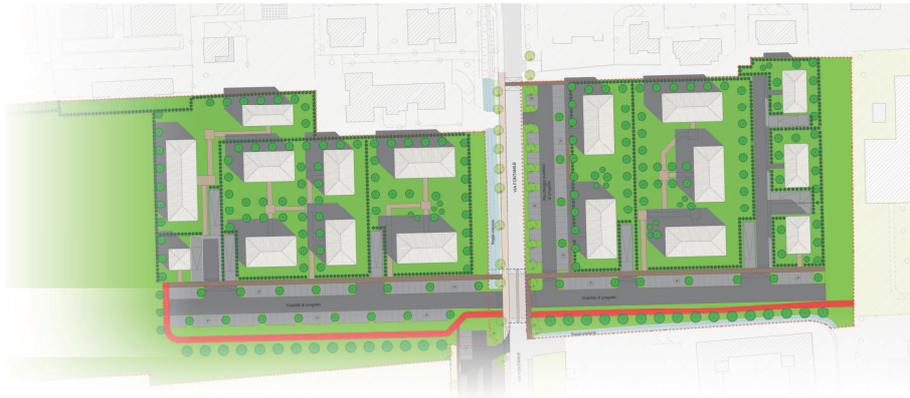


**COMUNE DI CERNUSCO SUL NAVIGLIO**

**PIANO ATTUATIVO  
Campo della Modificazione M1\_8  
Cernusco sul Naviglio**

**Allegato F  
RELAZIONE GEOLOGICA**

**NOVEMBRE 2014**



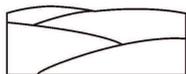
**Arch. Marco Andreoni**

Via Cavour 6/D – 20063 Cernusco sul Naviglio (MI)

Tel. 029240408 – fax 029241388

studio@marcoandreoni.it

Studio Tecnico  
di Geologia



Geologia Territorio  
Ambiente

Dott. Geol. Roberto LUONI  
Ordine dei Geologi della Lombardia n. 866  
Studio: via S. G. Emiliani 1 - 20135 Milano  
Tel. - Fax 02/55186655 - E-MAIL: luoni.geo@gmail.com  
PEC luoni@epap.sicurezza postale.it

## *Campo della Modificazione M1\_8*

*Indagine Geologica-Geotecnica  
relativa alle aree interessate dal P.A.  
del Campo della Modificazione M1\_8  
del PGT di Cernusco sul Naviglio*

### **RELAZIONE TECNICA**

*Cernusco sul Naviglio (MI)  
Via Fontanile  
Ottobre 2013*





Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### **INDICE**

	<i>pag.</i>
1. <b>PREMESSA</b>	1
2. <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	2
2.1    INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA	2
2.2    CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	4
2.3    CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	6
2.4    FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'INTERVENTO	9
3. <b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	12
3.1    INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
3.2    TRINCEE ESPLORATIVE	13
3.3    PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	15
3.4    MODELLO STRATIGRAFICO	17
3.5    ORIZZONTI LITOTECNICI	20
4. <b>CAPACITA' PORTANTE</b>	22
5. <b>CONCLUSIONI</b>	23

### **ALLEGATI**

*Allegato A    Ubicazione prove penetrometriche*

*Allegato B    Prove penetrometriche dinamiche*

*Allegato C    Documentazione fotografica*

*Allegato D    Asseverazione Relazione*



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### **1. PREMESSA**

La presente relazione è volta ad illustrare gli esiti di una indagine geologico - geotecnica eseguita a supporto del Piano Attuativo relativo al Campo della Modificazione M1\_8 in Via Fontanile - Comune di Cernusco sul Naviglio (MI).

In tale elaborato tecnico viene dettagliata la situazione litostratigrafica del sottosuolo dell'area in oggetto, e vengono definite le caratteristiche geotecniche del substrato direttamente interessato dalle strutture in progetto, ma non verifica le interazioni opera/terreno come previsto dal D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” in quanto la verifica di sicurezza dovrà essere eseguita a progetto esecutivo definito e con i carichi strutturali noti.

A supporto dei dati disponibili relativi all'area in esame, in particolare lo Studio Geologico comunale redatto da GeoArbor Studio in data 12/2009, sono state realizzate le seguenti indagini di campagna:

⇒ n° 10 Prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT;

Le prove geotecniche realizzate sono state ubicate sulla base del progetto disponibile, mentre i risultati ottenuti sono stati calibrati mediante le 8 trincee esplorative, che hanno raggiunto profondità media di circa 2,30 m da p.c., realizzate durante l'indagine ambientale condotta precedentemente in sito (9 ottobre 2013).

Nei paragrafi che seguono verranno descritti i risultati ottenuti e le conclusioni a cui si è potuto addivenire.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

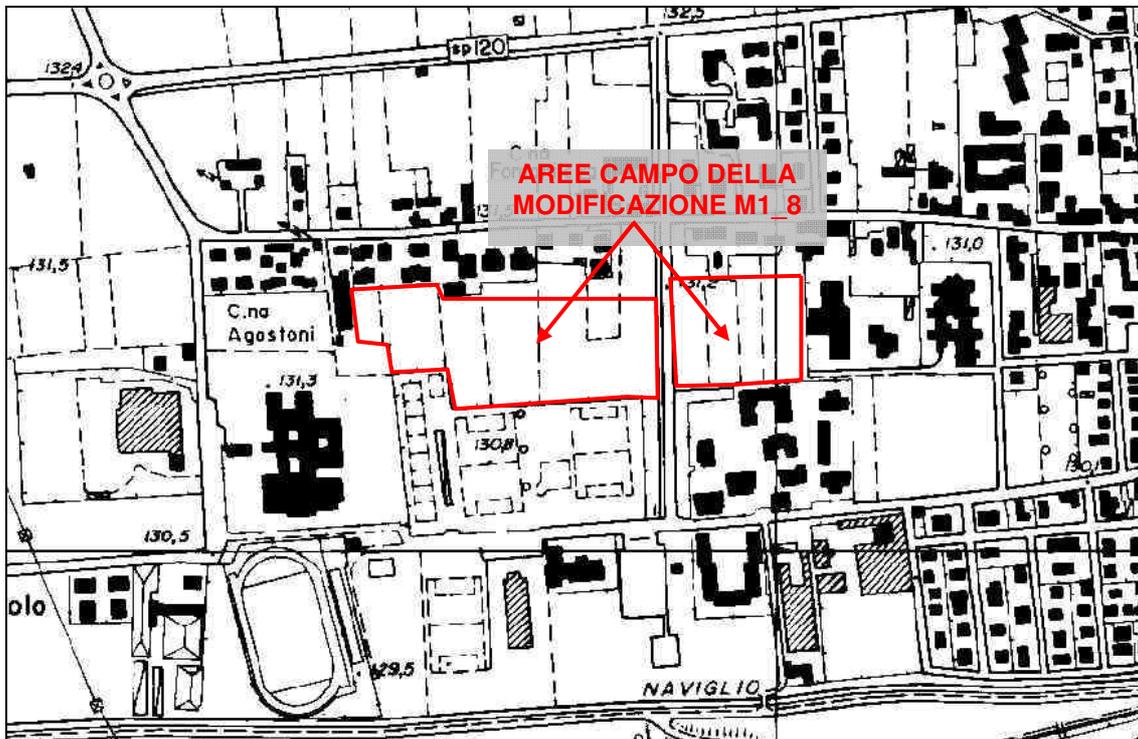
Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### 2. RELAZIONE GEOLOGICA

#### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

Il Piano Attuativo “Campo della Modificazione M1\_8” oggetto della presente relazione, comprende due aree prossime tra di loro e ubicate in un ambito posto nel settore occidentale del territorio comunale di Cernusco sul Naviglio (MI).

Dal punto di vista topografico l'area in oggetto viene individuata nella Sezione B6d1 “Cernusco sul Naviglio” della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 come illustrato nella figura 1 di seguito riportata:



*Figura 1: Corografia aree in esame*

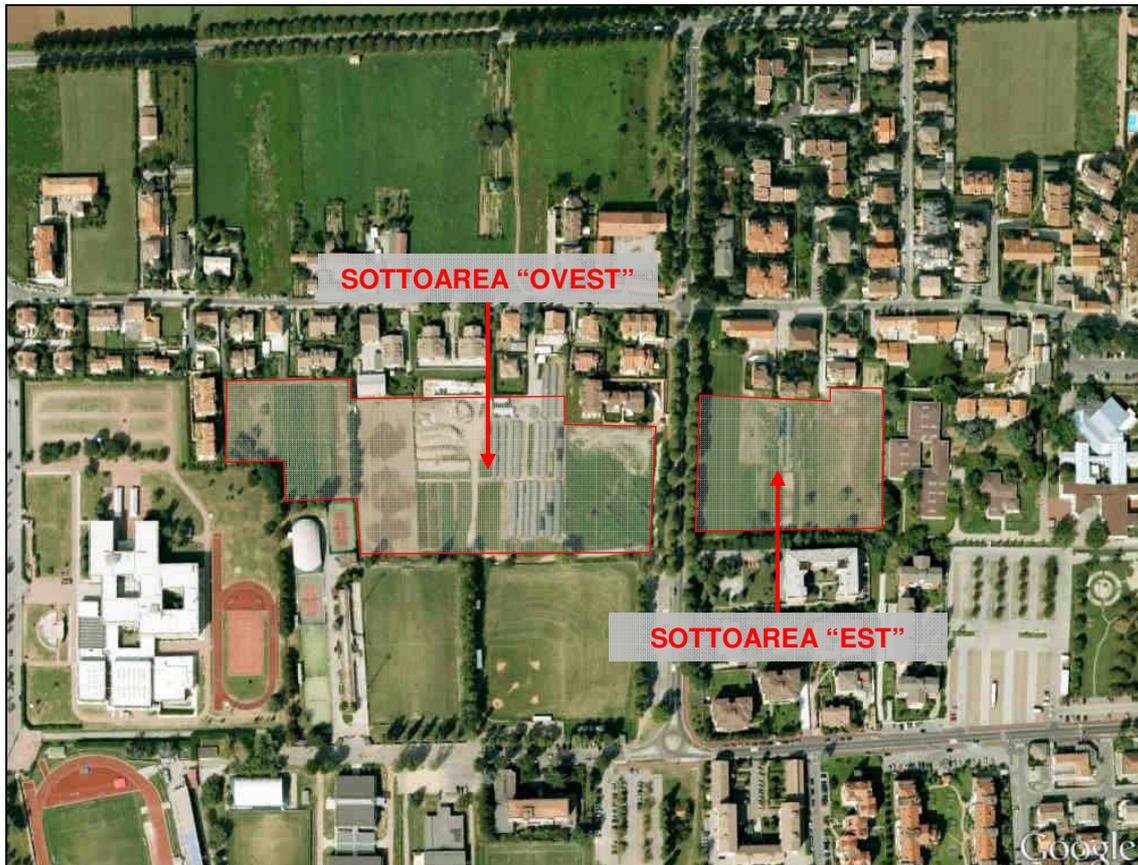
Nella pagina successiva viene mostrata una foto aerea, tratta da Google Earth, nella quale viene illustrato l'assetto attuale dell'area in oggetto.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



*Figura 2: Foto area Campo della Modificazione M1\_8*

Come evidenziato in figura 2, le aree in esame risultano ubicate in un settore territoriale completamente pianeggiante, ubicato nel settore periferico occidentale del centro abitato di Cernusco sul Naviglio (MI).

L'ambito è suddiviso in due sottoaree suddivise da via Fontanile, dove prevalgono aree ad uso agricolo intercalate ad aree lasciate a prato o incolte.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### 2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

L'area in esame trova collocazione nella porzione settentrionale della media pianura terrazzata lombarda, le cui peculiarità morfologiche sono dovute alla complessa azione dei fenomeni morfoclimatici Pleistocenici, che hanno regolato nel corso degli anni l'evoluzione dei corsi d'acqua responsabili della formazione della pianura, attraverso lo smantellamento dei depositi alluvionali - fluvio-glaciali generatisi durante le fasi glaciali.

La media pianura terrazzata rappresenta l'elemento morfologico più uniforme del colmamento post-glaciale della pianura Padana, che risulta compresa tra una fascia settentrionale, dove l'azione dei fenomeni morfogenetici è più marcata e hanno dato origine a dei lembi di terreno più antichi, di aspetto tabulare ed altimetricamente più elevati rispetto ai depositi wurmiani, mentre la fascia meridionale denominata zona Pedemontana, è caratterizzata da un andamento ondulato della superficie topografica a causa dell'intesa azione indotta dai corsi d'acqua mediante la formazione di scarpate, meandri ed altri elementi di carattere morfologico.

L'area in esame risulta quindi ubicata in un contesto morfologico che vede l'uniformità come elemento caratterizzante del territorio. L'assetto tabulare, è tipico della pianura irrigua dove l'attività antropica si manifesta come l'elemento modificatore, non permettendo spunti di particolare riflessione.

Il sito in esame viene inserito nello Studio Geologico Comunale vigente, all'interno dell'Unità Cartografica **OLG1**, e solo una piccola porzione di area, posta nel settore centro meridionale, è classificata come **SAM 1**.

La differente classificazione non è riferita alla litologia presente, ma bensì alle caratteristiche del suolo superficiale e quindi nella pagina successiva, dopo la figura 3, viene riproposta la descrizione nell'ambito contenuta nello studio geologico comunale vigente per la categoria OLG1.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

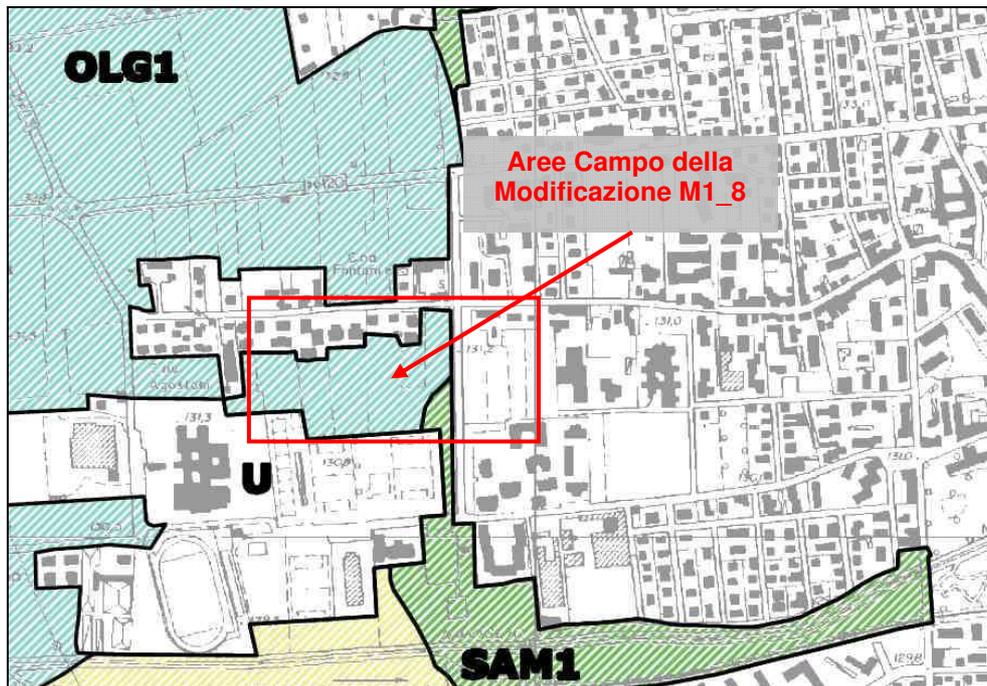


Figura 3: Carta litologica, pedologica e dell'uso del suolo – Stralcio Tav. 1 Studio geologico Comunale

All'unità cartografica “**OLG1**” corrispondono le seguenti caratteristiche:

- ⇒ **Litologia:** Depositi fluvioglaciali di età Würmiana-Rissiana. Unità litologica G2 WLS N3 – ghiaie poco gradate (uguale alla classe SAM1).
- ⇒ **Morfologia del paesaggio:** il pedopaesaggio è quello della alta pianura ghiaiosa, su superfici ondulate con quota media di 125m s.l.m. e pendenza media del 0,2%, di transizione ai principali sistemi fluviali e su materiali in genere più grossolani. Il substrato è costituito da sabbie limose con ghiaia, non calcaree
- ⇒ **Suoli:** Molto profondi, scheletro abbondante, a tessitura moderatamente grossolana, con reazione subacida, neutra in profondità, saturazione media o alta in superficie, alta in profondità, AWC da bassa a moderata, sono non calcarei, scarsamente n profondità, e presentano drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

Evidenze dell'assetto geologico del sottosuolo sono rilevabili dall'esame delle scarpate generate dall'attività estrattiva condotta negli ambiti presenti poco a nord - ovest rispetto all'area in esame: in tali situazioni è possibile osservare una successione stratigrafica caratterizzata da uno strato superficiale organico (suolo) di circa 0,50 m, depositato al tetto di un livello di alterazione ciottoloso - limoso denominato tipicamente “Ferrettone” che presenta uno



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

spessore variabile compreso tra 1,5 a 2,0 m, a cui fa seguito la successione ghiaiosa sabbiosa rappresentante il livello fondamentale della Pianura Padana.

Dal punto di vista granulometrico i termini più rappresentativi dell'unità profonda sono costituiti da ghiaie e sabbie in scarsa matrice limosa. Sono presenti locali lenti più o meno continue nei primi 7-8 m di profondità di sabbie limose.

### **2.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

L'area in esame si estende entro la fascia della media pianura lombarda ed è interessata esclusivamente da sedimenti alluvionali e fluvioglaciali quaternari.

Ad una generale uniformità della geologia di superficie, testimoniata dalla presenza di una sola unità arealmente estesa, si contrappone, man mano che ci si spinge in profondità, una graduale differenziazione sia all'interno delle stesse unità che al passaggio verso le unità più antiche sottostanti.

Tali caratteristiche geologiche, strettamente connesse alla particolare struttura idrogeologica, condizionano largamente la circolazione idrica sotterranea.

La tipologia delle unità geologiche che caratterizzano il sottosuolo quindi, determina la presenza di acquiferi le cui caratteristiche sono state studiate in numerosi lavori, fra i quali il lavoro "Criteri idrogeologici per l'ottimizzazione dell'attività estrattiva nella provincia di Milano in funzione della compatibilità ambientale" redatto nel febbraio del 1993 dal Prof. V. Francani e dai Dott. E. Denti e P. Sala.

Dall'esame di questi studi si ricava che il sottosuolo dell'area in esame è contraddistinto dalla presenza di due acquiferi le cui caratteristiche sono così riassumibili:

- ⇒ un primo acquifero comprende la falda freatica superficiale e le falde semiartesiane che, in comunicazione con la prima, sono limitate da setti impermeabili irregolarmente estesi o da depositi semipermeabili. Esso è caratterizzato dalla presenza di sabbie e ghiaie a cui si intercalano orizzonti conglomeratici talora notevoli, mentre i setti a bassa permeabilità, rilevabili tra i 45m e i 60m di profondità, appaiono arealmente non molto estesi;
- ⇒ il secondo acquifero riunisce i depositi contenenti falde in pressione appartenenti all'unità Villafranchiana, che sono separati da quelli del primo acquifero da livelli impermeabili dotati di grande continuità laterale e spessore generalmente significativo.

Il passaggio tra il primo e il secondo acquifero avviene, nell'area in esame, ad una profondità variabile tra i 95 e i 45m dal piano campagna.

Per quanto attiene la piezometria e la soggiacenza della falda freatica nell'area in esame, si è fatto riferimento alla Tav. 3 “Carta Idrogeologica” dello Studio geologico comunale di Cernusco sul Naviglio, di cui stralcio viene di seguito riportato.

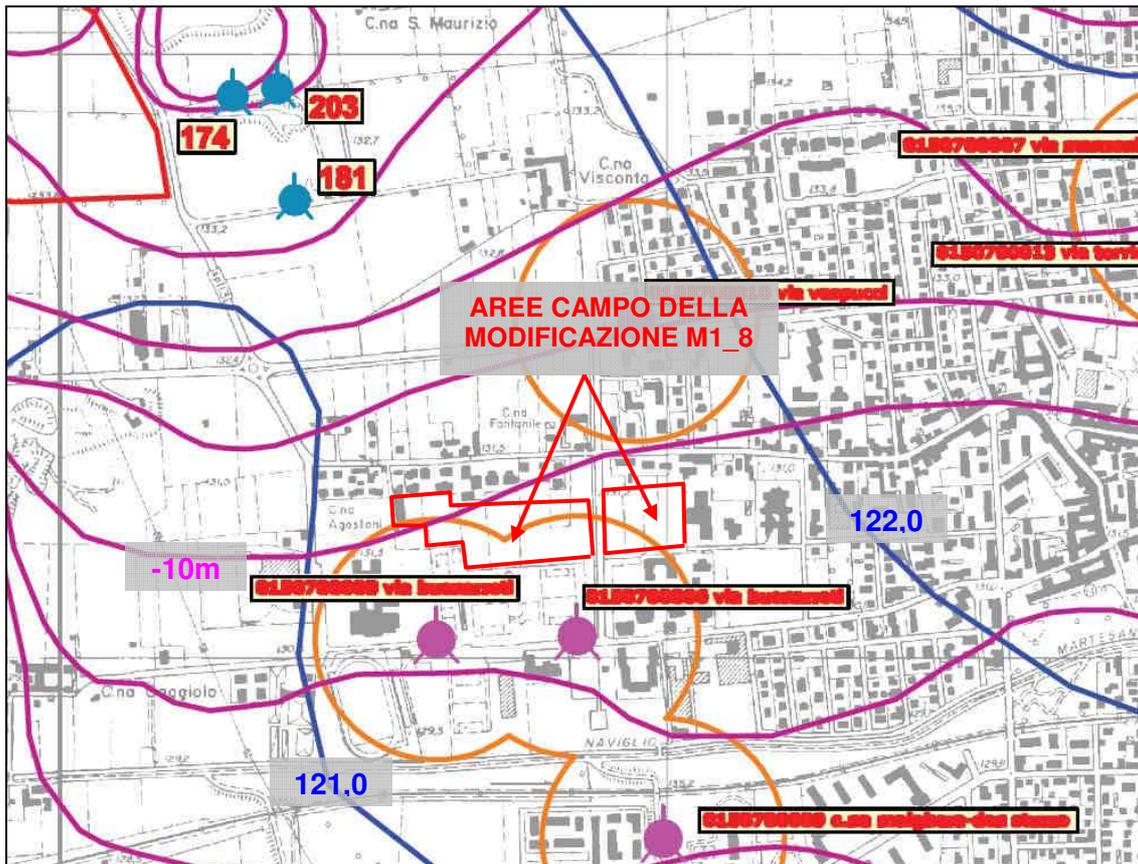


Figura 4: Carta Idrogeologica – Stralcio Tav. 3 Studio geologico Comunale

L'esame di tale elaborato grafico permette di valutare che l'ambito è compreso tra le linee freaticometriche 121,0 e 122,0 m s.l.m. attraversato dalla linea di isosoggiacenza di -10m dal p.c.

La serie storica dei dati piezometrici disponibili a livello provinciale, permette di definire che tali valori di soggiacenza presentano un regime di oscillazione stagionale, dove la massima escursione avviene nel periodo tardo estivo (agosto-settembre) e il minimo nel periodo primaverile (aprile-maggio), presentando una variazione media di circa  $\pm 2,00$  m.

Oltre all'oscillazione stagionale sopra indicata, la piezometria della falda, è stata sottoposta nell'ultimo ventennio ad un sensibile variazione, con



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

una risalita costante fino agli anni '90 e seguita da una sostanziale stabilizzazione nel periodo 2000-2005, per poi ridiscendere e quindi risalire negli ultimi anni. In estrema sintesi tali fenomeni, oggetto di numerosi studi, sono sostanzialmente imputabili alla riduzione dei prelievi a scala di bacino e a variazioni significative delle precipitazioni nell'ultimo decennio.

In relazione a quanto appena detto, risulta necessario valutare la variabilità del dato di soggiacenza riportato nello Studio Geologico Comunale, in riferimento alle rilevazioni del Settembre 2008.

A tal riguardo sono disponibili le oscillazioni piezometriche registrate nei piezometri indicati con il codice "174" e "203" nella precedente figura 5.

Dalla serie di dati disponibili per tali piezometri, risulta che la minima soggiacenza registrata risale allo scorso gennaio 2011, dove si è assistita ad una risalita della falda con valori di 3,50 – 4,00 m rispetto al settembre 2008, a cui fanno riferimento i dati riportati sulla cartografia geologica comunale.

Sulla base di tali dati è quindi possibile ipotizzare che la minima soggiacenza prevedibile nelle aree in esame possa raggiungere i -6,50/-6,00 m dal p.c..

Si deve comunque tenere in considerazione che l'elaborazione effettuata nello studio geologico comunale è stata effettuata ad una scala abbastanza ampia, e quindi non è considerabile come dato certo per l'area in oggetto.

Nel caso si preveda l'esecuzione di scavi in prossimità di tali profondità, si ritiene necessario attuare un piano di monitoraggio specifico della soggiacenza di falda per l'ambito in esame.

## 2.4 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'INTERVENTO

La fattibilità geologica dell'intervento viene definita dall'unione di due stralci delle Tavv. 10A e 10B dello studio geologico comunale come mostrato in figura 5.

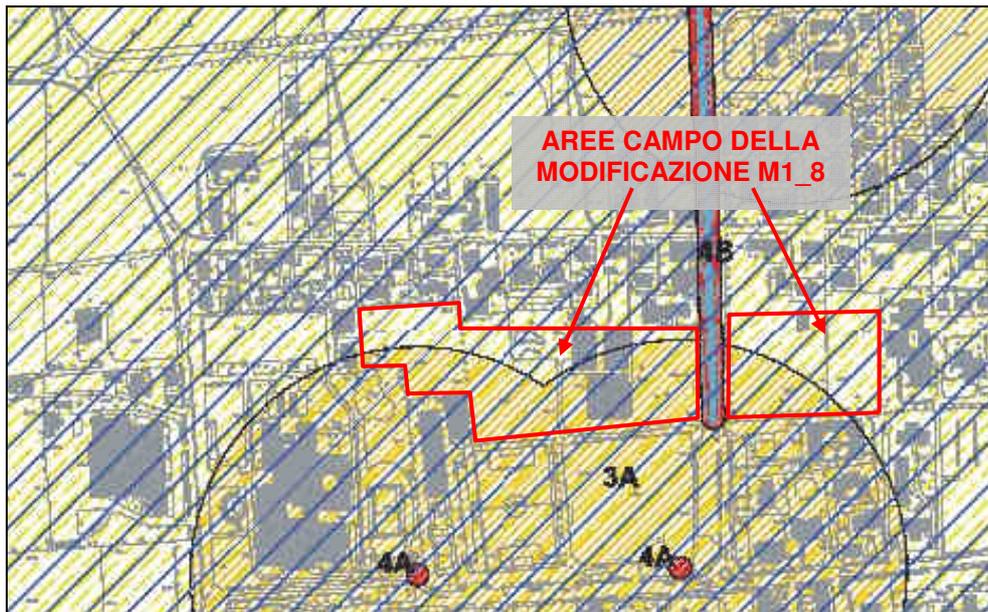


Figura 5: Carta di fattibilità geologica per le azioni di Piano – Studio geologico Comunale

L'esame di tale unione, mostra come la maggior parte della superficie in oggetto sia compresa nella Classe di Fattibilità **2**, ad eccezione di entrambe le porzioni meridionali delle sottoaree, le quali vengono inserite nella sottoclasse di Fattibilità **3A**.

Si segnala la presenza della sottoclasse **4B** che però non interessa direttamente l'area in esame in quanto esterna alla stessa.

Le caratteristiche e le prescrizioni stabilite dallo Studio Geologico Comunale relative alle SottoClassi sopra indicate vengono di seguito riportate:

### *Sottoclasse 2 – Fattibilità con modeste limitazioni*

⇒ **Descrizione:** Aree caratterizzate da media vulnerabilità dell'acquifero freatico: soggiacenza della falda compresa tra 6 e i 18m dal p.c.. Suoli molto profondi nella porzione meridionale del territorio comunale, da profondi a mediamente profondi nella porzione settentrionale del territorio comunale. Permeabilità elevata:  $1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}$  m/s



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

⇒ **Prescrizioni:** Per le nuove opere edificatorie e/o di ampliamento, le opere in sotterraneo potranno essere eseguite con particolari cautele di impermeabilizzazioni, in quanto l'intero territorio comunale è soggetto a fluttuazioni anche metriche dell'acquifero libero.

### **Sottoclasse 3A – Fattibilità con consistenti limitazioni**

⇒ **Descrizione:** Aree comprese entro le fasce di rispetto dei pozzi pubblici individuate secondo i criteri stabiliti dalla D.G.R. 6/15137 del 27/06/1996 così come ripreso dal D. Lgs. 152/99, D. Lgs. 258/2000, D.G.R. 10/04/2003 e dall'art. 94 del D. Lgs. 152/2006

⇒ **Prescrizioni:** In prossimità dei pozzi ad uso pubblico deve essere mantenuta una zona di rispetto di raggio pari a 200m oppure un'area di salvaguardia individuata tramite criterio temporale ai sensi della D.G.R. n. 6/15137/1996. All'interno di tale area è vietato l'insediamento dei centri di pericolo e lo svolgimento delle attività riportate all'interno delle normative sopra elencate. Eventuali insediamenti residenziali dovranno presentare un'adeguata opera di protezione per eventuali dispersioni di liquami nel sottosuolo, soprattutto con la protezione a "doppia camicia" delle opere di allacciamento all'impianto fognario.

### **Sottoclasse 4B – Fattibilità con gravi limitazioni**

⇒ **Descrizione:** Aree adiacenti ai corsi d'acqua superficiali da mantenere a disposizione al fine di consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa

⇒ **Prescrizioni:** Area di inedificabilità assoluta: lungo l'asta del Fontanile Lodi e i corsi d'acqua di competenza del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi la distanza minima dei fabbricati di nuova costruzione, misurata orizzontalmente dagli argini del corso d'acqua deve essere pari a 10m entro questo limite sono consentite esclusivamente le opere di manutenzione e difesa dei corsi d'acqua e le opere pubbliche atte a garantire la messa in sicurezza della viabilità ordinaria. Inoltre, entro la fascia di 5m dai limi come sopra definiti sono vietate le piantagioni e i movimenti terra. Ai sensi di cui all'art. 41 del D. Lgs. 152/99 è vietata la tombinatura di qualsiasi corso d'acqua, che non sia imposta da ragioni di tutela di pubblica incolumità.

A commento di quanto sopra riportato si specifica che le prescrizioni relative alla sottoclasse **2** sono in accordo con quanto evidenziato nel presente studio al paragrafo 2.3 e quindi la progettazione di eventuali piani interrati dovrà tener conto di tale problematica, mentre per quanto riguarda le sottoclassi **3A** e **4B** la progettazione esecutiva dovrà rispettare le prescrizioni sopra indicate.

Si segnala infine che l'intero territorio comunale di Cernusco sul Naviglio (fatte salve le aree di cava) ricade nella classe di pericolosità sismica



*Dr. Geol.*  
*Roberto Luoni*

## ***Campo della Modificazione M1\_8***

*Relazione Geologica – Geotecnica*  
*Piano Attuativo*

**Z4A** come territorio soggetto ad amplificazioni sismiche di tipo litologico o geometrico in seguito alla presenza di zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

In tali condizioni non sono previsti approfondimenti di indagine qualora non siano previsti, come nel caso del Piano Attuativo in esame, edifici ricadenti nell'elenco tipologico riportato nella D.D.U.O. n. 19904/03.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### **3. RELAZIONE GEOTECNICA**

#### **3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

La caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area interessata dal Piano Attuativo in esame, è stata effettuata sulla base di n. 10 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo SCPT.

Tale indagine, ha permesso di dettagliare la situazione litostratigrafica del sottosuolo dell'area, e di definire le caratteristiche geotecniche del substrato direttamente interessato dalle strutture in progetto.

Sulla base di quanto verrà riportato successivamente, sarà necessario in fase esecutiva del progetto condurre le opportune verifiche previste dal D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" sulle interazioni opere/terreno.

I dati di seguito riportati devono essere quindi considerati propedeutici a tali verifiche.

Le prove dinamiche realizzate, hanno seguito il layout progettuale del Piano Attuativo, e sono quindi state ubicate in corrispondenza degli edifici in previsione come riportato nell'Allegato A.

In Allegato B, sono invece riportati i risultati relativi ai dati acquisiti durante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche e le relative interpretazioni.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### 3.2 TRINCEE ESPLORATIVE

A supporto delle indagini geognostiche descritte nella presente relazione, si riporta per maggior chiarezza una sintesi dei dati stratigrafici emersi dell'indagine ambientale condotta sempre dallo scrivente nell'area in studio in data 9 ottobre 2013.

Le trincee esplorative sono state eseguite con escavatore meccanico tipo "Terna", e hanno consentito di investigare fino ad una profondità media di circa -2,30 m dal p.c..

Nella figura 6, di seguito riportata viene mostrata l'ubicazione approssimativa delle trincee esplorative realizzate:



*Figura 6: Ubicazione Trincee eseguite*

L'osservazione diretta delle trincee eseguite, ha permesso di ricostruire in maniera dettagliata la stratigrafia dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area d'indagine che può essere così sintetizzata:

- ⇒ Da p.c. a -0,30 m da p.c.: Terreno di Coltivo;
- ⇒ Da -0,30 m a -1,40 m da p.c.: strato denominato "Ferrettone" costituito prevalentemente da Limi ciottolosi;
- ⇒ Da -1,40 m a -2,30 m da p.c.: strato denominato "Mistone" costituito prevalentemente da Ghiaie sabbiose ciottolose.

Il modello stratigrafico desunto per l'area interessata dal Piano Attuativo viene illustrato nella figura 7 che segue:



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

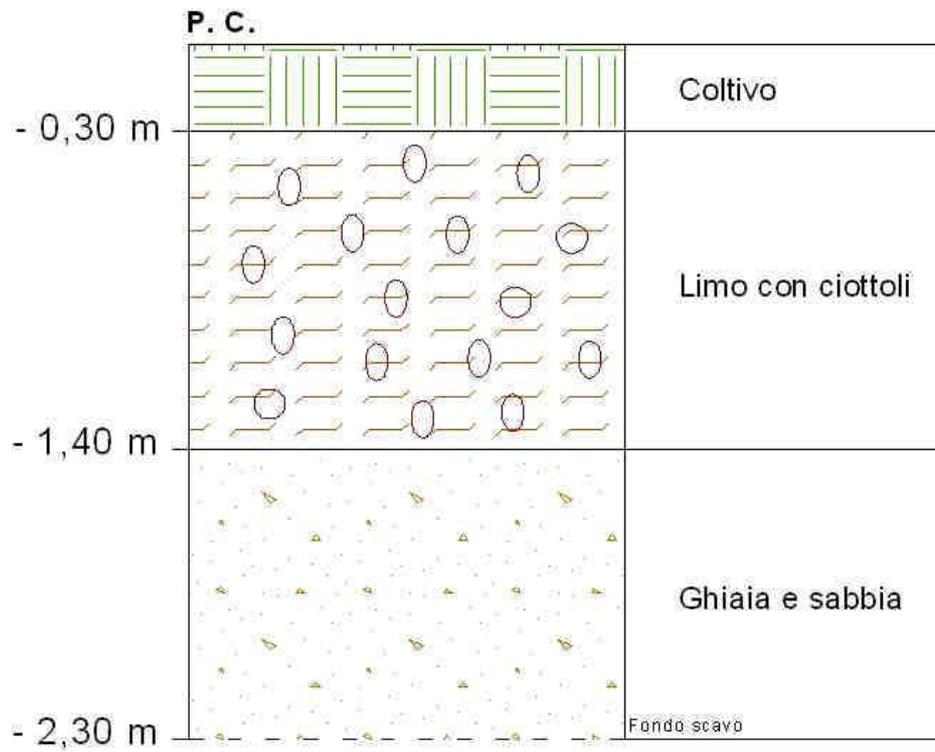


Figura 7: Modello stratigrafico del sottosuolo dell'area in esame



### 3.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica dinamica di tipo SCPT (Standard Cone Penetration Test), consiste nell'infliggere una punta in acciaio, di dimensioni standard, mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante (v. tabella sottostante) e nel misurare il numero di colpi necessari a produrre degli avanzamenti di lunghezza prefissata nel terreno (n. colpi/30cm).

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO</b>	
Modello Penetrometro	Pagani TG-63 200kN
Peso maglio	73 kg
Caduta	0,75 m
Lunghezza aste	1,20 m
Peso aste	7,00 kg
Angolo apertura	60°
Penetrazione standard	30 cm

*Tabella 1: Caratteristiche tecniche penetrometro*

I dati penetrometrici sono stati successivamente elaborati in forma automatica secondo le più diffuse metodologie in uso, fornendo in tal modo informazioni litostratigrafico-geotecniche interpretative.

L'elaborazione dei risultati ha consentito di fornire, per l'area in esame:

- ⇒ La discretizzazione della singola prova SCPT in strati con caratteristiche di resistenza analoghe;
- ⇒ La classificazione tipologica di ciascun strato in funzione delle caratteristiche di resistenza;
- ⇒ La capacità portante per fondazioni superficiali.

Va specificato che per quanto riguarda le prove penetrometriche SCPT, le resistenze sono correlate allo standard SPT applicando un coefficiente "β" tratto dalla tabella 2.3 del libro: "Prove penetrometriche SPT e SCPT con correlazioni geotecniche" di Faustino Cetraro, EPC Editore - Giugno 2013, di cui stralcio viene di seguito riprodotto:



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

RAPPORTO $N_{spt}/N_{scpt}$	LITOLOGIA
1	ghiaie e ghiaie sabbiose
1,25	sabbie e ghiaie con associato materiale fine plastico
1,5	sabbie con associato molto fine
2	limi
2,5	argille limose o sabbiose
3	argille

Tabella 2: Fattori di correzione “ $\beta$ ”

Per il caso in esame, è stato applicato un fattore di correzione “ $\beta$ ” pari a 1,25 adatto per “Sabbie e ghiaie con associato materiale fine plastico”.

La valutazione dei parametri geotecnici si è basata sui risultati delle prove eseguite, tenuto conto della litologia dei terreni e facendo riferimento ai principali Autori in materia (v. tabella 3) ed all’esperienza dello scrivente.

PARAMETRO	AUTORI
Angolo d’attrito ( $\varphi$ )	Owasaki, Road Bridge Specification, Peck-Hanson & Thorburn, Japanese National Railway, Sowers, De Mello, Schmertmann
Densità Relativa ( $D_r$ )	Gibbs & Holtz, Schultze & Menzenbach, Bazaara
Peso di Volume ( $\gamma$ )	Peck e Terzaghi
Modulo di Young (E)	Schmertmann, D’Apolonia et. Alii, Schultze e Menzenbach
Modulo di Poisson ( $\mu$ )	Yaky
Modulo Edometrico (M)	Farrent, Menzenbach e Malcev,
Coesione drenata ( $C_u$ )	Sivrikaya e Togol
Velocità onde di Taglio ( $V_s$ )	AA.VV.

Tabella 3: Autori utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### 3.4 MODELLO STRATIGRAFICO

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche condotte, congiuntamente ai dati di carattere generale disponibili in bibliografia, hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico-litotecnico i terreni che saranno interessati dalla posa delle fondazioni dei manufatti in progetto.

Secondo quanto emerso dalle interpretazioni delle prove penetrometriche, si è potuto stimare la seguente successione stratigrafica del sottosuolo e individuare partendo dal piano campagna quattro orizzonti litologici aventi medesime caratteristiche meccaniche e di seguito descritti:

- ⇒ **STRATO 1** – Orizzonte superficiale costituito da limo argilloso moderatamente consistente e caratterizzato da uno spessore medio per l'area in esame di circa 1,90 m variabile da 1,20 m a 2,70 m riscontrato nella sottoarea ubicata a est di via Fontanile;
- ⇒ **STRATO 2** – Orizzonte sabbioso limoso moderatamente addensato, avente spessore medio pari a 3,15 m e variabile da 1,40 m a 5,40m;
- ⇒ **STRATO 3** – Orizzonte costituito da sabbia e ghiaia mediamente addensata, intercalato da lenti sabbiose molto sciolte, presenta uno spessore medio di 2,40 m variabile da 0,90 m a 3,90 m;
- ⇒ **STRATO 4** – Orizzonte ghiaioso sabbioso addensato, il cui spessore non è stato possibile definirlo, in quanto le prove hanno raggiunto il cosiddetto "rifiuto". Si ritrova a profondità maggiori di 7 m da p.c. ed è riconducibile al Livello fondamentale della Pianura Padana che in questo settore di territorio raggiunge profondità comprese tra i 45 e i 90 m da p.c..

Per quanto riguarda la presenza di acqua di circolazione sotterranea, si specifica che durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata in nessun caso la sua presenza. A tal riguardo si faccia comunque riferimento a quanto riportato nel precedente par. 2.3.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

La tabella 4 riportata di seguito, mostra i valori di resistenza e gli spessori dei singoli orizzonti individuati per ciascuna prova penetrometrica:

PROVA SCPT n.	PROF. RIFIUTO (m)	STRATO 1		STRATO 2		STRATO 3		STRATO 4	
		Spessore (m)	N <sub>spt</sub> caratt.						
1	4,50	1,80	12	2,70	45*	-	-	-	-
2	9,60	2,40	9	1,80	33*	1,80	9	3,60	46
3	9,90	1,20	7	2,70	44*	3,90	10	2,10	60
4	9,90	1,50	7	3,60	25	0,90	15	3,90	38
5	9,00	2,10	6	2,70	20	0,90	4	3,30	39
6	9,90	2,10	10	2,40	29	1,80	6	2,70	27
7	9,90	1,80	10	2,70	39	3,60	24	1,80	49
8	9,90	1,20	8	1,50	29	3,00	9	4,20	32
9	9,90	2,70	6	5,40	16	1,80	27	-	-
10	9,60	1,80	4	4,20	11	3,60	45	-	-
<b>N<sub>spt</sub> eq.</b>	<b>9,20</b>	<b>1,86</b>	<b>8</b>	<b>2,97</b>	<b>24</b>	<b>2,37</b>	<b>17</b>	<b>3,09</b>	<b>42</b>

Tabella 4: spessori e valori di resistenza ( $N_{spt\ eq.}$ ) medi

I valori contrassegnati da \* $N_{spt}$  non sono stati considerati nel calcolo della media, in quanto la litologia dedotta risulta differente da quella riscontrata, nelle medesimo orizzonte, dalle altre prove dinamiche realizzate nel sito.

Da tale elaborazione è stato possibile elaborare un modello stratigrafico, per profondità maggiori rispetto alle trincee esplorative descritte nel paragrafo 3.2 della presente relazione.

A tale scopo sono stati utilizzati i dati derivati dalle prove penetrometriche SCPT 3, 4, 5, 6, 7 e 8, in quanto sono ubicate in maniera tale da costituire un allineamento ritenuto rappresentativo di tutta l'area M1\_8 in oggetto.

Quanto ne è emerso viene illustrato nella successiva figura 8.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

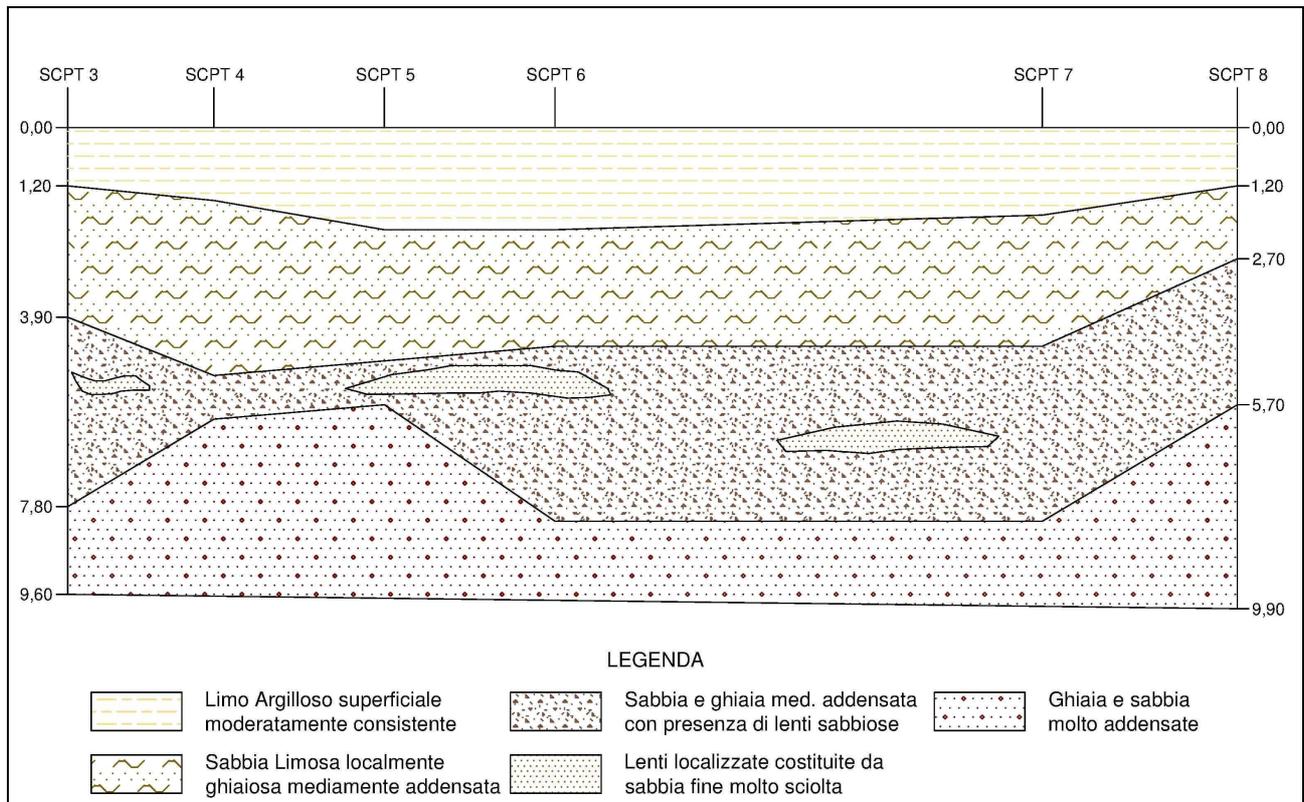


Figura 8: Modello geologico – stratigrafico dedotto da prove SCPT

In tale modello non sono comprese le prove dinamiche 1, 2, 9 e 10, per vari motivi quali:

- ⇒ Non si trovano lungo l'allineamento prescelto (SCPT 1, 2 e 9);
- ⇒ Raggiungono la condizione di rifiuto a profondità poco elevate (SCPT 1), probabilmente a causa della presenza di ciottoli grossolani che hanno impedito la prosecuzione della prova;
- ⇒ Registrato valori di  $N_{spt\ eq.}$  tali da non consentire la distinzione in più orizzonti a causa di particolari condizioni geologiche molto localizzate nell'area e non riscontrate nelle altre prove realizzate (SCPT 10).

Si sottolinea però che per quanto concerne la stima dei parametri geotecnici riportati nel paragrafo 3.5 della presente relazione, sono state utilizzate anche le prove escluse per la rappresentazione del modello geologico – stratigrafico sopra riportato.



### 3.5 ORIZZONTI LITOTECNICI

Sulla base degli elementi descritti nei precedenti paragrafi si ritiene di suddividere il sottosuolo in 4 strati caratterizzati dai seguenti parametri geotecnici:

⇒ **STRATO 1**: Orizzonte superficiale costituito da limo argilloso moderatamente consistente:

<b>PARAMETRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALORE</b>	<b>U.M.</b>
$N_{\text{spt eq.}}$	N	8	n. colpi/30cm
Angolo d'attrito	$\varphi$	26	gradi
Densità relativa	$D_r$	39	%
Peso di Volume	$\gamma$	1926	kg/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	E	151	kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson	$\mu$	0,3	-
Modulo Edometrico	M	64	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$c'$	0,40	Kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde di Taglio	$V_s$	250-700	m/s

⇒ **STRATO 2**: Orizzonte sabbioso limoso moderatamente addensato:

<b>PARAMETRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALORE</b>	<b>U.M.</b>
$N_{\text{spt eq.}}$	N	24	n. colpi/30cm
Angolo d'attrito	$\varphi$	33	gradi
Densità relativa	$D_r$	58	%
Peso di Volume	$\gamma$	1839	kg/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	E	310	kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson	$\mu$	0,3	-
Modulo Edometrico	M	184	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$c'$	0,0	Kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde di Taglio	$V_s$	10-100	m/s



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

⇒ **STRATO 3**: Orizzonte costituito da sabbia e ghiaia mediamente addensata:

<b>PARAMETRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALORE</b>	<b>U.M.</b>
$N_{\text{spt eq.}}$	N	17	n. colpi/30cm
Angolo d'attrito	$\varphi$	30	gradi
Densità relativa	$D_r$	37	%
Peso di Volume	$\gamma$	1903	kg/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	E	228	kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson	$\mu$	0,3	-
Modulo Edometrico	M	122	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$c'$	0,0	Kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde di Taglio	$V_s$	100-350	m/s

⇒ **STRATO 4**: Orizzonte ghiaioso sabbioso addensato:

<b>PARAMETRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALORE</b>	<b>U.M.</b>
$N_{\text{spt eq.}}$	N	42	n. colpi/30cm
Angolo d'attrito	$\varphi$	38	gradi
Densità relativa	$D_r$	57	%
Peso di Volume	$\gamma$	1884	kg/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	E	434	kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson	$\mu$	0,3	-
Modulo Edometrico	M	278	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$c'$	0.0	Kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde di Taglio	$V_s$	600-1.100	m/s



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### **4. CAPACITA' PORTANTE**

La capacità portante di una fondazione ( $q_{lim}$ ) rappresenta la pressione massima che una fondazione può trasmettere al terreno prima che questo raggiunga la rottura.

Il calcolo della capacità portante deve essere eseguito nelle condizioni più critiche per la stabilità del sistema di fondazione, valutando con particolare attenzione le possibili condizioni di drenaggio ed essere a conoscenza della tipologia di terreno e della velocità di applicazione del carico.

Il valore relativo alla capacità portante cresce molto rapidamente con l'angolo di resistenza al taglio, ed è pertanto molto più importante una scelta corretta di tale parametro, che non l'utilizzo di una o l'altra delle equazioni proposte dai vari Autori.

A tale scopo, con i valori geotecnici riportati nel paragrafo precedente, è stata possibile valutare la capacità portante di ciascun livello stratigrafico individuato, ipotizzando fondazioni a plinto e a trave rovescia di varie dimensioni.

I valori ottenuti sono puramente indicativi, in quanto per una corretta stima è necessario conoscere a priori: il tipo di fondazione, le dimensioni, la profondità del piano posa e il carico applicato.

Il grafico 1, visualizzato nella pagina successiva, riporta in funzione della dimensione della fondazione, il relativo valore di capacità portante del terreno, espressa in carico ammissibile, il quale applica un fattore di sicurezza  $F_s = 3$  come previsto dalle N.T.C. vigenti.



## Campo della Modificazione M1\_8

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

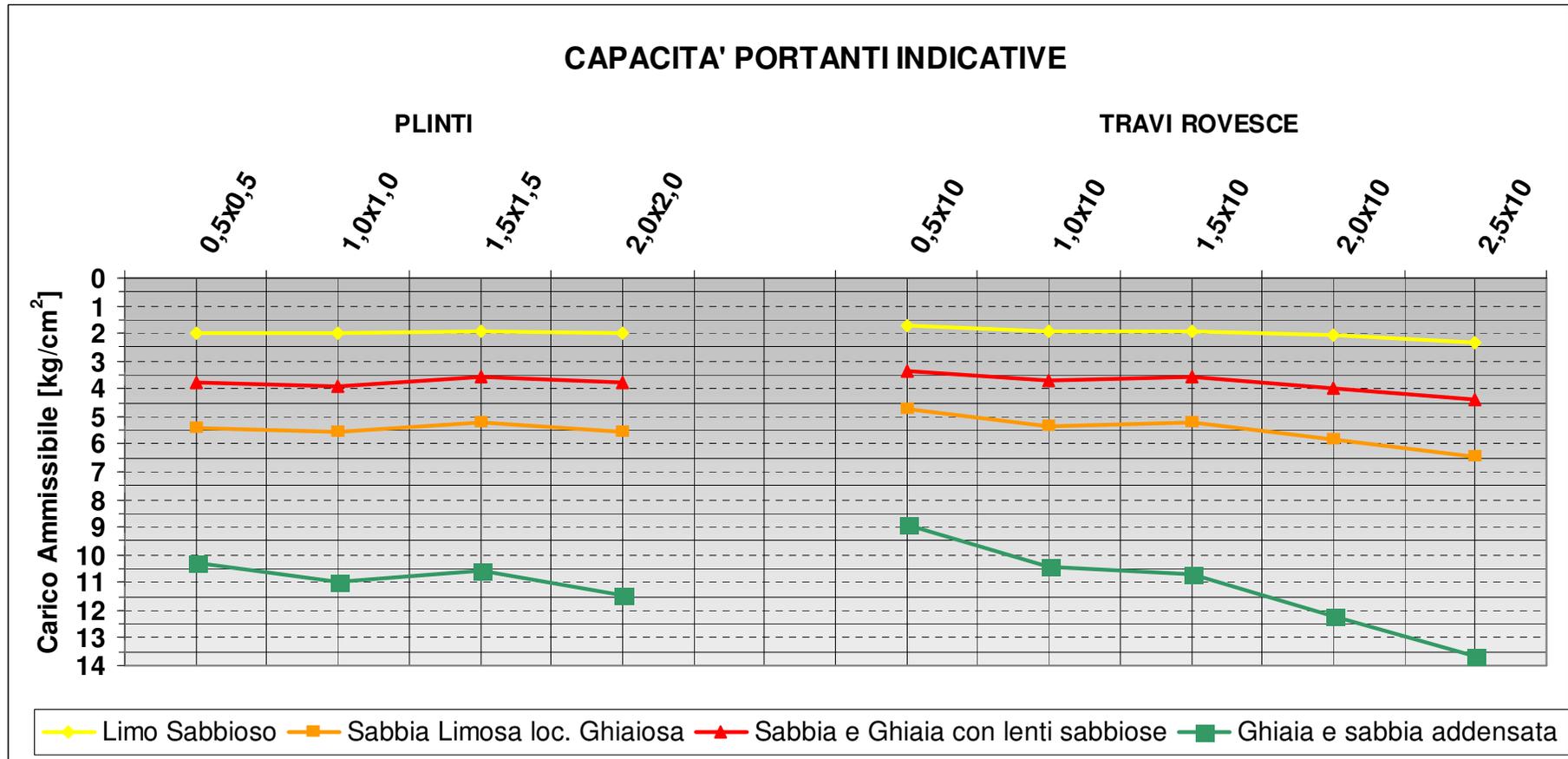


Grafico 1: Stima della capacità portante per gli strati individuati



*Dr. Geol.*  
*Roberto Luoni*

## **Campo della Modificazione M1\_8**

*Relazione Geologica – Geotecnica*  
*Piano Attuativo*

Dall'esame del grafico 1, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- ⇒ Il livello superficiale costituito da Limo Argilloso è in grado di sopportare un carico ammissibile medio di circa  $2,0 \text{ kg/cm}^2$  per tutte le tipologie di fondazioni simulate;
- ⇒ Gli altri livelli, essendo caratterizzati da materiali aventi proprietà meccaniche migliori, risultano essere più idonei alla posa di fondazioni;
- ⇒ Come già affermato in precedenza, è possibile osservare come la capacità portante aumenti man mano che si interessano terreni dotati di angolo d'attrito maggiore;
- ⇒ Lo strato 2, descritto nel precedente paragrafo, presenta una capacità portante maggiore rispetto allo strato 3 sottostante, questo dovuto alla presenza di lenti sabbiose in quest'ultimo.



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo

### **5. CONCLUSIONI**

La presente relazione tecnica è stata volta a definire l'assetto geologico-geotecnico dell'area interessata dal Piano Attuativo per il Campo della modificazione M1\_8 in Comune di Cernusco sul Naviglio (MI).

L'indagine condotta si è basata sull'esame della documentazione e delle fonti esistenti e sull'esecuzione di 10 prove penetrometriche di tipo SCPT.

In sintesi è emerso che il sottosuolo dell'area in esame, che sarà interessato dalla posa di fondazioni per le opere in progetto, è costituito da uno strato superficiale limoso argilloso, a cui fa seguito una successione costituita dapprima da sabbia limosa localmente ghiaiosa, sabbia e ghiaia con lenti sabbiose ed infine si ritrova una formazione puramente costituita da ghiaia e sabbia appartenente al cosiddetto "Livello fondamentale della Pianura Padana" che presenta ottime caratteristiche geotecniche.

La formazione costituita da sabbia limosa localmente ghiaiosa, presenta buone caratteristiche geotecniche e appare idonea per la posa di fondazioni dirette, mentre lo strato sabbioso-ghiaioso intercalato a lenti di sabbia, presenta caratteristiche geotecniche più modeste a causa della presenza di quest'ultime che dovranno essere tenute in considerazione in fase progettuale.

Le verifiche da condursi sull'interazione terreno - fondazione sulla base degli esecutivi di progetto permetteranno di validare tale ipotesi.



*Dr. Geol.*  
*Roberto Luoni*

## ***Campo della Modificazione M1\_8***

*Relazione Geologica – Geotecnica*  
*Piano Attuativo*

### ***ALLEGATO A***

### ***UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE***





*Dr. Geol.*  
*Roberto Luoni*

## ***Campo della Modificazione M1\_8***

*Relazione Geologica – Geotecnica*  
*Piano Attuativo*

# ***ALLEGATO B***

## ***PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE***























*Dr. Geol.*  
*Roberto Luoni*

## ***Campo della Modificazione M1\_8***

*Relazione Geologica – Geotecnica*  
*Piano Attuativo*

# ***ALLEGATO C***

## ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



Foto 1: Ubicazione prova SCPT 1



Foto 2: Ubicazione prova SCPT 2



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



Foto 3: Ubicazione prova SCPT 3



Foto 4: Ubicazione prova SCPT 4



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



Foto 5: Ubicazione prova SCPT 5



Foto 6: Ubicazione prova SCPT 6



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



Foto 7: Ubicazione prova SCPT 7



Foto 8: Ubicazione prova SCPT 8



Dr. Geol.  
Roberto Luoni

## **Campo della Modificazione M1\_8**

Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo



Foto 9: Ubicazione prova SCPT 9



Foto 10: Ubicazione prova SCPT 10



*Dr. Geol.  
Roberto Luoni*

## ***Campo della Modificazione M1\_8***

*Relazione Geologica – Geotecnica  
Piano Attuativo*

### ***ALLEGATO D***

### ***ASSEVERAZIONE RELAZIONE***

**ASSEVERAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA  
RELATIVA ALLE AREE RICOMPRESSE NEL PIANO ATTUATIVO DEL  
CAMPO DELLA MODIFICAZIONE M1\_8 DEL VIGENTE PGT DEL COMUNE  
DI CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI)**

Il sottoscritto Dott. Geol. ROBERTO LUONI, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia con il n. 866, con studio in via S. G. Emiliani 1 – 20135 Milano, tel-fax 0255186655, cell 3384778887, e-mail luoni.geo@gmail.com, PEC luoni@epap.sicurezzapostale.it, P.I. 11672710156, C.F. LNURRT62P15D869E

**PREMESSO**

- che sul incarico dei Lottizzanti del Piano Attuativo del Campo della modificazione M1-8 del vigente PGT del Comune di Cernusco sul Naviglio ha condotto un'indagine geotecnica presso tali aree, finalizzata alla definizione dell'assetto geologico dell'area e del modello geotecnico del sottosuolo;
- che l'indagine è stata condotta mediante ricerca dei dati di bibliografia esistenti relativi all'area di interesse, sopralluoghi e prove di terreno consistite nell'esecuzione di 10 prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT;
- che gli esiti delle indagini condotte hanno permesso la ricostruzione dell'assetto geologico, idrogeologico e idrografico dell'area in studio e il modello stratigrafico e geotecnico del sottosuolo che sarà interessato dalle opere edificatorie previste e la stesura di relazione geologica – geotecnica finale;

**ASSEVERA**

I risultati emersi dall'indagine condotta e riportati nella Relazione “*Indagine Geologica-Geotecnica relativa alle aree interessate dal P.A. del Campo della Modificazione M1\_8 del PGT di Cernusco sul Naviglio*” e le conclusioni in essa riportate a cui è stato possibile addivenire.

Milano 25/10/2013

IN FEDE

**Dott. Geol. ROBERTO LUONI**

