

COMUNE DI CERNUSCO SUL NAVIGLIO

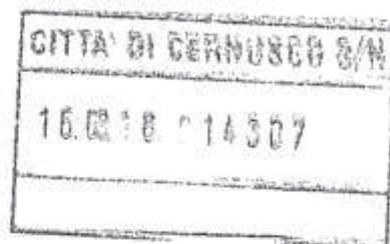
PIANO ATTUATIVO  
Campo della Modificazione M1\_4  
Cernusco sul Naviglio

Allegato H

RELAZIONE GEOLOGICA  
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA

LUGLIO 2017

Consorzio "LA GALANTA"



  
CONSORZIO  
LA GALANTA  
Il Presidente



Vermeer, Il Geografo - 1668

## GEOARBOR STUDIO PROFESSIONALE

### Dr. Geol. Carlo D. Leoni

Iscrizione N° 776 all'Albo  
dell'Ordine dei Geologi  
della Regione Lombardia  
C.F. LNECLD59T23F205Z  
Partita IVA 06708220964

- ✦ *Geologia*
- ✦ *Geotecnica*
- ✦ *Idrogeologia*
- ✦ *Indagini ambientali*
- ✦ *Pianificazione territoriale*
- ✦ *Cave, discariche*
- ✦ *Ripristini ambientali*
- ✦ *Indagini geognostiche*
- ✦ *Ingegneria naturalistica*
- ✦ *Pozzi*
- ✦ *Rilievi topografici*
- ✦ *Rilievi GPS*
- ✦ *Laboratorio geotecnico*
- ✦ *Studi Idroelettrici*

Rif. L2081

Comune di

## Cernusco Sul Naviglio

(Provincia di Milano)

Piano Attuativo Campo della Modificazione M1\_4  
in Via Goldoni

# RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del D.M. 14-01-2008 e della DGR IX 2616/2011

# RELAZIONE GEOTECNICA e SISMICA

ai sensi del D.M. 14-01-2008 e della L.R. 33-2015

Esecuzione di n.4 prove penetrometriche dinamiche (SCPT), n.1  
prova NASW, n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo  
con prove SPT in foro e n. 2 prove di permeabilità con  
infiltrometro

Committente: **Giemme Costruzioni s.r.l.**

Vaprio D'Adda, 14/07/2017

Dott. Geol. Carlo Leoni



**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
3.5. Trincee esplorative.....	12
3.6. Prove infiltrometriche .....	12
<b>4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno .....</b>	<b>15</b>
<b>5. Considerazioni in merito alle tipologie fondazionali più idonee .....</b>	<b>20</b>
<b>6. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti del terreno di fondazione .....</b>	<b>22</b>
6.1 Analisi della capacità portante.....	22
6.2 Analisi dell'azione sismica.....	24
6.3 Liquefazione delle sabbie.....	31
6.4 Determinazione delle resistenze (Rd).....	31
6.5 Analisi dei cedimenti .....	33
6.6 Coefficiente di Winkler .....	35
<b>7. Valutazione della permeabilità dei terreni.....</b>	<b>36</b>
<b>8. Verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011.....</b>	<b>38</b>
<b>9. Considerazioni conclusive .....</b>	<b>39</b>

**ALLEGATI**

- ✓ *Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite;*
- ✓ *Stratigrafie sondaggio geognostico e documentazione fotografica;*
- ✓ *Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche SCPT;*
- ✓ *Stratigrafie trincee esplorative T1 e T2;*
- ✓ *Tabulati e grafici prove infiltrometriche;*
- ✓ *Risultati prova Masw.*

pag.1

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNH:CLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 1. Premessa

In seguito all'incarico conferito dalla società Giemme Costruzioi S.p.A., 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 Goldoni nel Comune di Cernusco Sul Naviglio (MI), nell'ambito di un nuovo Piano Attuativo in cui è prevista la realizzazione di nuovi edifici residenziali. 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 138 m s.l.m.



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

pag.2

**Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)**

Rif./Geo. L.2081/a	Rev1:	Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

L'indagine in particolare è consistita nell'esecuzione di **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1)**, di **n. 5 prove penetrometriche dinamiche**, di **n. 2 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio**, **n. 2 trincee esplorative (T1 e T2)**, di **n.2 prove infiltrometriche** 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.

L'indagine ha inoltre lo scopo di verificare della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della **DGR 2616/2011**.

Sulla base del **D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129** "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", **il territorio comunale di Cernusco Sul Naviglio è stato classificato come ZONA 3**. In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, sulla base della litostratigrafia rilevata e dell'indagine eseguita, è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo B". Considerato tuttavia che, dall'analisi di II livello condotta nell'ambito del PGT comunale il fattore di amplificazione  $F_a$  risulta  $>$  del valore soglia comunale definiti dalla regione Lombardia, si ritiene più corretto considerare un **suolo di tipo "C"**.

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

pag.3

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNH:CLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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;
  - 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.
- Verifica della compatibilità dell'intervento con la la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011.

#### **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.
- ✓ D.G.R. n. 2616/2011 criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 - testo integrale
- ✓ D.G.R. n. 2129/14 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia. Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- ✓ LR 33/15 Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche. Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- ✓ D.G.R. n. 5001/16 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif. Geo. L2081a</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: luglio 2017</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev3</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda</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, ad profondità >12m 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 campo della Modificazione in Via Goldoni a Cornusco S/n Naviglio (MI)*

<i>Rif. Geo. L2081a</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: luglio 2017</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev3</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59123F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

### 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. 2 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (P1 ÷ P7);
- n. 2 trincee esplorative (T1 e T2);
- n. 2 prove infiltrometriche (K1 e K2);
- 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.

pag.6

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

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 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	3.6	si
P2	0.0	2.4	si
P3	0.0	2.7	si
P4	0.0	5.1	si

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

pag.7

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif. Geo. L.2081a</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: luglio 2017</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev3</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

### 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 -12 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 (sabbie limose con ciottoli), da un materasso alluvionale molto uniforme costituito da depositi grossolani sabbioso-ghiaiosi con ciottoli.**

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°2 prove penetrometriche standard SPT, i cui risultati sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità (m da 0 rif.)	Valori N (n°colpi x 15cm di avanzamento)	Valori N <sub>spt</sub>
S1	4.50 ÷ 4.95	12 - 18 - 27	45
	6.00 ÷ 6.45	> 50	R

pag.8

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	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 30 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 campo della Modificazione in Via Goldoni a Cervusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif.Geo. L2081a</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: luglio 2017</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev3</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNE:CLD59T23F205Z 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 campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23I205Z 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	2,0	280,8
2	2,0	4,7	364,0
3	4,7	10,4	369,0
4	10,4	17,6	374,3
5	17,6	26,2	362,3
6	26,2	33,0	375,1

la Vs30, velocità media di propagazione entro 30/32 m di profondità delle onde di taglio, viene calcolata con la seguente espressione:

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

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:

$$\mathbf{Vs30 = 369 \text{ m/s}}$$

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**. Considerato tuttavia che, dall'analisi di II livello condotta nell'ambito del PGT comunale il fattore di amplificazione  $F_a$  risulta  $>$  del valore soglia comunale definiti dalla regione Lombardia, si ritiene più corretto considerare un **suolo di tipo "C"**.

pag.11

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conceso 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**Tipo C**, "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 180 e 360 m/s".

### 3.5. Trincee esplorative

Sono stati eseguiti 2 scavi esplorativi (trincee T1 e T2), profondi poco meno di 2,5 metri dal p.c., che hanno consentito in primo luogo l'osservazione diretta della litozona superficiale interessata dal piano d'imposta delle fondazioni di progetto e di seguito hanno permesso di verificare l'assenza della falda acquifera a tale profondità. Sul fondo delle trincee sono state eseguite delle prove infiltrometriche per la valutazione della permeabilità dei terreni (vedi paragrafo seguente).

### 3.6. Prove infiltrometriche

La realizzazione di **n.2 prove di permeabilità mediante infiltrometro ad anello singolo** collocato sul fondo degli scavi esplorativi eseguiti, ha permesso di valutare con buon grado di attendibilità il valore di permeabilità  $k$  dei depositi alluvionali presenti nell'area di intervento.



Fig. 2- prova infiltro metrica  $k_1$  eseguita all'interno della trincea T1

pag.12

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Carnusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. 1.2081a		Referente: D.P.
Data elaborata: luglio 2017	Rev1:	Rev3:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



Fig. 3- prova infiltro metrica k2 eseguita all'interno della trincea T2

**Considerata l'elevata omogeneità litostratigrafica riscontrata si ritiene che l'esecuzione delle 2 prove di permeabilità siano sufficienti per caratterizzare i terreni in oggetto.**

Le prove infiltro metriche (K1 e K2) sono state eseguite riempiendo l'infiltrometro ad anello singolo d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di permeabilità a carico variabile),

la formula utilizzata per calcolare la permeabilità è la seguente:

$$k = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] * [d / (32 hm)]$$

dove:

d: diametro dell'infiltrometro

hm: altezza media dell'acqua durante la prova

h<sub>2</sub>-h<sub>1</sub>: variazione di livello nell'infiltrometro nell'intervallo di tempo t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>

t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>: intervallo di tempo considerato.

pag.13

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. I.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conca 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche delle prove eseguite.

Trincea esplorativa	Prova infiltrometrica	Profondità prova dal p.c.	profondità infissione anello infiltrometrico nel terreno (cm)	Diametro (d) infiltrometro (cm)	Litologia terreni
<b>T1</b>	<b>k1</b>	-2.3	10	30	Ghiaie e sabbie con ciottoli
<b>T2</b>	<b>k2</b>	-2.3	10	30	Ghiaie e sabbie con ciottoli

In allegato si riportano per ogni prova la tabella di misura degli abbassamenti e della permeabilità con relativo grafico.

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	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 e delle due trincee esplorative (T1 e T2) eseguiti all'interno dell'area di intervento.

Lo schema litostratigrafico del sottosuolo può essere così riassunto:

- 0,0 – 1,0/2,0 m da p.c. Sabbie limose con ciottoli poco addensate (orizzonte A)
- Oltre 1,0/2,0 m da p.c. Sabbie e ghiaie con ciottoli ben 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.

pag.15

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNE:CLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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 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**" ( $f_k$ ) 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 2-3 colpi/piede, indicativi di terreni poco addensati con caratteristiche geologico-tecniche scadenti. Si rinviene da p.c. fino ad una profondità di 1,0/2,0 m dal p.c.

Corrisponde al terreno vegetale e litologicamente viene assunta a composizione sabbiosa in matrice limosa con ciottoli.

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
$N_{scpt}$ (colpi da prova Scpt)	4 - 5	colpi/piede
$N_{spt}$ (colpi da prova Spt)	6 - 7	colpi/piede
$\gamma$ (peso di volume)	18 ÷ 19	KN/m <sup>3</sup>
$\phi$ (angolo di attrito)	27	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	100	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	35 ÷ 40	%

### **Orizzonte B**

Viene individuata inferiormente alla precedente in corrispondenza di valori di  $N_{scpt}$  superiore a 25 colpi/piede, indicativi di terreni ben addensati con caratteristiche

pag.16

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59Y23I7205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

geotecniche molto buone. Litologicamente si assume a composizione sabbioso-ghiaiosa con ciottoli. Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

Parametro	Valore	Unità di misura
$N_{dcpt}$ (colpi da prova Dcpt)	> 25	colpi/piede
$N_{spt}$ (colpi da prova Spt)	> 37	colpi/piede
$\gamma$ (peso di volume)	20 ÷ 21	KN/m <sup>3</sup>
$\phi$ (angolo di attrito)	36	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	450	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 poco addensato
	<b>Orizzonte B</b> - terreno ben addensato

pag.17

**Relazione Geologica e Geotecnica** - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)

Rif. Geo. 1.2081a	Rev1:	Referente: D.P.
Data elaborata: luglio 2017		Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T2317205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Profondità (m)		P1	P2	P3	P4
0.00	-0.30	18	18	21	15
-0.30	-0.60	12	18	23	17
-0.60	-0.90	10	15	11	5
-0.90	-1.20	10	9	7	3
-1.20	-1.50	16	24	16	2
-1.50	-1.80	19	28	19	3
-1.80	-2.10	14	32	26	5
-2.10	-2.40	26	100	37	18
-2.40	-2.70	36		53	28
-2.70	-3.00	37		100	37
-3.00	-3.30	41			24
-3.30	-3.60	100			27
-3.60	-3.90				27
-3.90	-4.20				31
-4.20	-4.50				25
-4.50	-4.80				32
-4.80	-5.10				100
-5.10	-5.40				
-5.40	-5.70				
-5.70	-6.00				
-6.00	-6.30				

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:

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

### **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

pag.18

**Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cervusco Sul Naviglio (MI)**

Rj/Geo. L2081a	Rev1:	Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017		Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:

$E = 300 (N + 6)$  [valido per sabbie limose]

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

$E = 1200 (N + 6)$  [valido per sabbie ghiaiose]

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

### **Coesione**

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

*pag.19*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

<i>Rif.Geo. L2081a</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: luglio 2017</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev3</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo</i> <i>Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942</i> <i>C.F. LNECLD59T23F205Z</i> <i>Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it</i> <i>info@geoarbor.it</i>

## **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, ad profondità >12 m 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.

b. Le risultanze delle indagini eseguite contribuisce a definire un modello molto uniforme in cui i terreni di substrato sono dotati di modeste 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 resistenza limitata (ORIZZONTE A: sabbie limose con ciottoli poco addensate), mentre oltre tale profondità si riscontrano terreni molto addensati associabili a litologie sabbioso-ghiaiose con ciottoli (ORIZZONTE B), aventi caratteristiche geotecniche molto 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 con ciottoli ben addensate con**

pag.20

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23I205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**caratteristiche geotecniche molto 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.21

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Galdoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	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.22

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Gen. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è 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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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.23

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborata: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 6.2 Analisi dell'azione sismica

Il territorio comunale di **Cernusco Sul Naviglio** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (agmax) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3**.

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 ( $m/s^2$ );
- ✓  $F_0$  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).

### 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.

pag.24

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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.

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

pag.25

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = \mathbf{50}$  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 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

pag.26

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. 1.1NECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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%).

### 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):

pag.27

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Carnusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. 1.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		V <sub>s30</sub> m/s	NSPT	C <sub>u</sub> 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 V <sub>s30</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 V <sub>s30</sub> > 800m/s			

Categorie sismiche di suolo di fondazione

Come precedentemente spiegato per il terreno in esame la categoria di suolo è assimilabile al **Tipo C**, "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 180 e 360 m/s".

### 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.

pag.28

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni o Cervino Sul Naviglio (MI)

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel./Fax 0295761942 C.F. LNHCLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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 $15^\circ < i \leq 30^\circ$
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  $S_T = 1,0$ .**

#### 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.

pag.29

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

**Sito in esame**

- **latitudine: 45,535076 [°]**
- **longitudine: 9,342526 [°]**
- **Classe d'uso: II.** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.
- **Vita nominale: 50 [anni]**

**Parametri sismici**

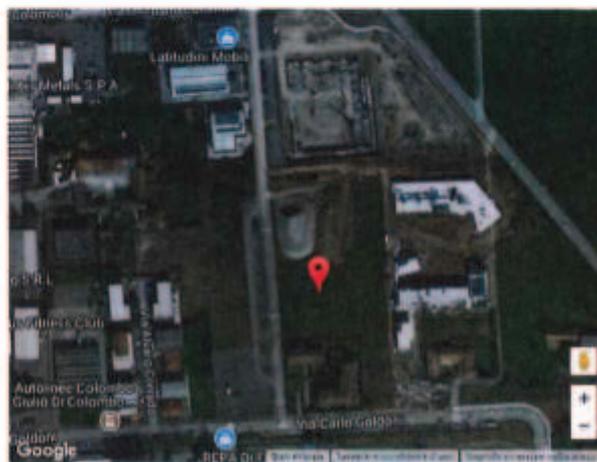
Categoria sottosuolo: **C**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **50 anni**

Coefficiente cu: **1,0**

**Coefficienti sismici**



Visualizza vertici della maglia di appartenenza



(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati e comunque possibile essere direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.  
 (2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoGis.

Stato Limite	Tr [anni]	$\gamma_0$ [ol]	Fa	Tc [s]
Operativo (SLO)	30	0,021	2,540	0,178
Danno (SLD)	50	0,027	2,832	0,200
Sotterranità vita (SLV)	475	0,080	2,920	0,200
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,075	2,607	0,204
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muti di sostegno  Paralelo  
 Stabilità dei pendii e fondazioni  
 Muti di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m)   
 us (m)

Categoria sottosuolo   
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss # Amplificazione stratigrafica	1,00	1,50	1,50	1,00
Cc # Coeff. Area categoria	1,00	1,70	1,59	1,57
St # Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima stessa al sito [m/s²]

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
ks	0,000	0,007	0,016	0,020
kv	0,003	0,004	0,006	0,010
Area [mvs²]	0,311	0,401	0,970	1,000
Beta	0,100	0,100	0,100	0,100

Rif.Geo. L2081a	Rev1:	Revisore: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	C.F. LNHCLD59T23F205Z 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 con ciottoli e non sono interessati dalle oscillazioni della falda, che nella zona si trova ad una profondità >12 m dal p.c. Nel nostro caso la presenza di litologie sabbiose-ghiaiose-ciottolose ben 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;

pag.31

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.gearbor.it info@gearbor.it

- $gc\ gq\ gy$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del p. c.;  
 $zc\ zq\ zy$  = Fattori correttivi che tengono dell'inerzia dovuta al sisma (solo per condizioni dinamiche)  
 $Dc\ dq$  = Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;  
 $\gamma$  = Peso specifico del terreno sotto il piano di fondazione;  
 $q$  = Carico litostatico presente sopra il piano di fondazione (proporzionale all'altezza del confinamento laterale);  
 $Q_{SLU}$  = Capacità portante determinata allo stato limite ultimo

Di seguito si riportano i valori delle resistenze calcolati ( $R_d$ ), utilizzando i valori di progetto:

**FONDAZIONI CONTINUE, piano imposta  $\geq 3,5$  m da p.c.  
internamente all'orizzonte B (sabbie e ghiaie con ciottoli ben addensate)**

Larghezza fondazioni (m)	1,0	1,2	1,4	
	$R_d$			u.m.
<b>Approccio 1 Combinazione 2+sisma</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,5</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Approccio 2 Combinazione unica + sisma</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )

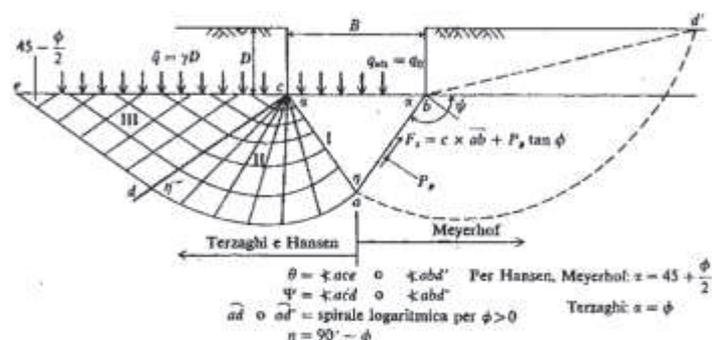
Valori di  $R_d$  calcolati con la formula di Brich-Hansen.

**Dalle verifiche eseguite è emerso che l'approccio 1 combinazione 2 (GEO) è risultata la più cautelativa in termini di calcolo della capacità portante, rispetto all'approccio 2.**

pag. 32

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



Cuneo di rottura tipico considerato per il calcolo della portanza.

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:

$S_d$	=	cedimento
$Q$	=	carico sul terreno alla base della fondazione
$B$	=	minima dimensione laterale dell'area caricata
$\mu$	=	rapporto Poisson terreno
$E$	=	modulo elastico del terreno cedevole (media ponderata)
$I_s$	=	$I_1 + [(1-2m)/(1-m)] \times I_2$
$I_1, I_2$	=	coefficienti di influenza
$I_f$	=	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

pag.33

Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cerusco Sul Naviglio (MI)

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. I.NECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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 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> )
<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	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.**

pag.34

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 6.6 Coefficiente di Winkler

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

$$k = 40 \text{ (SF) } q_a$$

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.35

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesca 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59123F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 7. Valutazione della permeabilità dei terreni

Per la valutazione della permeabilità dei terreni presenti all'interno dell'area di indagine sono state eseguite n. 2 prove infiltrometriche ad anello singolo (K1 e K2), le cui modalità di esecuzione sono riportate nel paragrafo 3.6, all'interno di altrettante trincee esplorative (trincee T1 e T2).

**Le prove sono state eseguite a profondità di -2.3 m dal p.c., all'interno dell'orizzonte litologico costituito in prevalenza da ghiaia e sabbie con grossi ciottoli (orizzonte B).**

**Non è stato preso in considerazione l'orizzonte più superficiale (presente da p.c. fino a circa -1.5 m) costituito da terreni prevalentemente sabbioso-limosi; tale orizzonte è contraddistinto da bassi valori di permeabilità a causa della presenza di litologie fini (limi) che riempiono i vuoti diminuendone la porosità. Tutte le opere di dispersione delle acque meteoriche devono pertanto interessare l'orizzonte ghiaioso-sabbioso maggiormente permeabile presente a partire da circa -1,5 m da p.c.**

I valori di permeabilità  $k$  ottenuti sono i seguenti:

Trincea esplorativa	Prova infiltrometrica	Profondità prova dal p.c.	Permeabilità $k$	
			(m/s)	(cm/s)
<b>T1</b>	<b>k1</b>	-2.3	<b><math>1,1 \times 10^{-3}</math></b>	<b><math>1,1 \times 10^{-1}</math></b>
<b>T2</b>	<b>k2</b>	-2.3	<b><math>9,7 \times 10^{-4}</math></b>	<b><math>9,7 \times 10^{-2}</math></b>

Le prove, che hanno restituito valori di permeabilità molto simili tra di loro, hanno evidenziato nel complesso valori di permeabilità ben allineati con quelli riportati in letteratura per terreni con analoghe caratteristiche litologiche (ghiaie e sabbie pulite).

Il **valore di permeabilità media** calcolato per i depositi ghiaioso-sabbiosi presenti a partire da una profondità di circa 1,5 m dal p.c. risulta essere  **$K = 1,04 \cdot 10^{-3}$  m/s (1,04**

pag. 36

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborata: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Comesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**\* $10^{-1}$  cm/s). Tale valore di permeabilità è associato a depositi sabbie e ghiaie contraddistinti da permeabilità buona (vedi tabella seguente).**

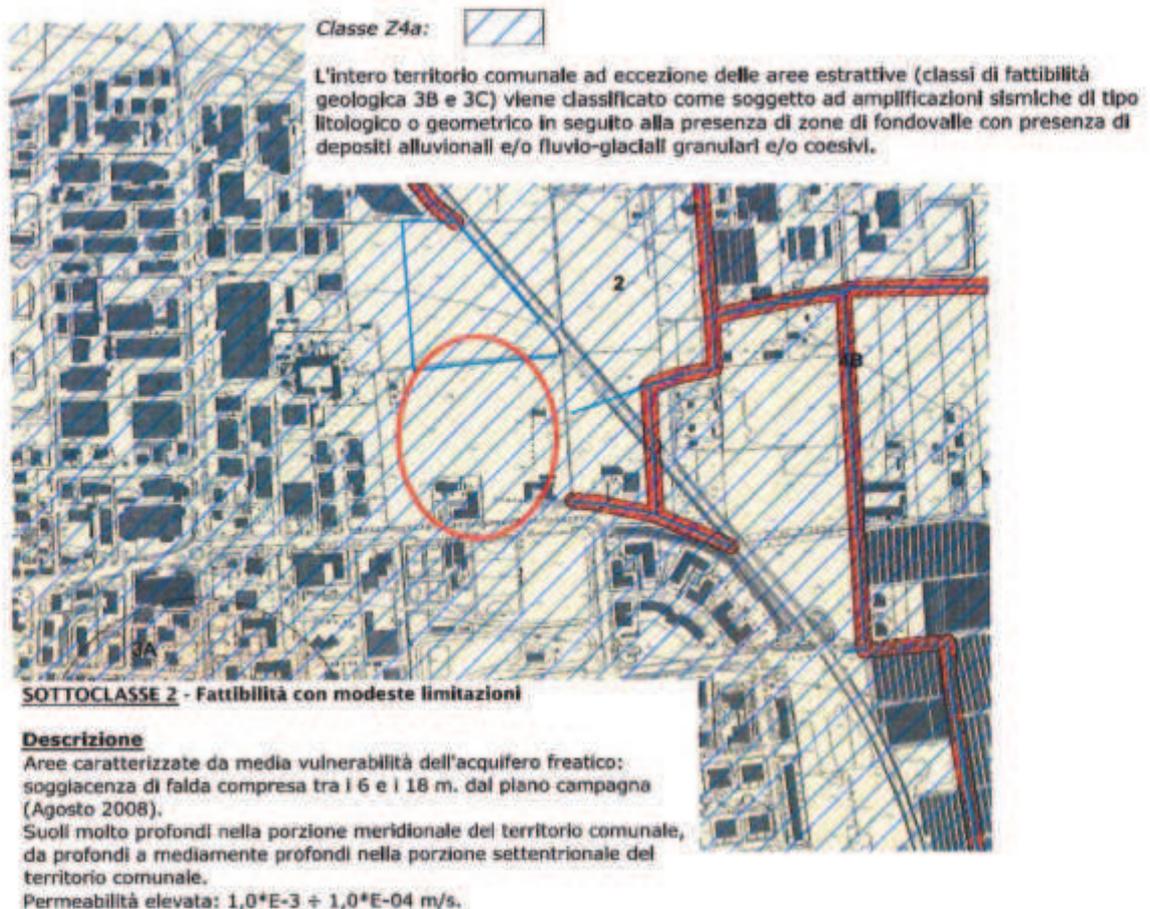
COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' 'K' in cm/sec (scala logaritmica)

	$10^2$	$10^1$	1,0	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
PERMEABILITA'				BUONA			SCARSA			PRATICAMENTE NULLA		
TIPO DI TERRENO	GHIAIA PULITA		SABBIE PULITE, MISCOLANZE DI SABBIA PULITA E GHIAIA			SABBIE MOLTO FINI, LIMI ORGANICI E INORGANICI, MISCOLANZE DI SABBIE LIMO E ARGILLA, TILL GLACIALE DEPOSITI STRATIFICATI DI ARGILLA, ECC			TERRENI IMPERMEABILI CIOE' ARGILLE OMOGENEE AL DI SOTTO DELLA ZONA INFLUENZATA DAGLI AGENTI ATMOSFERICI			
				TERRENI IMPERMEABILI MODIFICATI DALL'AZIONE DELLA VEGETAZIONE E DEGLI AGENTI ATMOSFERICI								

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Vax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 8. Verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011

LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA allegata al PGT, redatta ai sensi della L.R. 12/05 (vedi stralcio allegato), attribuisce all'area in esame una CLASSE DI FATTIBILITÀ 2 "fattibilità con modeste limitazioni".



**Da un punto di vista del rischio sismico, idraulico ed idrogeologico locale non si rilevano particolari fattori limitativi o di rischio.**

**Ai sensi della D.G.R. 2616/2011, si ritiene pertanto fattibile da un punto di vista geologico, idrogeologico e sismico l'intervento prospettato.**

pag. 38

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Galdoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif. Geo. L.2081a		Revisate: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Conesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 9. Considerazioni conclusive

### A – Geologiche e geomorfologiche ed idrogeologiche

I terreni dell'area in esame ricadono nell'ambito dei depositi fluvio-glaciali 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 >12 m 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.

### 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. 2 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (P1 ÷ P7);
- n. 2 trincee esplorativi (T1 e T2);
- n. 2 prove infiltrometriche (K1 e K2);
- 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 modeste caratteristiche

*pag.39*

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 V'oprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNH/CLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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 resistenza limitata (ORIZZONTE A: sabbie limose con ciottoli poco addensate), mentre oltre tale profondità si riscontrano terreni molto addensati associabili a litologie sabbioso-ghiaiose con ciottoli (ORIZZONTE B: sabbie e ghiaie con ciottoli), aventi caratteristiche geotecniche molto buone.

### C – Analisi sismica

Sulla base del D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", il territorio comunale di Cernusco Sul Naviglio è stato classificato come ZONA 3. In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, sulla base della litostratigrafia rilevata e dell'indagine eseguita, è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo B". Considerato tuttavia che, dall'analisi di II livello condotta nell'ambito del PGT comunale il fattore di amplificazione  $F_a$  risulta  $>$  del valore soglia comunale definiti dalla regione Lombardia, si ritiene più corretto considerare un suolo di tipo "C".

### D – Permeabilità dei terreni

In relazione alle caratteristiche di permeabilità rilevate con le prove infiltrometriche per i terreni in esame (permeabilità alta) si ritiene possibile la realizzazione di sistemi di dispersione delle acque meteoriche nel primo sottosuolo (pozzi perdenti).

### 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 con ciottoli ben addensate con caratteristiche geotecniche molto buone.

pag.40

*Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)*

Rif.Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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)

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.

Vaprio d'Adda, 14/07/2017

Dott. Geol. Carlo Leoni



pag.41

**Relazione Geologica e Geotecnica - Piano Attuativo campo della Modificazione in Via Goldoni a Cernusco Sul Naviglio (MI)**

Rif. Geo. L.2081a		Referente: D.P.
Data elaborato: luglio 2017	Rev1:	Rev3
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD591231205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

***PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE  
INDAGINI ESEGUITE***



***STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1  
E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***

**STRATIGRAFIA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**

**GeoArborStudio**

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

		Comune: Cernusco S.N. (MI)
Cantiere: Piano attuativo di Via Goldoni		Ditta esecutrice: Geoprove - Treviolo (BG)
Data: 27/07/2012		Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Sondaggio: <b>S1</b>		Profondità sondaggio: 12 m
		Falda freatica: 12 m da p.c.

Scala 1:100	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Prove SPT	Campioni
	0.00		Terreno vegetale: sabbia limosa bruna.		
1	1.20		Ghiaia e sabbia in matrice limosa debolmente ciottolosa		
2	2.40		Ghiaia e sabbia grigia con ciottoli (diametro max = 10 cm)	4.5	12-18-27
3	6.00			6.0	RIF.
4	6.15		Trovante		
5			Ghiaia e sabbia grigia con ciottoli (diametro max = 10 cm)		
6	10.60		Ghiaia e sabbia debolmente limosa		
7	12.00				
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**

**GeoArbor**studio

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

Committente: Giemme Costruzioni S.p.A.	Comune: Cernusco S.N. (MI)
Cantiere: Piano attuativo di Via Goldoni	Ditta esecutrice: Geoprobe - Treviolo (BG)
Data: 27/07/2012	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Sondaggio: <b>S1 (0-5 m)</b>	Profondità sondaggio: 12 m
	Falda freatica: 12 m da p.c.



Stazione



0.0 m - 5.0 m

**DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**

**GeoArbor**Studio

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

Committente: Giemme Costruzioni S.p.A.	Comune: Cernusco S.N. (MI)
Cantiere: Piano attuativo di Via Goldoni	Ditta esecutrice: Geoprove - Treviolo (BG)
Data: 27/07/2012	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Sondaggio: <b>S1 (5-12 m)</b>	Profondità sondaggio: 12 m
	Falda freatica: 12 m da p.c.



5.0 m - 10.0 m



10.0 m - 12.0 m

***TABULATI E GRAFICI PROVE  
PENETROMETRICHE DINAMICHE***

## Prova penetrometrica dinamica n°1

Località: Cernusco sul Naviglio (MI) - Piano Attuativo di Via Goldoni

Data: 27/07/2012

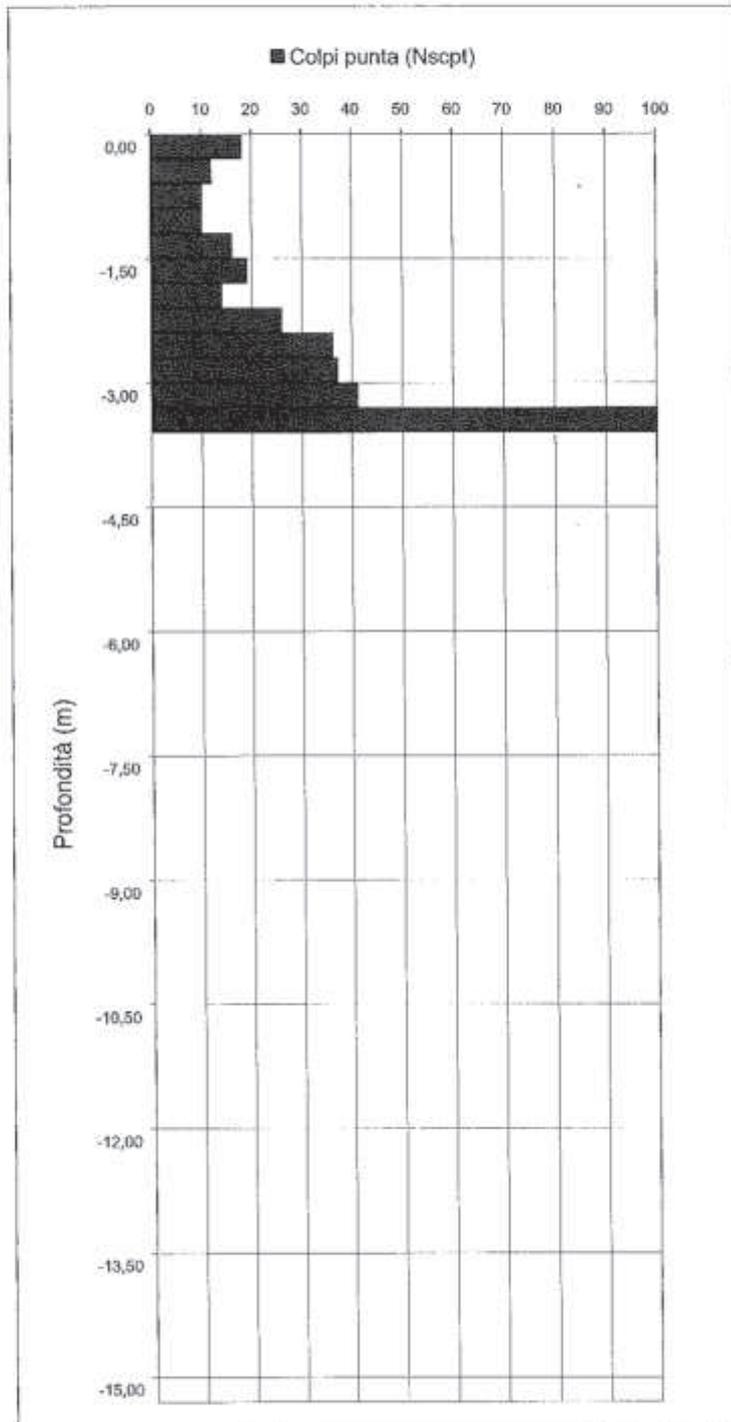
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Gemme Costruzioni S.p.A.

Sigla cantiere: L1489

Falda: n.r.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)	
0,00	0,30	18
-0,30	-0,60	12
-0,60	-0,90	10
-0,90	-1,20	10
-1,20	-1,50	16
-1,50	-1,80	19
-1,80	-2,10	14
-2,10	-2,40	25
-2,40	-2,70	36
-2,70	-3,00	37
-3,00	-3,30	41
-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	
-15,00	-15,30	

## Prova penetrometrica dinamica n°2

Località: Cernusco sul Naviglio (MI) - Piano Attuativo di Via Goldoni

Data: 27/07/2012

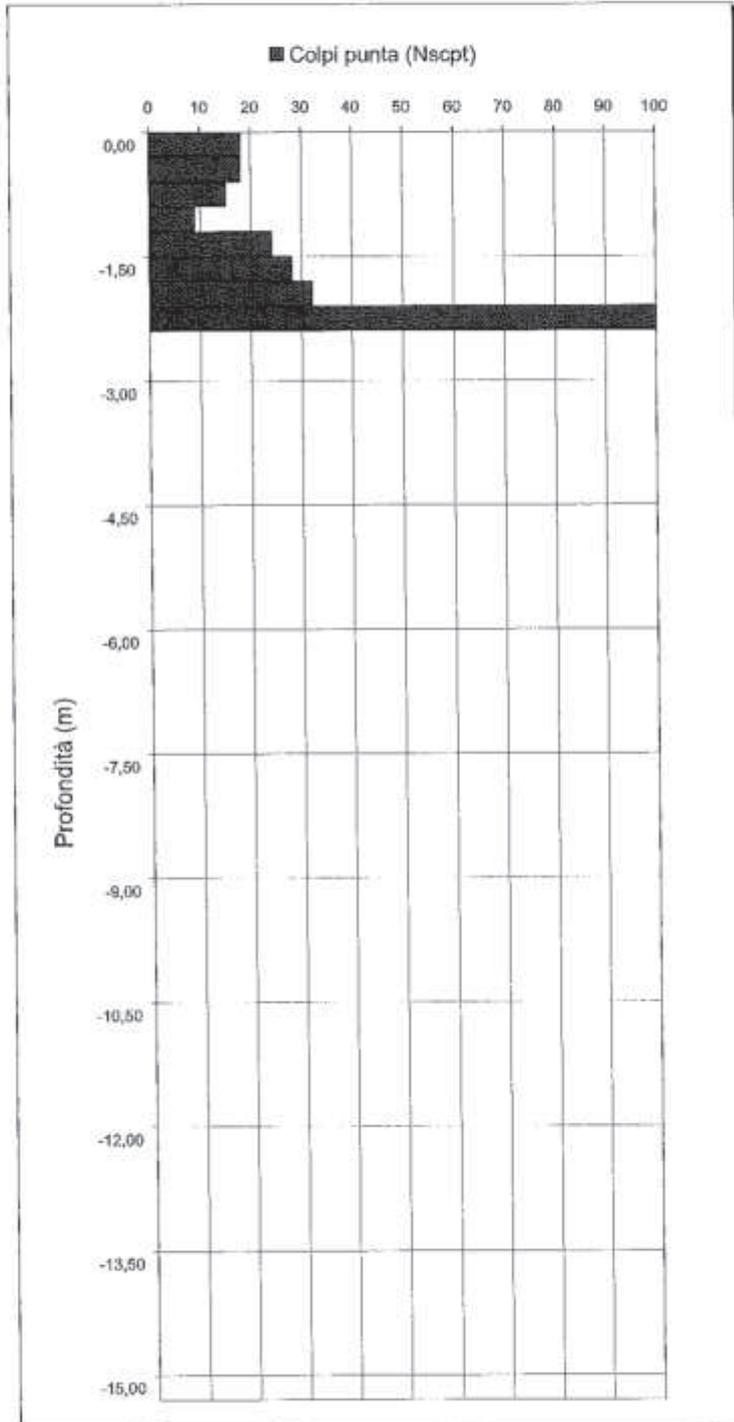
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Gemme Costruzioni S.p.A.

Sigla cantiere: L1489

Falda: n.r.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscopt)	
0,00	-0,30	18
-0,30	-0,60	18
-0,60	-0,90	15
-0,90	-1,20	9
-1,20	-1,50	24
-1,50	-1,80	28
-1,80	-2,10	32
-2,10	-2,40	100
-2,40	-2,70	
-2,70	-3,00	
-3,00	-3,30	
-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	
-15,00	-15,30	

## Prova penetrometrica dinamica n°B

Località: Cernusco sul Naviglio (MI) - Piano Attuativo di Via Goldoni

Data: 27/07/2012

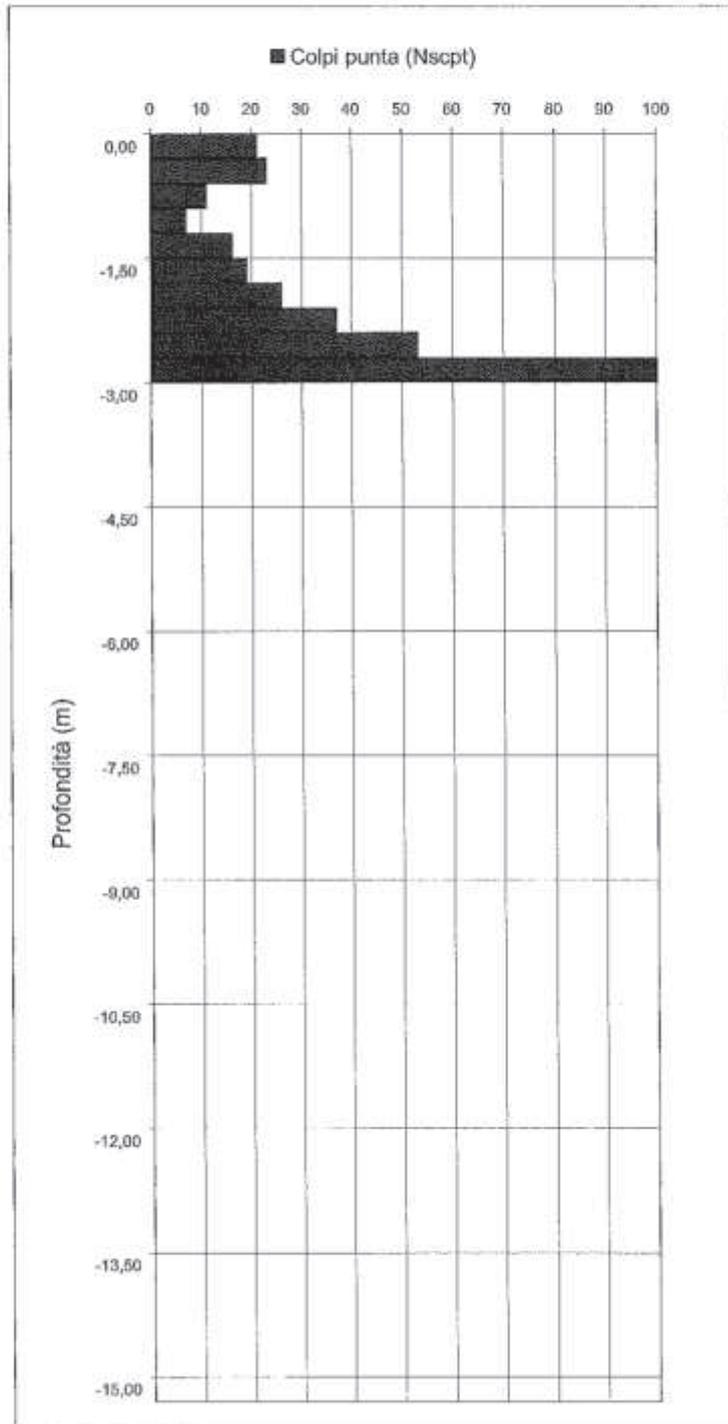
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Gemme Costruzioni S.p.A.

Sigla cantiere: L1489

Falda: n.r.



Profondità (m)	Colpi Punta (Ns cpt)	
0,00	-0,30	21
-0,30	-0,60	23
-0,60	-0,90	11
-0,90	-1,20	7
-1,20	-1,50	16
-1,50	-1,80	19
-1,80	-2,10	26
-2,10	-2,40	37
-2,40	-2,70	53
-2,70	-3,00	100
-3,00	-3,30	
-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	
-15,00	-15,30	

## Prova penetrometrica dinamica n°4

Località: Cernusco sul Naviglio (MI) - Piano Attuativo di Via Goldoni

Data: 27/07/2012

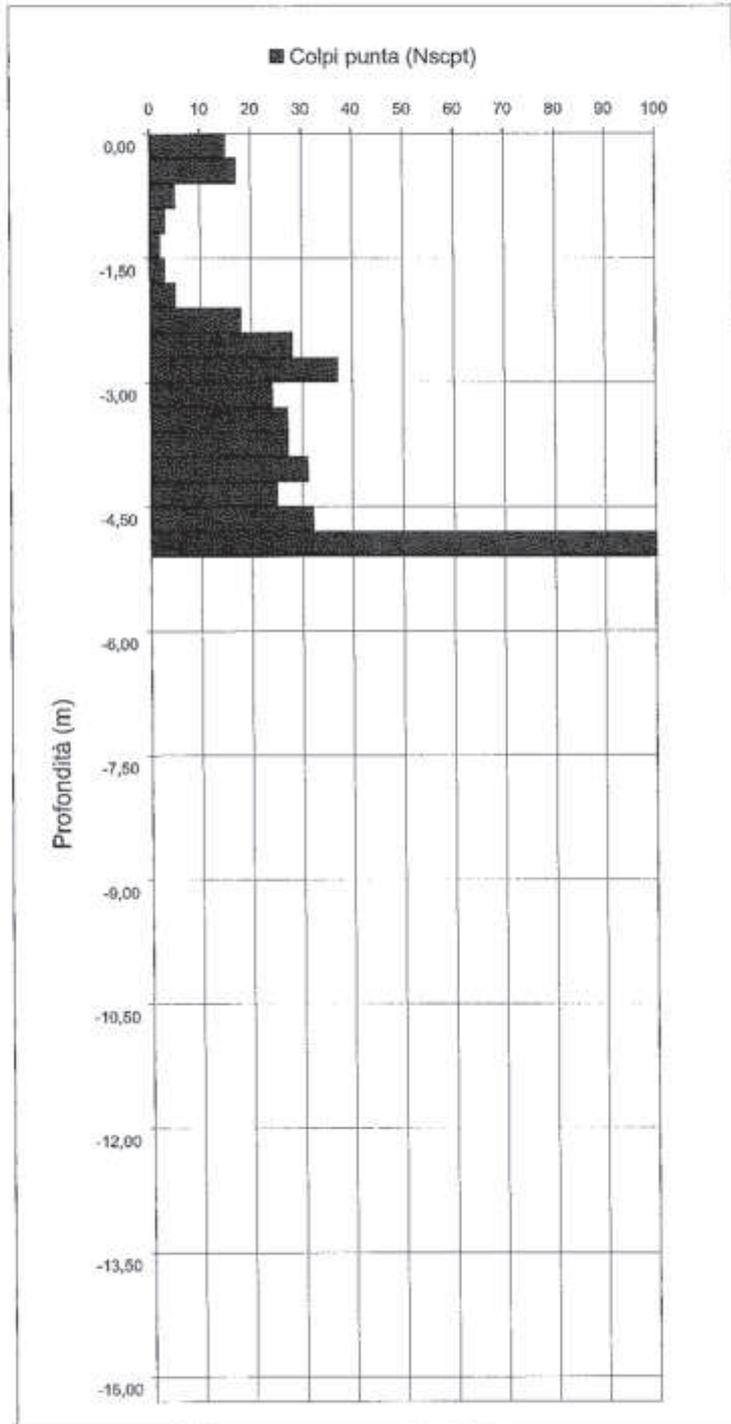
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Gemme Costruzioni S.p.A.

Sigla cantiere: L1489

Falda: n.r.



Profondità (m)	Colpi Punta (Nscpt)	
0,00	-0,30	15
-0,30	-0,60	17
-0,60	-0,90	5
-0,90	-1,20	3
-1,20	-1,50	2
-1,50	-1,80	3
-1,80	-2,10	5
-2,10	-2,40	18
-2,40	-2,70	28
-2,70	-3,00	37
-3,00	-3,30	24
-3,30	-3,60	27
-3,60	-3,90	27
-3,90	-4,20	31
-4,20	-4,50	25
-4,50	-4,80	32
-4,80	-5,10	100
-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	
-15,00	-15,30	

***STRATIGRAFIE TRINCEE ESPLORATIVE***

# Trincea esplorativa T1

Committente: Giemme costruzioni

Comune: Cernusco S.N. (MI)

Cantiere: Piano Attuativo di Via Goldoni

Profondità trincea: -2.3 m da p.c.

Data: 27/07/2012

Profondità*	Stratigrafia	Descrizione
0.00		
0.5		
1.0		
1.40		Terreno vegetale: sabbia limosa con ciottoli
1.80		Sabbia con ghiaia
2.0		
2.30		Sabbia e ghiaia con ciottoli
2.5		

Eseguita prova di permeabilità (prova k1) con infiltrometro ad anello singolo a fondo scavo (a -2.3 m dal p.c. )



## Trincea esplorativa T2

Committente: Giemme costruzioni

Comune: Cernusco S.N. (MI)

Cantiere: Piano Attuativo di Via Goldoni

Profondità trincea: -2.3 m da p.c.

Data: 27/07/2012

Profondità*	Stratigrafia	Descrizione
0.00		
0.5		
1.0		
1.5		
1.40		
2.0		
2.30		
2.5		

Terreno vegetale: sabbia limosa con ciottoli

Ghiaia e sabbia con ciottoli

Eseguita prova di permeabilità (prova k2) con infiltrometro ad anello singolo a fondo scavo (a -2.3 m dal p.c. )

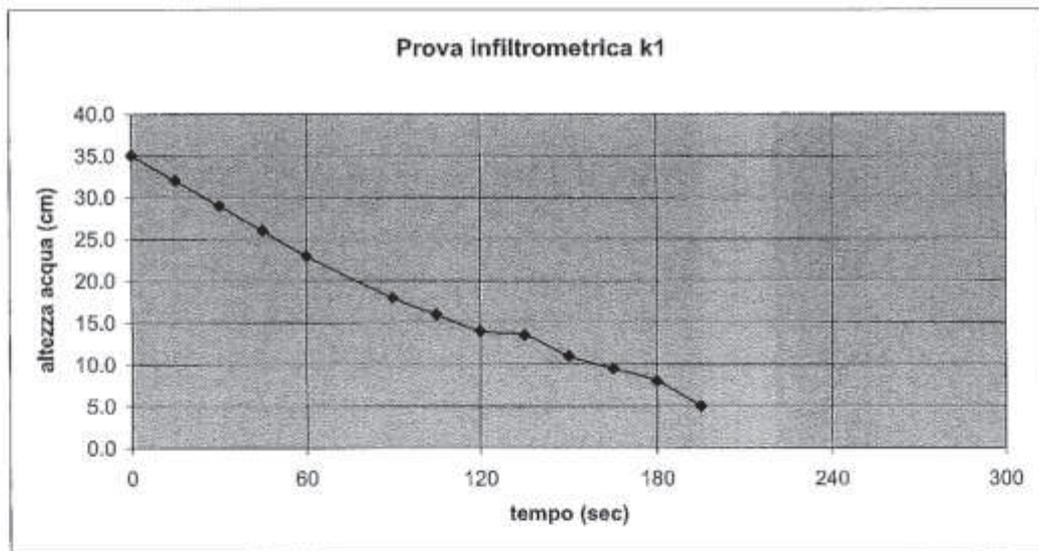


**TABULATI E GRAFICI  
PROVE INFLITROMETRICHE**

## Prova infiltrometrica k1

Località: Cernusco S.N. - Via Goldoni  
 Committente: Giemme costruzioni S.p.A.  
 Trincea esplorativa: T1  
 profondità esecuzione prova: -2.3 m dal p.c.

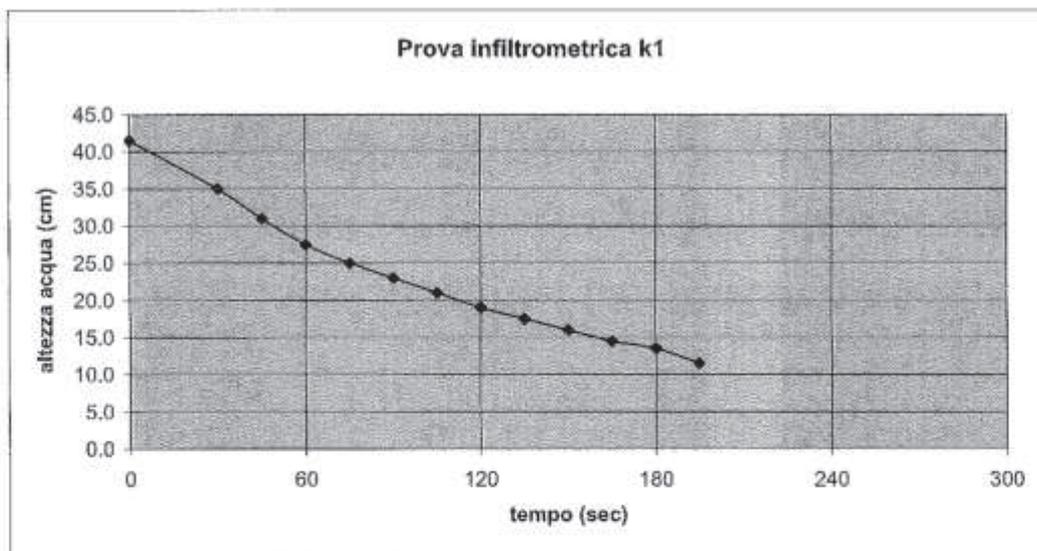
DATI		MISURE								
		T progressivo (s)	delta T (s)	h (cm)	delta h (cm)	v (cm/s)	H (cm)	i	k (cm/s)	
diámetro (cm)	30.00	0	-	35.0	-	-	-	-	-	
sezione (cm <sup>2</sup> )	706.500	15	15	32.0	3.0	0.200	22.0	3.20	0.0625	
infissione (cm)	10	30	15	29.0	3.0	0.200	19.0	2.90	0.0690	
profondità (cm)	230	45	30	26.0	3.0	0.100	16.0	2.60	0.0385	
<b>RISULTATI</b>		60	15	23.0	3.0	0.200	13.0	2.30	0.0870	
<b>K media (m/s)</b>		90	30	18.0	5.0	0.167	8.0	1.80	0.0926	
		105	15	16.0	2.0	0.133	6.0	1.60	0.0833	
		120	15	14.0	2.0	0.133	4.0	1.40	0.0952	
		135	15	13.5	0.5	0.033	3.5	1.35	0.0247	
		150	15	11.0	2.5	0.167	1.0	1.10	0.1515	
		165	15	9.5	1.5	0.100	-0.5	0.95	0.1053	
		180	15	8.0	1.5	0.100	-2.0	0.80	0.1250	
		195	15	5.0	3.0	0.200	-5.0	0.50	0.4000	



## Prova infiltrometrica k2

Località: Cernusco S.N. - Via Goldoni  
 Committente: Giemme costruzioni S.p.A.  
 Trincea esplorativa: **T2**  
 profondità esecuzione prova: -2.3 m dal p.c.

DATI		MISURE							
		T progressivo (s)	delta T (s)	h (cm)	delta h (cm)	v (cm/s)	H (cm)	i	k (cm/s)
diámetro (cm)	30.00	0	-	41.5	-	-	-	-	-
sezione (cm <sup>2</sup> )	706.500	30	30	35.0	6.5	0.217	25.0	3.50	0.0619
infissione (cm)	10	45	15	31.0	4.0	0.267	21.0	3.10	0.0860
profondità (cm)	230	60	15	27.5	3.5	0.233	17.5	2.75	0.0848
<b>RISULTATI</b>		75	15	25.0	2.5	0.167	15.0	2.50	0.0667
<b>K media (m/s)</b>		90	15	23.0	2.0	0.133	13.0	2.30	0.0580
		105	15	21.0	2.0	0.133	11.0	2.10	0.0635
		120	15	19.0	2.0	0.133	9.0	1.90	0.0702
		135	15	17.5	1.5	0.100	7.5	1.75	0.0571
		150	15	16.0	1.5	0.100	6.0	1.60	0.0625
		165	15	14.5	1.5	0.100	4.5	1.45	0.0690
		180	15	13.5	1.0	0.067	3.5	1.35	0.0494
		195	15	11.5	2.0	0.133	1.5	1.15	0.1159
		210	15	9.5	2.0	0.133	-0.5	0.95	0.1404
		225	15	7.5	2.0	0.133	-2.5	0.75	0.1778
		240	15	6.3	1.2	0.080	-3.7	0.63	0.1270
		255	15	4.5	1.8	0.120	-5.5	0.45	0.2667



***RISULTATI PROVA MASW***





**1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2**

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)\*
- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)\*
- Analisi di secondo livello non effettuata

\* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

**2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1**

- 1 senza particolari limitazioni
- 2 con modeste limitazioni
- 3 con consistenti limitazioni
- 4 con gravi limitazioni

**2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2**

- a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- b) Vulnerabilità idrogeologica
- c) Vulnerabilità idraulica
- d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- nessuna particolare limitazione

**DICHIARA INOLTRE**

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di ..... Cernusco Sul Naviglio .....

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo prove penetrometriche dinamiche SCPT, sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche standard SPT, prove sismiche masw, trincee esplorative, prove infiltrometriche
- indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo .....

- F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
  - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :
    - A       B       C       D       E
 mediante la seguente tipologia d'indagine masw eseguita in loco e PGT comunale la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
  - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:
    - T1       T2       T3       T4
 mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:500 la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:
- esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione
  - verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia .....
- I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:
- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
  - previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
  - previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
    - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
    - sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

**ASSEVERA**

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 14/07/2017

IL GEOLOGO







2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
  - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (punto 3.2.2 delle NTC2008):

T1             T2             T3             T4

- D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione
- E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici:
- peso dell'unità di volume: ..... 20 KN/MC .....
- angolo di resistenza al taglio: ..... 36° .....
- coesione efficace: .....
- coesione non drenata: .....
- F. di aver eseguito i calcoli geotecnici:
- in condizioni drenate
  - in condizioni non drenate
- G. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14-01-2008

**ASSEVERA**

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA

14/07/2017



