la predominanza delle componenti grossolane su quelle fini coesive, con resistenza al taglio in condizioni drenate e assenza di significative componenti secondarie per consolidazione. Nella tabella seguente si fornisce la visualizzazione delle diverse litozone con relativi spessori in corrispondenza delle prove.

	<b>Orizzonte A</b> – terreno allo stato sciolto
	<b>Orizzonte B</b> – terreno addensato

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Profondità (m)		P1	P2	P3	P4	P5	P6
0,00	-0,30	1	1	1	1	1	6
-0,30	-0,60	1	1	2	3	1	2
-0,60	-0,90	1	1	2	2	2	2
-0,90	-1,20	1	1	10	2	2	2
-1,20	-1,50	3	1	17	8	14	4
-1,50	-1,80	11	3	22	9	14	6
-1,80	-2,10	15	7	23	14	23	23
-2,10	-2,40	25	17	22	27	32	25
-2,40	-2,70	19	23	21	34	33	26
-2,70	-3,00	35	40	30	31	31	14
-3,00	-3,30	29	100	21	28	39	22
-3,30	-3,60	14		20	42	100	39
-3,60	-3,90	27		33	48		36
-3,90	-4,20	30		100	39		37
-4,20	-4,50	30			100		21
-4,50	-4,80	40					34
-4,80	-5,10	42					46
-5,10	-5,40	100					49
-5,40	-5,70						100
-5,70	-6,00						

I parametri geotecnici sono stati calcolati a partire dal numero di colpi mediante le correlazioni proposte in letteratura, specificate di seguito.

### **Densità relativa**

La densità relativa è stata ricavata con la seguente relazione di Gibbs & Holtz (1957), valida per terreni sabbiosi normal consolidati:

$$D_r = 21 [N_{spt} / (\sigma + 0.7)].$$

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**Angolo di attrito**

L'angolo di attrito interno è stato ricavato dalla seguente correlazione proposta da Meyerhof che meglio si adatta alle connotazioni geotecniche in esame:

$$\phi = 23.7 + 0.57 N_{spt} - 0.006 (N_{spt})^2$$

**Modulo di deformazione**

E' stato calcolato attraverso le seguenti correlazioni di Webb-D'Apollonia che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:

$$E = 300 (N + 6) \text{ [valido per sabbie limose]}$$

$$E = 600 (N + 6) + 2000 \text{ [valido per sabbie ghiaiose con } N > 15 \text{ colpi/piede]}$$

$$E = 1200 (N + 6) \text{ [valido per sabbie ghiaiose]}$$

Dove  $N = N_{spt} * 70/55$  (fattore correttivo)

**Coesione**

Considerata la natura incoerente dei terreni si è considerato un valore nullo di coesione.

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## **5. Considerazioni in merito alle tipologie fondazionali più idonee**

Il progetto prevede la realizzazione di nuovi edifici residenziali disposto su 3 livelli fuori terra oltre al livello interrato adibito a box e cantine.

Le risultanze dell'indagine geognostica vengono riassunte di seguito, al fine di poter avanzare le ipotesi per l'adozione delle più idonee soluzioni fondazionali:

a. L'indagine geognostica, secondo le attese, non ha rilevato la presenza di una falda idrica superficiale, che dovrebbe invece attestarsi, sulla base delle conoscenze idrogeologiche locali, a profondità  $>10$  m rispetto al piano campagna. Considerando le caratteristiche strutturali in progetto e le condizioni idrogeologiche generali è da escludere un'interazione della falda con le opere di fondazione e con il settore di sottosuolo interessato dai cunei di rottura e dai bulbi di pressione generabili inferiormente alle fondazioni.

b. Le risultanze delle indagini eseguite contribuisce a definire un modello molto uniforme in cui i terreni di substrato sono dotati di scadenti caratteristiche geotecniche fino a profondità di circa 1,5/2,0 m circa di profondità da p.c. (0 RIF.). Si nota infatti come dalle prove si evidenzi la presenza di uno spessore superficiale dotato di resistenza molto scarsa (ORIZZONTE A: sabbie limose sciolte), mentre oltre tale profondità si riscontrano terreni addensati associabili a litologie sabbioso-ghiaiose (ORIZZONTE B), aventi caratteristiche geotecniche buone.

Le indagini eseguite hanno evidenziato valori di resistenza correlabili tra loro, segno di una buona omogeneità dei terreni sia in senso verticale che orizzontale.

**Valutate pertanto le caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale ipotizzata, è possibile adottare fondazioni superficiali tipo FONDAZIONI CONTINUE, con piano di imposta delle fondazioni posto ad una profondità  $\geq 3,5$  m da 0 RIF. all'interno dell'orizzonte B: sabbie e ghiaie addensate con caratteristiche**

pag.17

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**geotecniche buone.**

Le configurazioni fondazionali verificate sono le seguenti:

- **FONDAZIONI CONTINUE** con larghezza variabile tra 1.0m e 1.4m, confinate nel terreno per 0.5 m (altezza della fondazione), comprensivo dello strato di magrone, per un piano di imposta ipotizzato ad una profondità  $\geq 3,5$  m da 0.0 RIF.

pag.18

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 6. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti del terreno di fondazione

### 6.1 Analisi della capacità portante

La determinazione della capacità portante ammissibile del terreno, consiste nella verifica a rottura del terreno nei confronti dello stato limite ultimo (SLU) di resistenza in cui dovrà essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$  = è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto  $F_{dj} = F_{kj} \times g_{Fj}$  delle azioni, come specificato nel D.M. 14/01/2008.

$R_d$  = è il valore di progetto delle resistenze del sistema geotecnico determinato analiticamente con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$ , e ove necessario dei coefficienti  $\gamma_R$  (specificati nelle tabelle seguenti).

Il progetto delle fondazioni deve prevedere una verifica agli stati limite ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni (GEO) ed anche un'analisi agli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono la fondazione stessa (STR), in questo caso si considera il raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione.

Tale approccio, denominato dal D.M. 14-01-08 Approccio 1, prevede quindi la verifica di due differenti combinazioni:

- ✓ STR (App. 1 - combinazione 1, A1+M1+R1)
- ✓ GEO (App. 1 - combinazione 2, A2+M2+R2)

Delle due combinazioni in generale la prima è più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda è più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico, cioè per il caso in esame.

Nelle Tabelle seguenti si riportano i coefficienti parziali previsti dalla normativa.

pag.19

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) e prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

✓ - App. 2 - combinazione 1: (A1+M1+R3)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche allo SLU delle fondazioni superficiali.

pag.20

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 6.2 Analisi dell'azione sismica

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno. La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle regioni, le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio è stato suddiviso in quattro livelli. Nello specifico il territorio comunale di CERNUSCO SUL NAVIGLIO ricade, per quanto indicato in allegato A "Classificazione sismica dei comuni italiani" della sopra citata Ordinanza in zona 4.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, secondo il D.M. 14-01-2008 si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  (come definite di seguito), nel periodo di riferimento  $V_R$  (come definito di seguito). In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Le forme spettrali di interesse sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓  $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito ( $m/s^2$ );
- ✓  $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-).
- ✓  $TC^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

pag.21

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 6.2.1 Definizione della vita nominale dell'opera

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. seguente.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere.

Per l'opera in oggetto la vita nominale si assume pari a **50 anni**.

### 6.2.2 Definizione delle classi d'uso per l'opera

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

pag.22

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Per l'opera in oggetto la classe d'uso di riferimento è la **Classe II**: costruzioni il cui uso preveda AFFOLLAMENTI NORMALI

### 6.2.3 Definizione del periodo di riferimento per l'opera

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso  $C_U$ .

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Per il caso in esame ne consegue che  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50$  anni.

### 6.2.4 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio

pag.23

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato.

La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLO (con PVR 81%).

pag.24

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

6.2.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche**Categorie di sottosuolo**

Le categorie di suolo di fondazione, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 14.01.2008 risultano così identificate (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		V <sub>s30</sub> m/s	NSPT	Cu kPa
<b>A</b>	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
<b>B</b>	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
<b>C</b>	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
<b>D</b>	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
<b>E</b>	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS <sub>30</sub> simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS <sub>30</sub> > 800m/s			

*Categorie sismiche di suolo di fondazione*

Per il terreno in esame la categoria di suolo è assimilabile al **Tipo B**, "Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 360 e 800 m/s". Tale classificazione è stata effettuata sulla base delle risultanze dell'indagine MASW eseguita.

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione della tabella seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categorie topografiche.

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab precedente, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ .

**Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui  $S_T = 1,0$ .**

pag.26

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

6.2.6 Calcolo dei coefficienti sismici

Sulla base dei dati tipici del sito in esame citati nei precedenti paragrafi vengono calcolati i seguenti parametri sismici.

**Sito in esame**

- **latitudine: 45,52846 [°]**
- **longitudine: 9,3467337 [°]**
- **Classe d'uso: II.** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.
- **Vita nominale: 50 [anni]**

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: **B**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **50 anni**

Coefficiente  $c_u$ : **1,0**

**Coefficienti sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,550	1,000	0,005	0,003	0,249	0,200
SLD	1,200	1,520	1,000	0,007	0,003	0,321	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,014	0,007	0,703	0,200
SLC	1,200	1,410	1,000	0,018	0,009	0,879	0,200

I parametri così definiti vengono in seguito applicati nella procedura di calcolo delle resistenze.

pag.27

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 6.3 Liquefazione delle sabbie

Ai sensi della citata Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalle oscillazioni della falda stessa.

I terreni di fondazione oggetto della presente indagine, come dimostrano i dati rilevati, si presentano costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie addensate e non sono interessati dalle oscillazioni della falda, che nella zona si trova ad una profondità >10 m dal p.c. Nel nostro caso la presenza di litologie sabbiose-ghiaiose costipate e la conoscenza della zona, consentono di limitare notevolmente l'ipotesi di orizzonti marcatamente sabbiosi o limosi, poco costipati, in falda, soggetti a fenomeni di liquefazione. La situazione litostratigrafia riscontrata consente pertanto di escludere incipienti fenomeni di liquefazione nell'intorno dell'area investigata.

### 6.4 Determinazione delle resistenze (Rd)

La capacità portante alla base delle fondazioni è stata calcolata applicando la seguente relazioni di **Brinch–Hansen**:

$$Q_{SLU} = 1/2 * B * \gamma * N_{\gamma} * s_{\gamma} * i_{\gamma} * b_{\gamma} * g_{\gamma} * z_{\gamma} + c * N_c * s_c * i_c * b_c * g_c * d_c * z_c + q * N_q * s_q * i_q * b_q * g_q * d_q * z_q$$

dove :

$N_c$   $N_q$   $N_{\gamma}$  = Fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

$s_c$   $s_q$   $s_{\gamma}$  = Fattori di forma della fondazione;

$i_c$   $i_q$   $i_{\gamma}$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;

$b_c$   $b_q$   $b_{\gamma}$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base;

$g_c$   $g_q$   $g_{\gamma}$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del p. c.;

pag.28

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



Nella figura sopra si evidenzia il cuneo di rottura generabile inferiormente alla fondazione, rispetto al quale vengono effettuati i calcoli.

### 6.5 Analisi dei cedimenti

Nel calcolo dei cedimenti è stato ipotizzato un carico di esercizio pari  $1,2 \text{ kg/cm}^2$ . Per il calcolo dei cedimenti è stato fatto riferimento alla teoria dell'elasticità adottando la metodologia proposta dal Bowles, 1974:

$$S_d = Q B (1 - \mu^2 / E) I_s I_f$$

dove:

S <sub>d</sub>	=	cedimento
Q	=	carico sul terreno alla base della fondazione
B	=	minima dimensione laterale dell'area caricata
μ	=	rapporto Poisson terreno
E	=	modulo elastico del terreno cedevole (media ponderata)
I <sub>s</sub>	=	$I_1 + [(1-2m)/(1-m)] \times I_2$
I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub>	=	coefficienti di influenza
I <sub>f</sub>	=	fattore di profondità

Nel dimensionamento delle fondazioni è necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato.

Tali cedimenti dovranno essere ovviamente inferiori ad un valore critico che, se superato, potrebbe generare inconvenienti nella struttura.

E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione dal carico di esercizio determinato nelle ipotesi di fondazione indicate.

Il cedimento calcolato tiene ovviamente conto dell'effetto generato dal sisma. Con tale valore di carico di esercizio i cedimenti primari si sviluppano immediatamente con l'incremento progressivo del carico strutturale, mentre non dovrebbero verificarsi cedimenti differenziali.

La dimensione B viene posta pari a 4B per le travi e 2B per i plinti e B per la platea, dove B è il lato minimo della fondazione (ipotesi di Schmertmann); come modulo elastico (E) è stato preso un valore pari alla media pesata sullo spessore di terreno interessato dal cedimento, e cioè considerando un spessore pari a 4B per le travi, 2B per i plinti e B per la platea; come stratigrafia è stata considerata una situazione media tra quelle riscontrate con le prove eseguite. I valori di seguito definiti sono

pag.30

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

riferiti a carichi verticali e centrati con momenti pari a zero, in quanto sconosciuti in questa fase di progetto.

### FONDAZIONI CONTINUE

**Piano di imposta  $\geq 3,5$  m da 0 RIF.**

Larghezza (B) fondazione in metri			
1,0	1,2	1,4	
1,2			Carico Qsle (kg/cm <sup>2</sup> )
0,2	0,3	0,4	Cedimento (cm)

*Verifica dei cedimenti per le travi con il metodo elastico.*

**Con tale valore di carico di esercizio i cedimenti assumono valori accettabili per le strutture in progetto.**

#### 6.6 Coefficiente di Winkler

Il coefficiente di Winkler è stato calcolato con il metodo di **Bowles**:

$$k = 40 (SF) q_a$$

dove SF è il Safety Factor, ovvero il coefficiente di sicurezza adottato, e  $q_a$  è la pressione ammissibile sul terreno.

$q_a = q_{lim} / SF$  dove  $q_{lim}$  è la pressione ultima sul terreno, corrispondente ad un cedimento DH di 1 pollice, ovvero 2,5 cm.

Riferendoci dunque alla relazione del modulo di reazione del terreno, uno dei modi di procedere è il seguente:  $k = q_{lim} / 2,5$

$K_s$  è stato quindi calcolato quindi come  $Q_{lim} / 2,5$  dove  $Q_{lim} = R_d \times \gamma_r$  (dove  $\gamma_r = 1,8$ ). Il  $Q_{lim}$  considerato è quello + cautelativo derivante dall'approccio 1-comb2

**FONDAZIONI CONTINUE, piano imposta  $\geq 3,5$  m da 0.0 RIF.**

<b>Coefficiente k Winkler</b>	<b>1,8 kg/cm<sup>3</sup></b>
-------------------------------	------------------------------

pag.31

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 8. Considerazioni conclusive

### A – Geologiche e geomorfologiche ed idrogeologiche

I terreni dell'area in esame ricadono nell'ambito dei depositi fluvioglaciali würmiani che costituiscono il "Livello Fondamentale della Pianura Padana". Sono generalmente associabili a sedimenti incoerenti di tipo sabbioso-ghiaioso con frazioni limose e ciottoli in percentuale variabile in relazione alla profondità.

Le risultanze delle indagini effettuate nell'area di intervento hanno confermato la natura prevalentemente sabbioso-ghiaiose-ciottolose dei depositi costituenti i terreni di fondazione delle opere in progetto.

L'indagine geognostica, secondo le attese, non ha rilevato la presenza di una falda idrica superficiale, che dovrebbe invece attestarsi, sulla base delle conoscenze idrogeologiche locali, ad profondità >10 m rispetto al piano campagna. Considerando le caratteristiche strutturali in progetto e le condizioni idrogeologiche generali è da escludere un'interazione della falda con le opere di fondazione e con il settore di sottosuolo interessato dai cunei di rottura e dai bulbi di pressione generabili inferiormente alle fondazioni.

### B – Caratteristiche geotecniche

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1);
- n. 4 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue (P1 ÷ P6);
- n. 1 prova sismica eseguita con la metodologia Masw.

Le risultanze delle indagini eseguite contribuisce a definire un modello molto uniforme in cui i terreni di substrato sono dotati di scarse caratteristiche geotecniche fino a circa 1,5/2,0 m circa di profondità da p.c. (0 RIF.). Si nota infatti come dalle prove si evidenzi la presenza di uno spessore superficiale dotato di scarsa resistenza

*pag.32*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

(ORIZZONTE A: sabbie limose), mentre oltre tale profondità si riscontrano terreni addensati associabili a litologie sabbioso-ghiaiose (ORIZZONTE B), aventi caratteristiche geotecniche buone.

### C – Analisi sismica

Ai sensi dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274, il comune di Cernusco S/N viene collocato all'interno della zona sismica 4. Sulla base delle risultanze dell'indagine sismica effettuata Masw-Vs30 i terreni dell'area in esame si classificano di **"Tipo B"** *"Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 360 e 800 m/s"*.

### E – Possibili soluzioni fondazioni e indicazioni progettuali

Valutate le caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale ipotizzata, è possibile adottare fondazioni superficiali tipo FONDAZIONI CONTINUE, con piano di imposta delle fondazioni posto ad una profondità  $\geq 3,5$  m da 0 RIF. all'interno dell'orizzonte B: sabbie e ghiaie addensate con caratteristiche geotecniche buone.

Verificando un'ipotesi di FONDAZIONI CONTINUE impostate ad una profondità  $\geq 3.5$  m dal p.c. sono stati individuati i seguenti valori di capacità portante:

- FOND. CONTINUE (L = 1,0 m ) =>  $R_d = 2,3 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 1 COMB.2)
- FOND. CONTINUE (L = 1,0 m ) =>  $R_d = 3,8 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 2 COMB. UNICA)
- FOND. CONTINUE (L = 1,2 m ) =>  $R_d = 2,4 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 1 COMB.2)
- FOND. CONTINUE (L = 1,2 m ) =>  $R_d = 3,9 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 2 COMB. UNICA)
- FOND. CONTINUE (L = 1,4 m ) =>  $R_d = 2,5 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 1 COMB.2)
- FOND. CONTINUE (L = 1,4 m ) =>  $R_d = 4,0 \text{ Kg/cm}^2$  (APPROCCIO 2 COMB. UNICA)

pag.33

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiglio (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Si rimane a disposizione per la verifica di altre configurazioni fondazionali. Sarà cura della D.L. avvisare lo scrivente se si dovessero rinvenire anomalie in merito alla granulometria, alla resistenza dei terreni, alle condizioni della falda freatica riscontrabili durante le operazioni di scavo.

Basiano, 18/02/2014

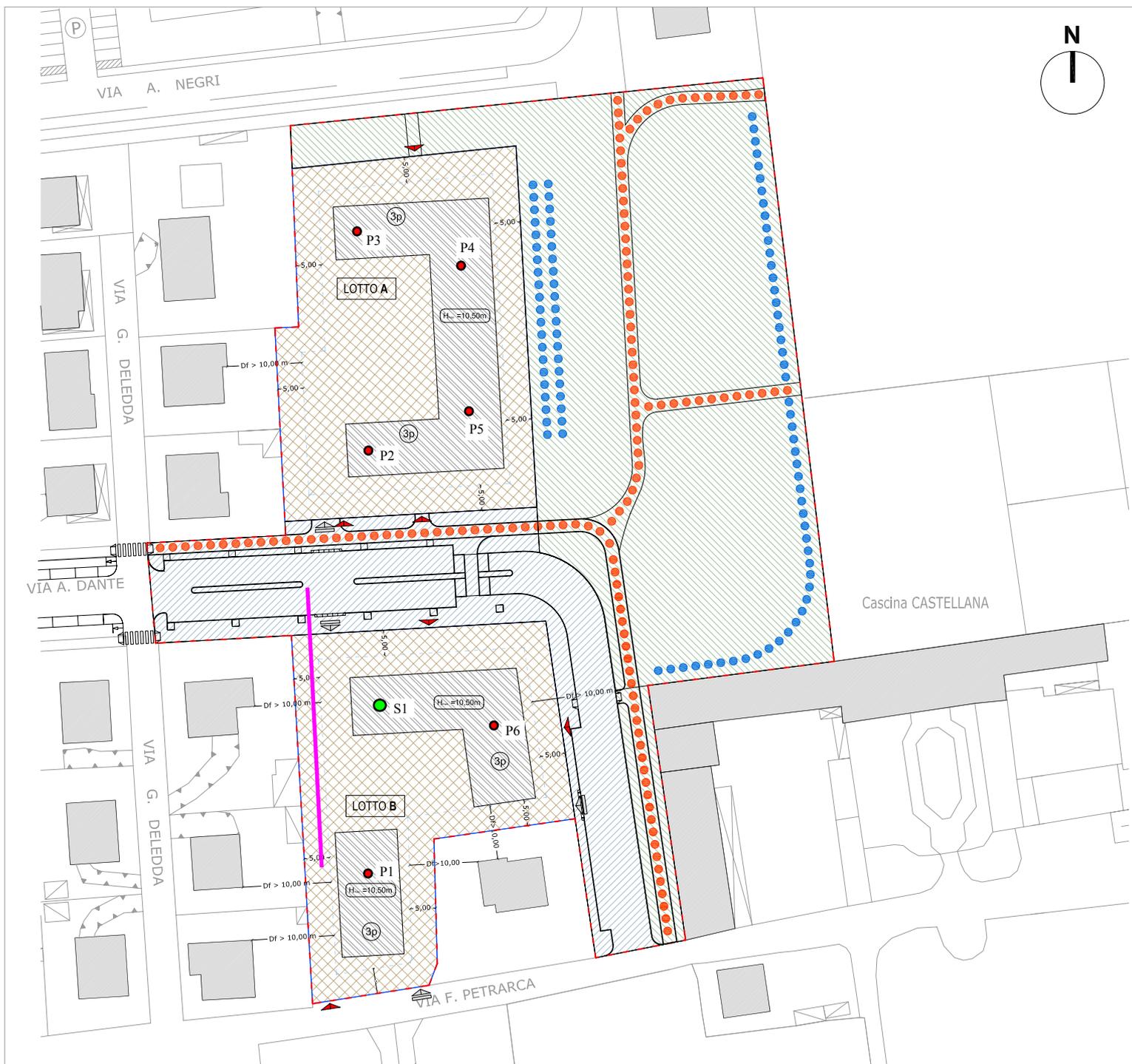
Dott. Geol. Carlo Leoni



*pag.34*

**Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo di Via Petrarca a Cernusco Sul Naviglio (MI)**

Rif.Geo. L1653		Referente: D.P.
Data elaborato: febbraio 2014	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Manzoni, 16 - 20060 Basiano (MI)	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



### Ubicazione indagini geognostiche

- P1 ●      prove penetrometriche dinamiche
- S1 ●      sondaggio esplorativo
- indagine sismica MASW

## Prova penetrometrica dinamica n. 1

**Località:** Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

**Data:** 12/02/2014

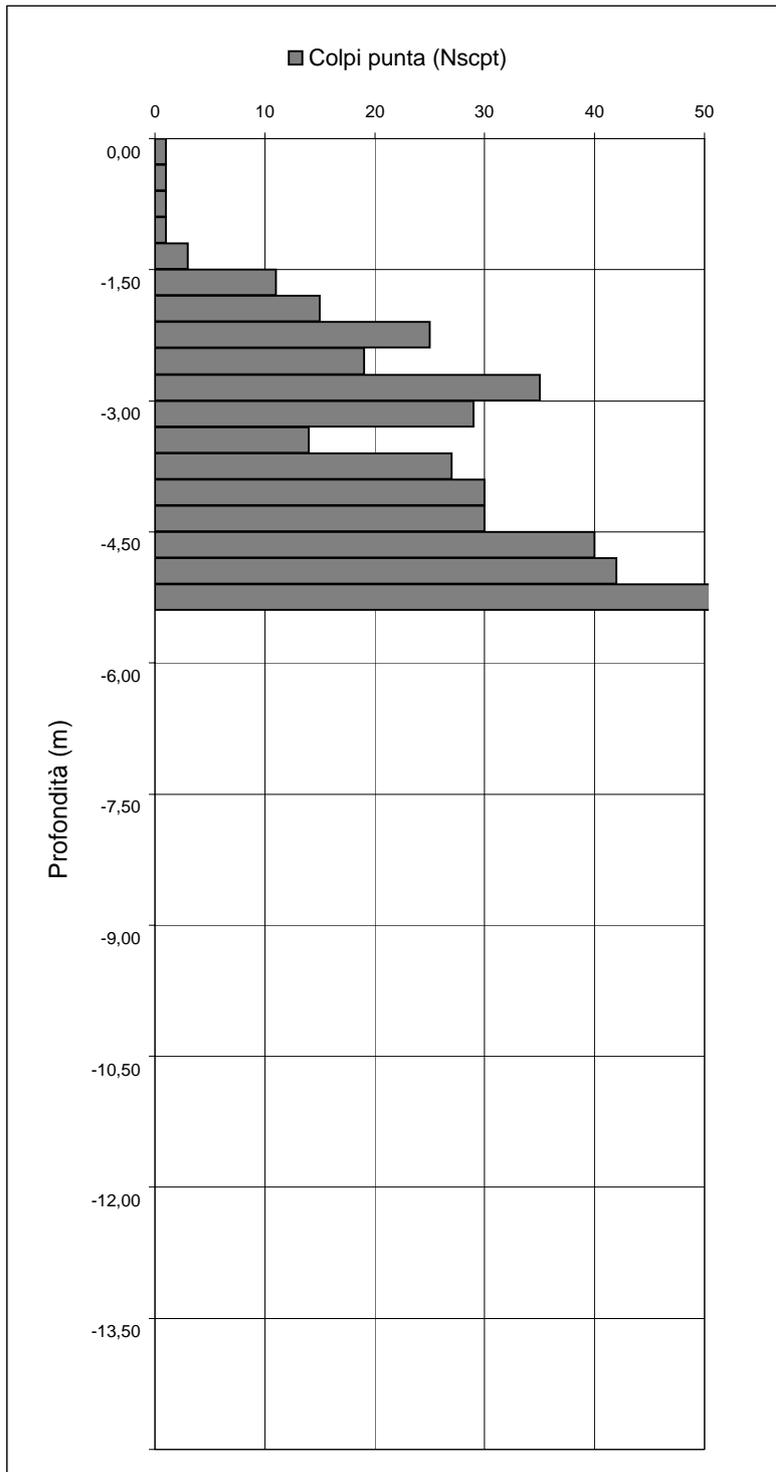
**Sigla cantiere:** L1653

**Ditta esecutrice:** GeoArborStudio

**Attrezzatura:** Pagani TG 63/100

**Falda:** n.r.

**Committente:** GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)	
0,00	-0,30	1
-0,30	-0,60	1
-0,60	-0,90	1
-0,90	-1,20	1
-1,20	-1,50	3
-1,50	-1,80	11
-1,80	-2,10	15
-2,10	-2,40	25
-2,40	-2,70	19
-2,70	-3,00	35
-3,00	-3,30	29
-3,30	-3,60	14
-3,60	-3,90	27
-3,90	-4,20	30
-4,20	-4,50	30
-4,50	-4,80	40
-4,80	-5,10	42
-5,10	-5,40	100
-5,40	-5,70	
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO



GeoArborStudio  
Via Manzoni, 16  
20060 Basiano (MI)  
Tel/fax: 0295761942  
e-mail: info@geoarbor.it

Committente: GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.	Comune: Cernusco sul Naviglio (MI)
Cantiere: Via Petrarca n° 61	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 12/02/2014	Profondità sondaggio: 10 m
Sondaggio: <b>S1</b>	Falda freatica: n.r.

Scala 1:50	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prove SPT	
	0.00		Limo sabbioso con presenza di apparati radicali (terreno di coltivo).		
1	1.10		Ghiaia e sabbia con rari ciottoli.		
2	2.90		Ghiaia e sabbia con limo in subordine.	3.0	31 - 36 - 42
3	3.60		Ghiaie ben gradate con sabbie.		
4	4.40		Ghiaia e sabbia con limo in subordine.	5.0	27 - 29 - 32
5	7.00		Ghiaia e sabbia.	7.0	23 - 31 - 40
6	7.80		Sabbia e ghiaia in matrice limoso-argillosa.	9.0	4 - 6 - 19
7					
8					
9					
10					

**DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**



*GeoArborStudio  
Via Manzoni, 16  
20060 Basiano (MI)  
Tel/fax: 0295761942  
e-mail: info@geoarbor.it*

Committente: GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.	Comune: Cernusco sul Naviglio (MI)
Cantiere: Via Petrarca n° 61	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 12/02/2014	Profondità sondaggio: 10 m
Sondaggio: <b>S1</b> (0.0 - 10.0)	Falda freatica: n.r.



0.0 m - 5.0 m



5.0 m - 10.0 m

## Prova penetrometrica dinamica n. 2

**Località:** Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

**Data:** 12/02/2014

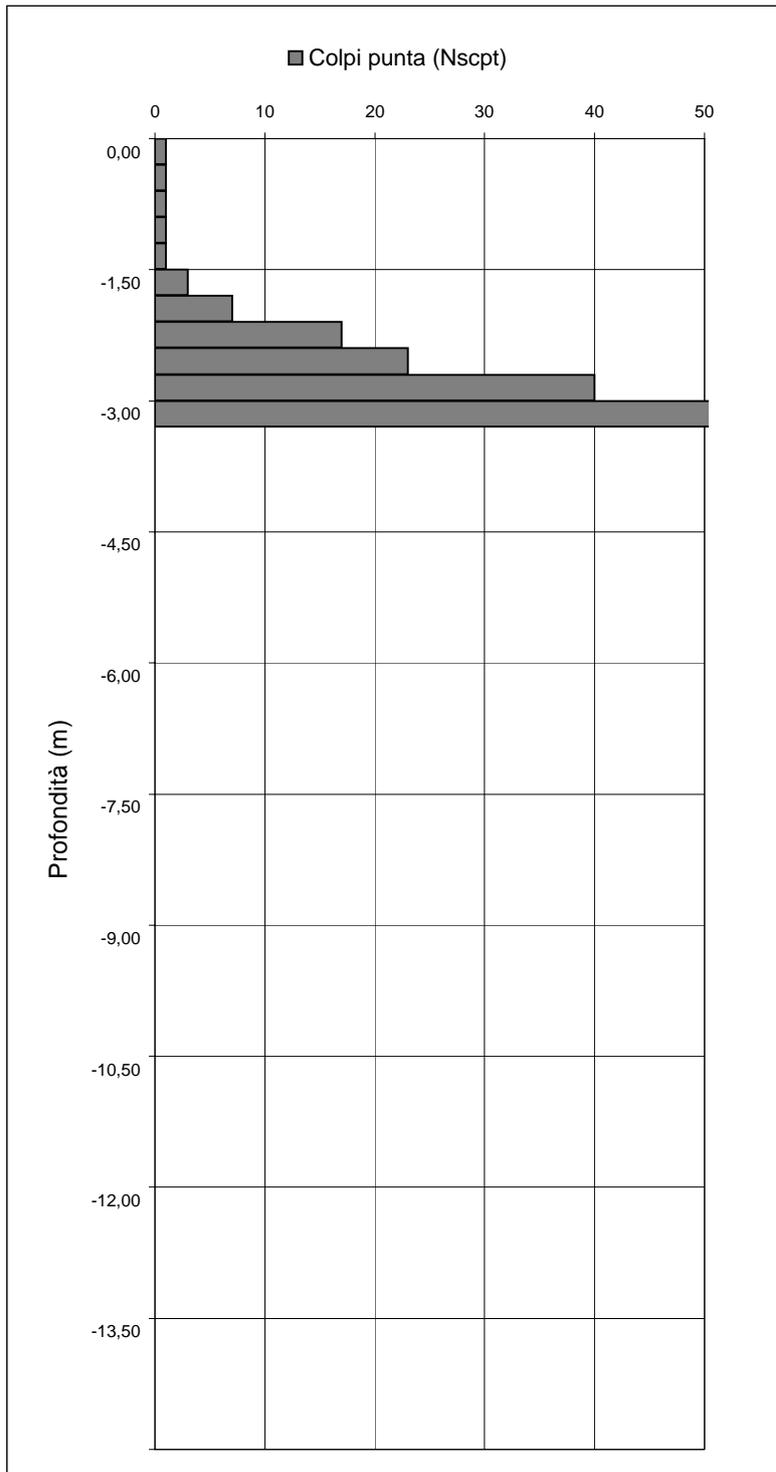
**Sigla cantiere:** L1653

**Ditta esecutrice:** GeoArborStudio

**Attrezzatura:** Pagani TG 63/100

**Falda:** n.r.

**Committente:** GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	1
-0,30	-0,60	1
-0,60	-0,90	1
-0,90	-1,20	1
-1,20	-1,50	1
-1,50	-1,80	3
-1,80	-2,10	7
-2,10	-2,40	17
-2,40	-2,70	23
-2,70	-3,00	40
-3,00	-3,30	100
-3,30	-3,60	
-3,60	-3,90	
-3,90	-4,20	
-4,20	-4,50	
-4,50	-4,80	
-4,80	-5,10	
-5,10	-5,40	
-5,40	-5,70	
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

## Prova penetrometrica dinamica n. 3

Località: Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

Data: 12/02/2014

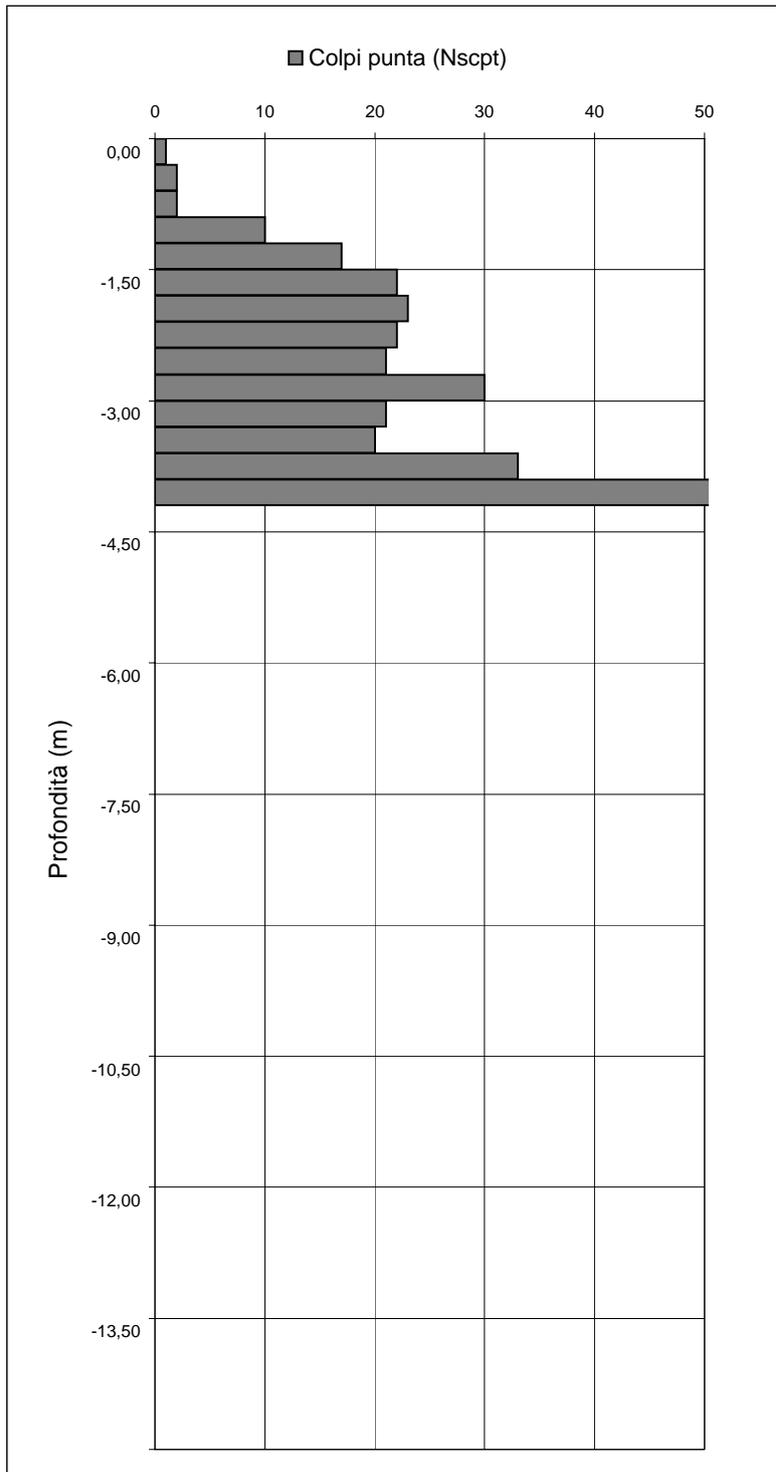
Sigla cantiere: L1653

Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Falda: n.r.

Committente: GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	1
-0,30	-0,60	2
-0,60	-0,90	2
-0,90	-1,20	10
-1,20	-1,50	17
-1,50	-1,80	22
-1,80	-2,10	23
-2,10	-2,40	22
-2,40	-2,70	21
-2,70	-3,00	30
-3,00	-3,30	21
-3,30	-3,60	20
-3,60	-3,90	33
-3,90	-4,20	100
-4,20	-4,50	
-4,50	-4,80	
-4,80	-5,10	
-5,10	-5,40	
-5,40	-5,70	
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

## Prova penetrometrica dinamica n. 4

Località: Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

Data: 12/02/2014

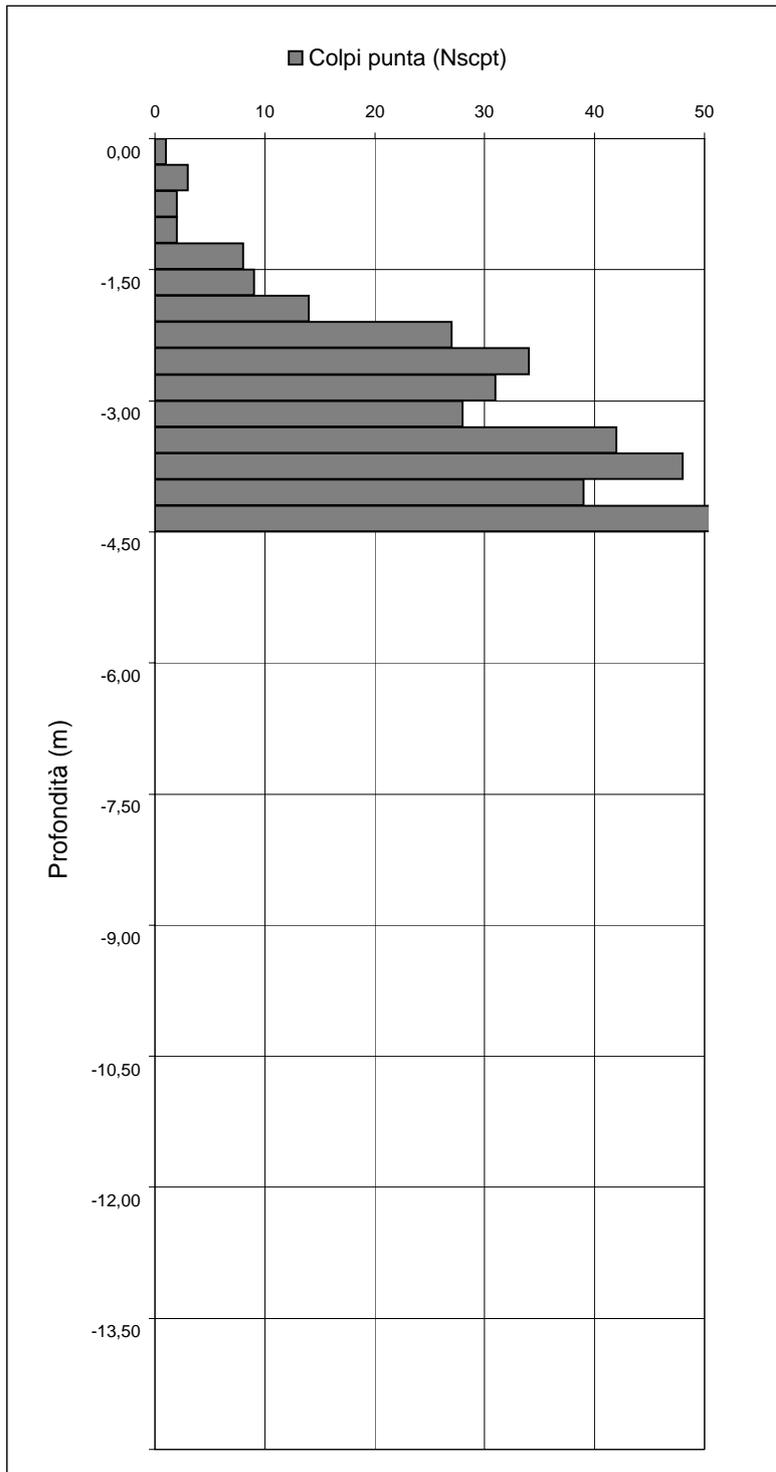
Sigla cantiere: L1653

Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Falda: n.r.

Committente: GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)	
0,00	-0,30	1
-0,30	-0,60	3
-0,60	-0,90	2
-0,90	-1,20	2
-1,20	-1,50	8
-1,50	-1,80	9
-1,80	-2,10	14
-2,10	-2,40	27
-2,40	-2,70	34
-2,70	-3,00	31
-3,00	-3,30	28
-3,30	-3,60	42
-3,60	-3,90	48
-3,90	-4,20	39
-4,20	-4,50	100
-4,50	-4,80	
-4,80	-5,10	
-5,10	-5,40	
-5,40	-5,70	
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

## Prova penetrometrica dinamica n. 5

**Località:** Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

**Data:** 12/02/2014

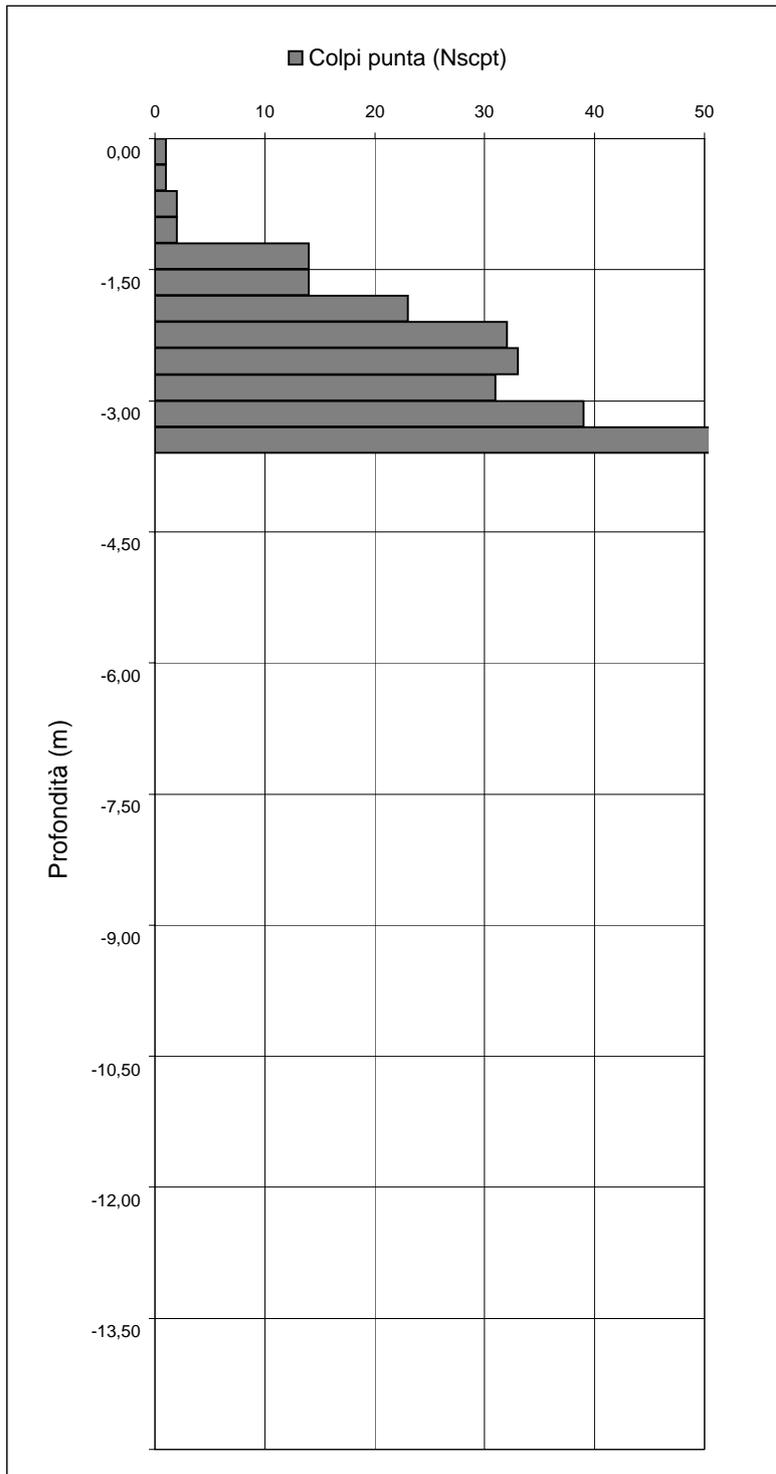
**Sigla cantiere:** L1653

**Ditta esecutrice:** GeoArborStudio

**Attrezzatura:** Pagani TG 63/100

**Falda:** n.r.

**Committente:** GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)	
0,00	-0,30	1
-0,30	-0,60	1
-0,60	-0,90	2
-0,90	-1,20	2
-1,20	-1,50	14
-1,50	-1,80	14
-1,80	-2,10	23
-2,10	-2,40	32
-2,40	-2,70	33
-2,70	-3,00	31
-3,00	-3,30	39
-3,30	-3,60	100
-3,60	-3,90	
-3,90	-4,20	
-4,20	-4,50	
-4,50	-4,80	
-4,80	-5,10	
-5,10	-5,40	
-5,40	-5,70	
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

## Prova penetrometrica dinamica n. 6

Località: Cernusco Sul Naviglio (MI) - Via Petrarca n° 61 - Campo della Modificazione M1\_5

Data: 12/02/2014

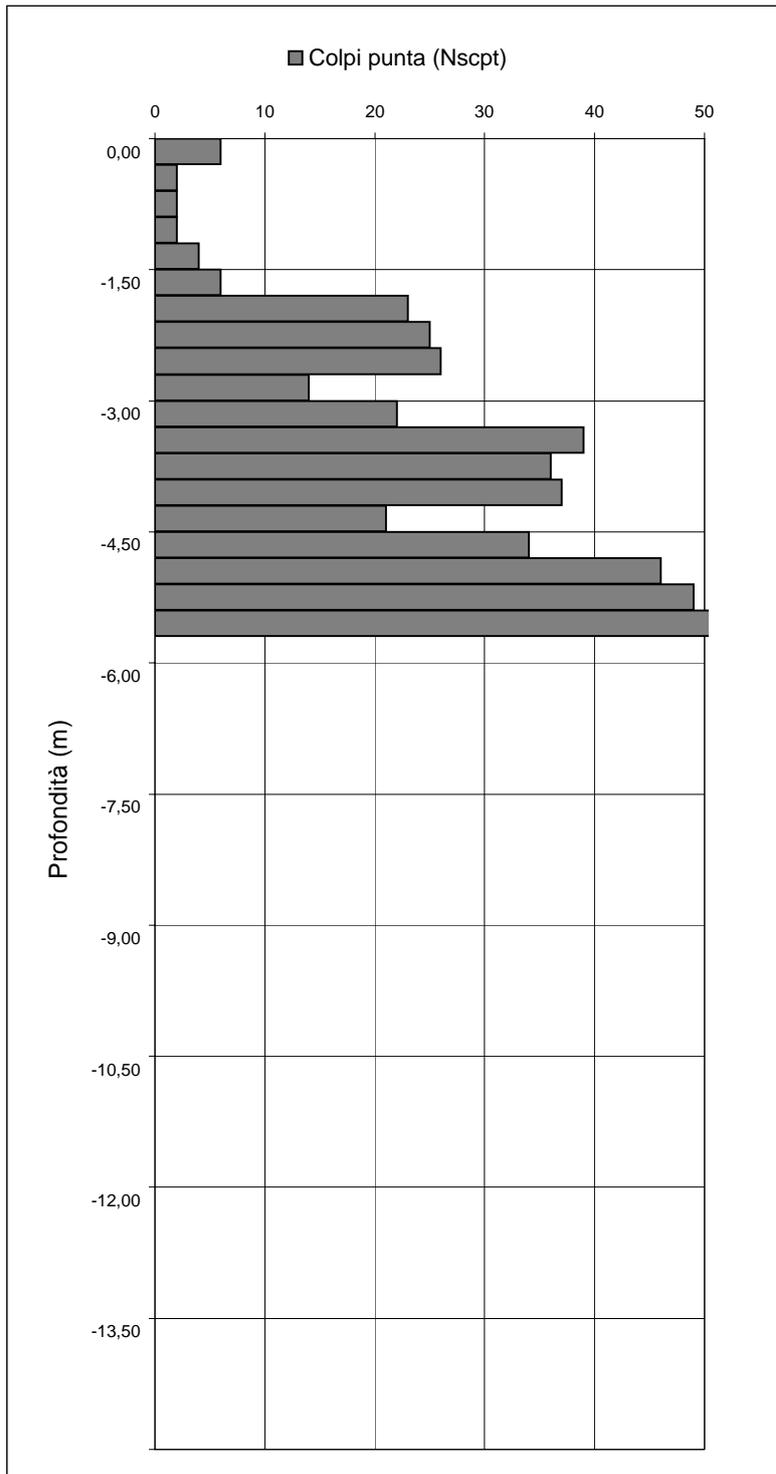
Sigla cantiere: L1653

Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Falda: n.r.

Committente: GIEMME COSTRUZIONI S.r.l.



Profondità (m)	Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	6
-0,30	-0,60	2
-0,60	-0,90	2
-0,90	-1,20	2
-1,20	-1,50	4
-1,50	-1,80	6
-1,80	-2,10	23
-2,10	-2,40	25
-2,40	-2,70	26
-2,70	-3,00	14
-3,00	-3,30	22
-3,30	-3,60	39
-3,60	-3,90	36
-3,90	-4,20	37
-4,20	-4,50	21
-4,50	-4,80	34
-4,80	-5,10	46
-5,10	-5,40	49
-5,40	-5,70	100
-5,70	-6,00	
-6,00	-6,30	
-6,30	-6,60	
-6,60	-6,90	
-6,90	-7,20	
-7,20	-7,50	
-7,50	-7,80	
-7,80	-8,10	
-8,10	-8,40	
-8,40	-8,70	
-8,70	-9,00	
-9,00	-9,30	
-9,30	-9,60	
-9,60	-9,90	
-9,90	-10,20	
-10,20	-10,50	
-10,50	-10,80	
-10,80	-11,10	
-11,10	-11,40	
-11,40	-11,70	
-11,70	-12,00	
-12,00	-12,30	
-12,30	-12,60	
-12,60	-12,90	
-12,90	-13,20	
-13,20	-13,50	
-13,50	-13,80	
-13,80	-14,10	
-14,10	-14,40	
-14,40	-14,70	
-14,70	-15,00	

