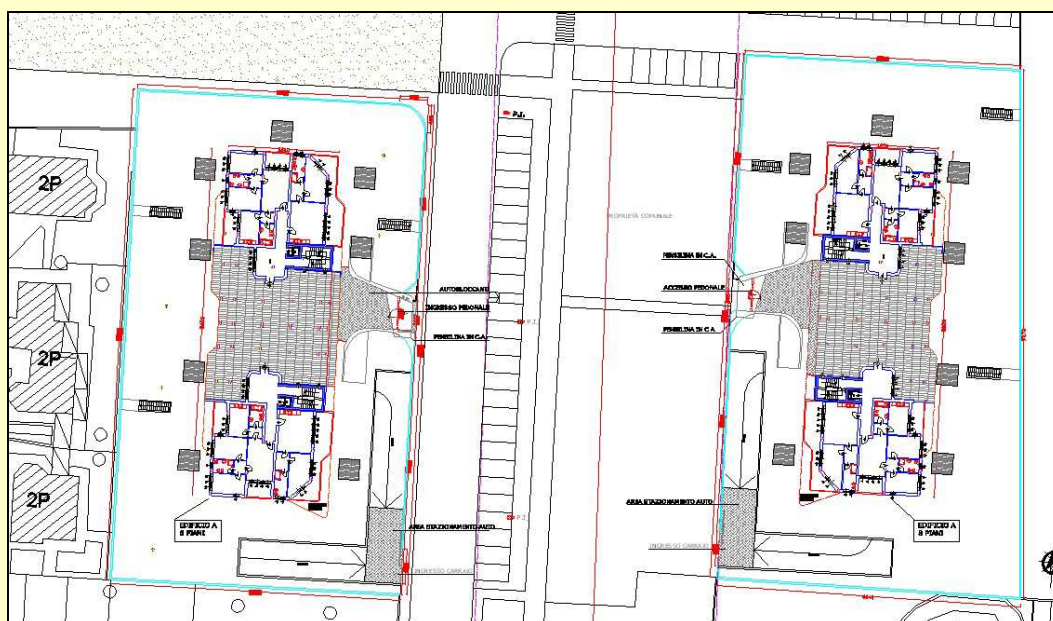


# GEOSAT

GEOTECNICA - GEOLOGIA - GEOTERMIA  
TOPOGRAFIA E INDAGINI AMBIENTALI

**LINDOS srl**



**SEGRATE (MI)**  
**Via MONVISO**

**PIANO ATTUATIVO TR4**  
**Palazzina A e B**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
**RELAZIONE GEOTECNICA**

Cernusco Sul Naviglio, 22.04.2013 (C. 1999)

**GEOSAT s.r.l.**

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)

Tel: 02 9259 0455 Fax: 02 9259 1619 E-mail: [geosat@geosat.org](mailto:geosat@geosat.org) - [www.geosat.org](http://www.geosat.org)

P.IVA e Cod. Fisc.: 04212410965 - Capitale sociale € 50.000,00

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 1/37</p>

## INDICE


<b>1)</b>	<b>PREMESSA E GENERALITÀ DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2)</b>	<b>INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO.....</b>	<b>5</b>
<b>3)</b>	<b>MORFOLOGIA DEI LUOGHI, IDROLOGIA E CARATTERISTICHE DELLA FALDA .....</b>	<b>7</b>
3.1	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE .....</b>	<b>7</b>
3.2	<b>PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>13</b>
4.1	<b>PRESCRIZIONI RIPORTATE NELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE.....</b>	<b>14</b>
<b>5)</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEL SITO.....</b>	<b>22</b>
<b>6)</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO.....</b>	<b>23</b>
<b>7)</b>	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>25</b>
<b>8)</b>	<b>CALCOLI GEOTECNICI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (§ 6.4 DELLE NTC).....</b>	<b>29</b>
8.1	<b>FONDAZIONE A TRAVE POSTA A CIRCA -4,0 M DAL P.C. ....</b>	<b>32</b>
<b>9)</b>	<b>ANALISI DEI CEDIMENTI E STIMA DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO K.....</b>	<b>33</b>
<b>10)</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>35</b>

### Allegati:

- Ubicazione schematica prove penetrometriche eseguite
- Profili penetrometrici



*La presente relazione viene stampata su carta a basso contenuto di cloro ed in modalità fronte/retro.  
Un piccolo contributo per la salvaguardia dell'ambiente. Riciclare la carta è utile per preservare l'ambiente.*

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 2/37</p>

## 1) PREMESSA E GENERALITÀ DELL'INTERVENTO

Il presente lavoro esamina, ai sensi del DM 14/01/2008, le condizioni geologiche e geotecniche del terreno di fondazione relative al Piano Attuativo denominato “*Comparto TR4 – Palazzina A e B*” da realizzarsi in Segrate (MI), Via Monviso.

Secondo lo studio geologico comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio di Segrate (MI), il lotto in oggetto ricade in **Classe 2 di fattibilità alle azioni di piano, sottoclasse 2BMi - fattibilità geologica con modeste limitazioni** (si veda il § 4).

La palazzina A e B in progetto sono essenzialmente caratterizzate da (si veda la *Figura 1.1÷1.3*):

### PALAZZINA A

- 1) un piano interrato, di sedime pari a circa 40x70 m, con piano di calpestio posto a circa - 3,5 m circa dallo zero di progetto<sup>1</sup>);
- 2) da 6 piani fuori terra.

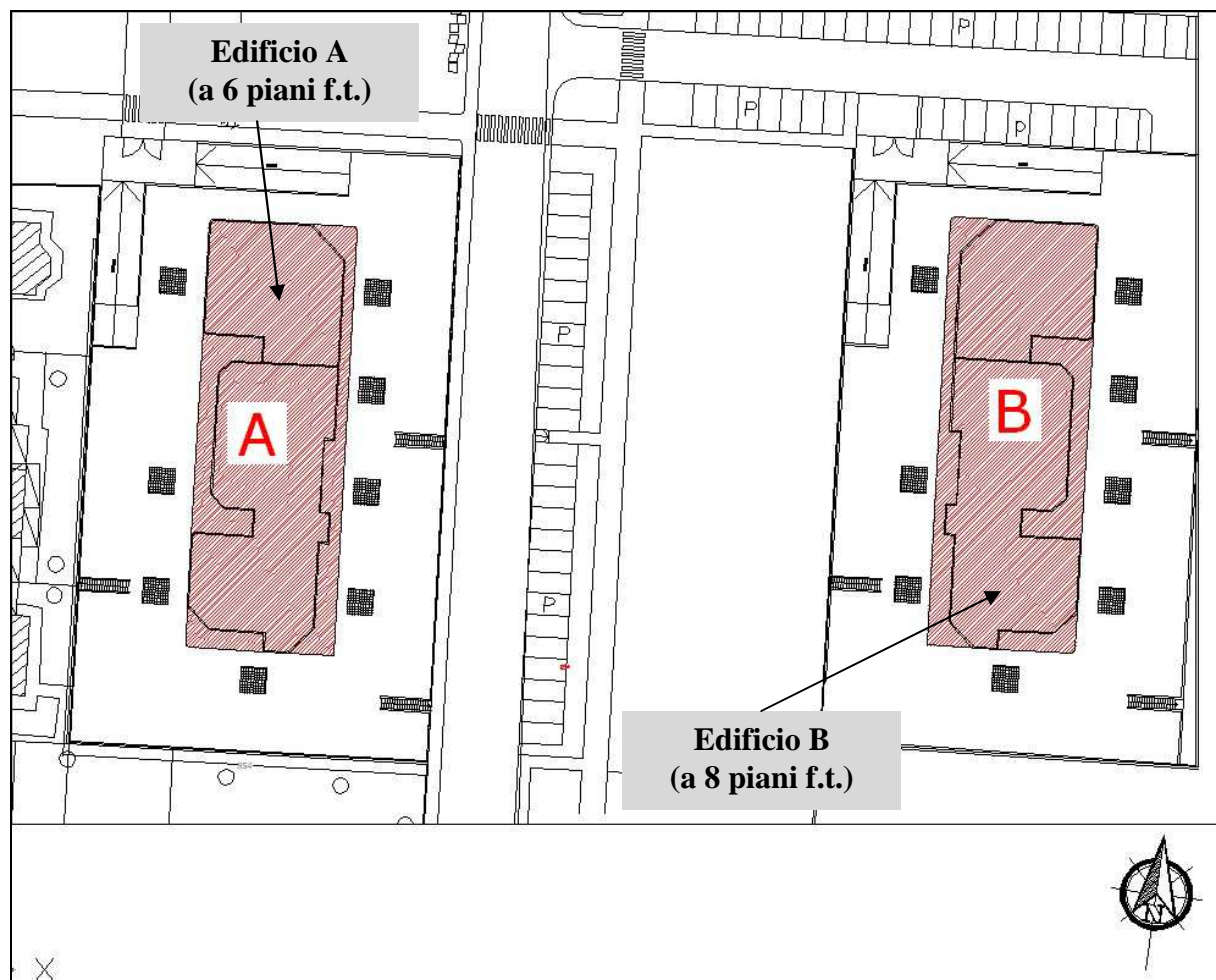
### PALAZZINA B

- 1) un piano interrato, di sedime pari a circa 40x70 m, con piano di calpestio posto a circa - 3,5 m circa dallo zero di progetto);
- 2) da 8 piani fuori terra.

Il presente documento è basato sui risultati delle 4 prove penetrometriche richieste ed appositamente seguite in sito il 08/04/2013 (si vedano le relative posizioni nello schema planimetrico in allegato).

<sup>1</sup> Lo zero di progetto è posto sul marciapiede di Via Monviso, considerato, ai soli fini dei calcoli geotecnici esposti nel presente documento, coincidente con la quota media del p.c. (quota di inizio prove penetrometriche), ritenendo trascurabili variazioni di quota di  $\pm 30$  cm.

Il progetto strutturale dell'intervento edilizio in oggetto è attualmente in fase di elaborazione, pertanto i carichi considerati agenti in fondazione nel presente documento sono da ritenersi indicativi.

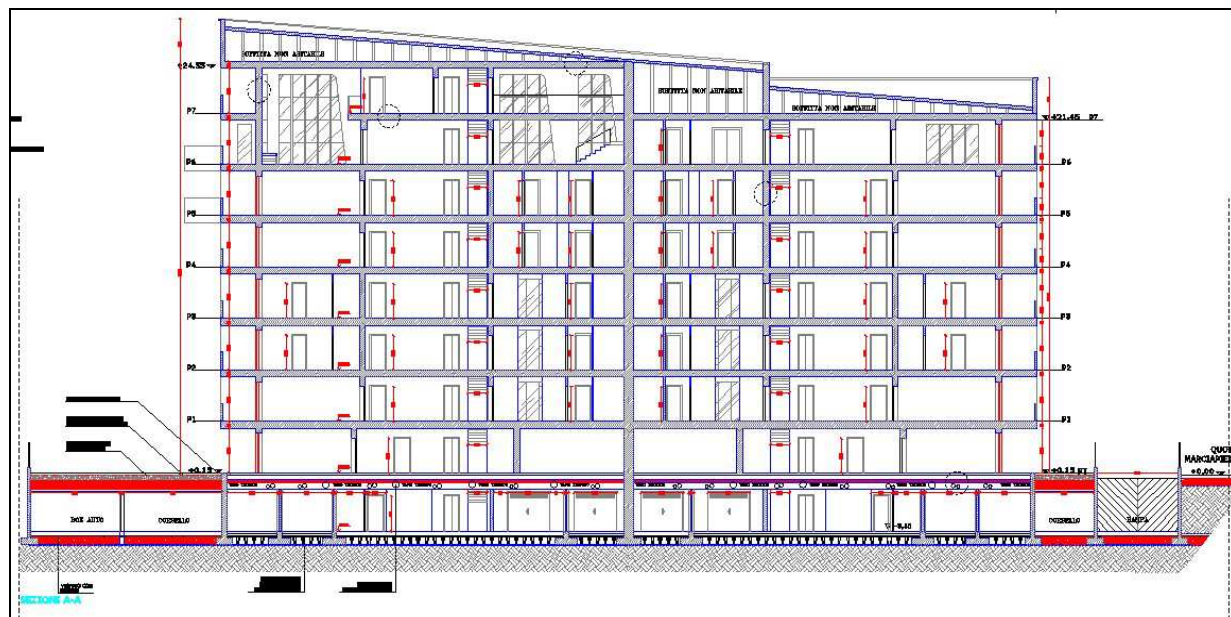


**Figura 1.1** – Schema planimetrico generale dell'intervento in progetto (non in scala)






*Figura 1.2 – Sezione tipo dell'Edificio A in progetto (non in scala)*



*Figura 1.3 – Sezione tipo dell'Edificio B in progetto (non in scala)*

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 5/37</p>

## 2) INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO

Le prove eseguite consistono nella misurazione continua della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno ad una punta standard e permettono dunque di ricostruire in modo continuo lo stato di addensamento degli strati di terreno attraversati alle varie profondità ( $z$ ).

Le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro dinamico superpesante (DPSH) Meardi – AGI (costruttore: Pagani). Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (si veda **Tabella 2.1**) si rileva una suddivisione in quattro classi in base al peso  $M$  della massa battente.

Tipo	Sigla di riferimento	Massa battente $M$ [kg]	Prof. max indagabile <sup>2</sup> [m]
<i>Leggero</i>	<i>DPL (Light)</i>	$M \leq 10$	8
<i>Medio</i>	<i>DPM (Medium)</i>	$10 < M < 40$	20 ÷ 25
<i>Pesante</i>	<i>DPH (Heavy)</i>	$40 \leq M < 60$	25
<b>Super pesante</b>	<b>DPSH (Super Heavy)</b>	<b><math>M \geq 60</math></b>	<b>25</b>

**Tabella 2.1** - Classificazione ISSMFE, 1988 dei penetrometri dinamici

I parametri che caratterizzano il penetrometro dinamico utilizzato per la campagna geotecnica in oggetto sono stati riportati nel riquadro “**Caratteristiche tecniche dell’attrezzatura di prova**”.

La metodologia di prova è standardizzata e consiste nell’infissione di una punta conica di diametro  $D$  e conicità  $\alpha$  mediante una batteria d’aste di diametro  $D_a$ , effettuata da un sistema automatico di battitura, costituito da un maglio avente peso  $M$  e cadente da un’altezza  $H$ . Durante la prova viene determinato il numero di colpi ( $N_{DPSH}$ ) necessari per permettere un avanzamento della punta pari a  $\delta$  da cui, attraverso l’utilizzo di relazioni analitiche, è possibile ricavare i principali parametri geotecnici di resistenza e di deformabilità del terreno investigato.

<sup>2</sup> La profondità massima indicata è riferita a condizioni ottimali di penetrazione (p. es. materiali sabbiosi poco addensati e senza ciottoli o trovanti).

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 www.geosat.org
Segrate (MI) – Via Monviso Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013 Revisione: 0 Pag. 6/37

La prova non permette di verificare direttamente la composizione granulometrica del terreno indagato (come avviene attraverso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio); le caratteristiche granulometriche sono pertanto desunte indirettamente. Tuttavia, data la tipologia del terreno di fondazione, le prove penetrometriche hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione il profilo geotecnico di riferimento.

**CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ATTREZZATURA DI PROVA**

*(Penetrometro DPSH)*

- a) peso massa battente **M=73.0 kg**
- b) altezza libera caduta **H=75 cm**
- c) massa passiva **Ms=0,7 kg**
- d) diametro aste **Da=34 mm**
- e) lunghezza aste **La=1,0 m**
- f) peso aste a metro **Ma=7,0 kg/m**
- g) profondità giunzione prima asta **P1=0,9 m**
- h) punta conica: diametro punta conica **D=51 mm**; area base **A=20,43 cm<sup>2</sup>**; angolo di apertura **α=60°**;
- i) avanzamento punta **δ=30 cm**
- j) energia specifica per colpo **Q=(M<sup>2</sup>\*H)/[A\*δ\*(M+M')]=8,93 kg/cm<sup>2</sup>**
- k) coefficiente teorico di energia **β<sub>t</sub>=Q/Q<sub>spt</sub>=8,93/7,83=1,14**

Al fine di definire i parametri geotecnici di riferimento del sottosuolo si è correlato il numero di colpi ottenuti dal penetrometro DPHS utilizzato ( $N_{DPSH}$  o  $N_{SCPT}$ ) con il numero di colpi ( $N_{SPT}$ ) relativo alle prove penetrometriche standard in foro di sondaggio (Standard Penetration Test). Infatti, essendo l'energia specifica per colpo relativa alla prova SPT in foro nota ( $Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2$ ) si ottiene:

$$N_{SPT} = \beta_t * N_{DPSH} = 1,14 * N_{DPSH}$$

Si è quindi esplorato un volume di terreno sino a quota pari a circa -6,5 m dal p.c..

<p><b>GEOSAT</b> srl  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 7/37</p>

### **3) MORFOLOGIA DEI LUOGHI, IDROLOGIA E CARATTERISTICHE DELLA FALDA**

L'area oggetto di studio è ubicata nella zona nord-est del territorio comunale di Segrate, presenta una morfologia piana con quote pari a circa 123,5 m slm (rif.: cartografia dello studio geologico comunale a supporto del PGT).

Di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e piezometriche della falda riguardanti il territorio in esame.

#### ***3.1 Caratteristiche geologiche e geomorfologiche***

Il comune di Segrate è situato ad Est della Città di Milano, nell'ambito della pianura alluvionale compresa tra i Fiumi Adda e Ticino, limitata a Sud dal Fiume Po ed a Nord dai depositi morenici e fluvioglaciali dell'Alto Brianteo.

Dal punto di vista geologico, nella zona di studio è riconoscibile in affioramento principalmente una formazione geologica quaternaria di ambiente continentale, indicata come "Fluvioglaciale e fluviale Wurm" (attribuita al Pleistocene Superiore). Tale formazione è costituita da sedimenti incoerenti a granulometria media-grossolana (da sabbie a ghiaie sabbiose), i quali definiscono un'estesa superficie, predominante nell'ambito della Provincia di Milano e denominata "Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.)", che risulta incisa solo dagli alvei attuali dei Fiumi Ticino, Olona, Lambro ed Adda.

La litologia di questa formazione, in corrispondenza di Segrate, è caratteristica della zona a "ghiaie e sabbie", dove prevale una granulometria medio-alta, con ghiaie sabbiose debolmente ciottolose. In superficie, quando non sia stato rimosso dall'urbanizzazione o dalle pratiche agricole, è possibile riconoscere uno strato di alterazione di natura argilloso-sabbiosa e di colore bruno, con spessore compreso tra i 25 e i 50 centimetri.

Oltre alla formazione del "Fluvioglaciale Wurm" si possono rilevare altre due formazioni di recente deposizione e legate alle fasi di esondazione del Fiume Lambro. Queste sono le "Alluvioni Antiche del Fiume Lambro" e le "Alluvioni Recenti del Fiume Lambro", entrambe successive alla fase di glaciazione wurmiana.

Le prime ("Alluvioni Antiche del Fiume Lambro") sono ghiaie ciottolose, passanti a ghiaie sabbiose verso sud, intercalate a livelli sabbioso-limosi che riflettono delle fasi di esondazione



<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 8/37</p>

del corso d'acqua pleistocenico-olocenico, che si estendono in corrispondenza delle sue fasce più esterne, ad una quota inferiore rispetto a quella del livello fondamentale della pianura, in zone esterne all'area di interesse situate nel settore nord del territorio comunale.

Le seconde (“Alluvioni Recenti del Fiume Lambro”) sono costituite da depositi di natura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, con intercalazioni limoso-argillose lenticolari variamente estese. Tali depositi si riconoscono lungo i settori limitrofi alle aree di alveo attuale del Fiume Lambro, in zone esterne al territorio comunale.

### ***3.2 Piezometria e soggiacenza della falda***

Durante l'esecuzione delle prove, spinte sino a circa -6,5 m dal p.c., non è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo. Tale dato è sostanzialmente in linea con quanto riportato nello studio geologico comunale, nel quale si segnala la presenza della falda a partire da circa 114 mslm, quindi a circa -9,5 m dal p.c. (si veda lo stralcio della Tav. 2 – Caratteri idrogeologici).

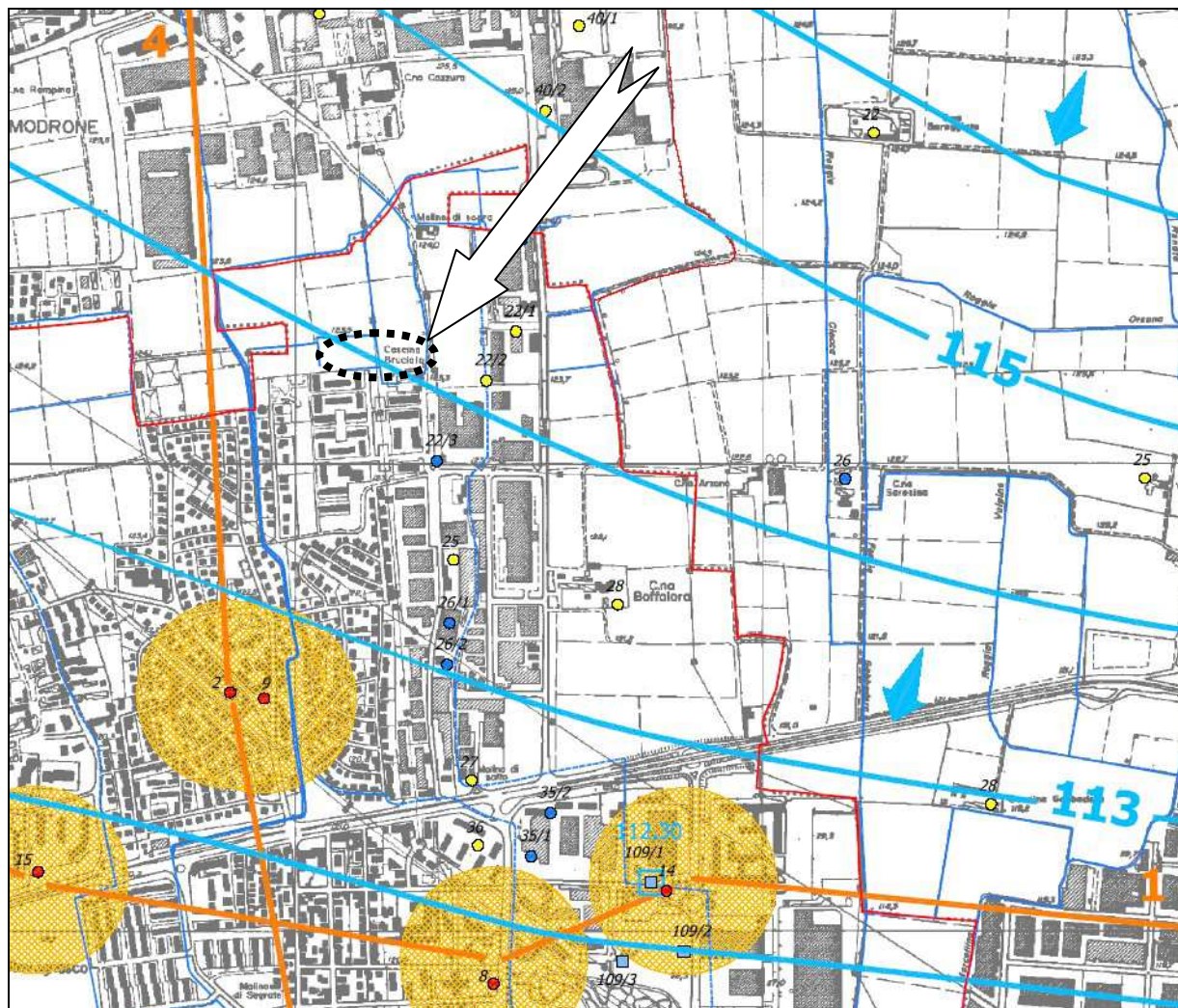
Considerando però che:

- 1) la **falda subisce continue oscillazioni**, sia nel breve periodo (di carattere cioè stagionale) che nel medio e lungo periodo;
- 2) **il sito in esame è caratterizzato dalla presenza di rogge** che, nei periodi della loro attivazione (periodi irrigui), potrebbero:
  - a. far aumentare il livello piezometrico della falda;
  - b. contribuire, data anche la presenza di materiali limosi (e quindi a scarse capacità drenanti) nel sottosuolo, alla **formazione di “faldine sospese”** anche a quote comprese tra il pc e il livello effettivo della tavola d'acqua;

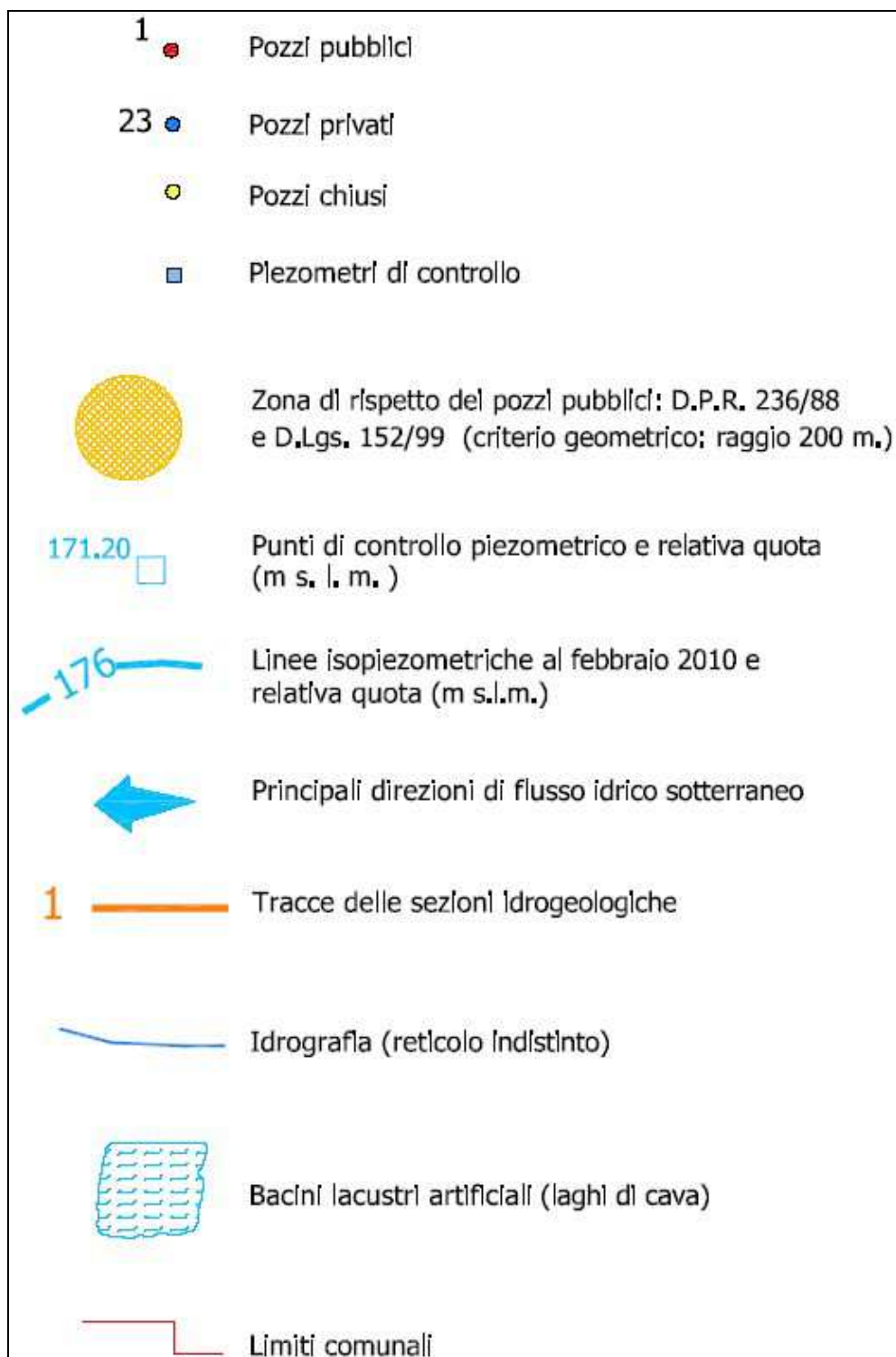
sulla base di quanto sopra riportato, in fase progettuale si consiglia di prevedere idonee misure ed accorgimenti costruttivi atti ad evitare la presenza di acqua, anche in forma di umidità in corrispondenza delle strutture a contatto con il terreno.

Lo studio geologico comunale caratterizza il sito in esame con un grado di vulnerabilità dell'acquifero “medio” (si veda la **Figura 3.3 e 3.4**).

**Ai soli fini delle verifiche geotecniche di capacità portante delle fondazioni in progetto, la falda è stata considerata a partire da -6,0 m circa dall'attuale p.c..**



**Figura 3.1 – Estratto della Tav. 2 dello studio geologico comunale a supporto del PGT**



**Figura 3.2** – Estratto della legenda della Tav. 2 dello studio geologico comunale a supporto del PGT



**GEOSAT** srl

GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA  
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: [geosat@geosat.org](mailto:geosat@geosat.org)

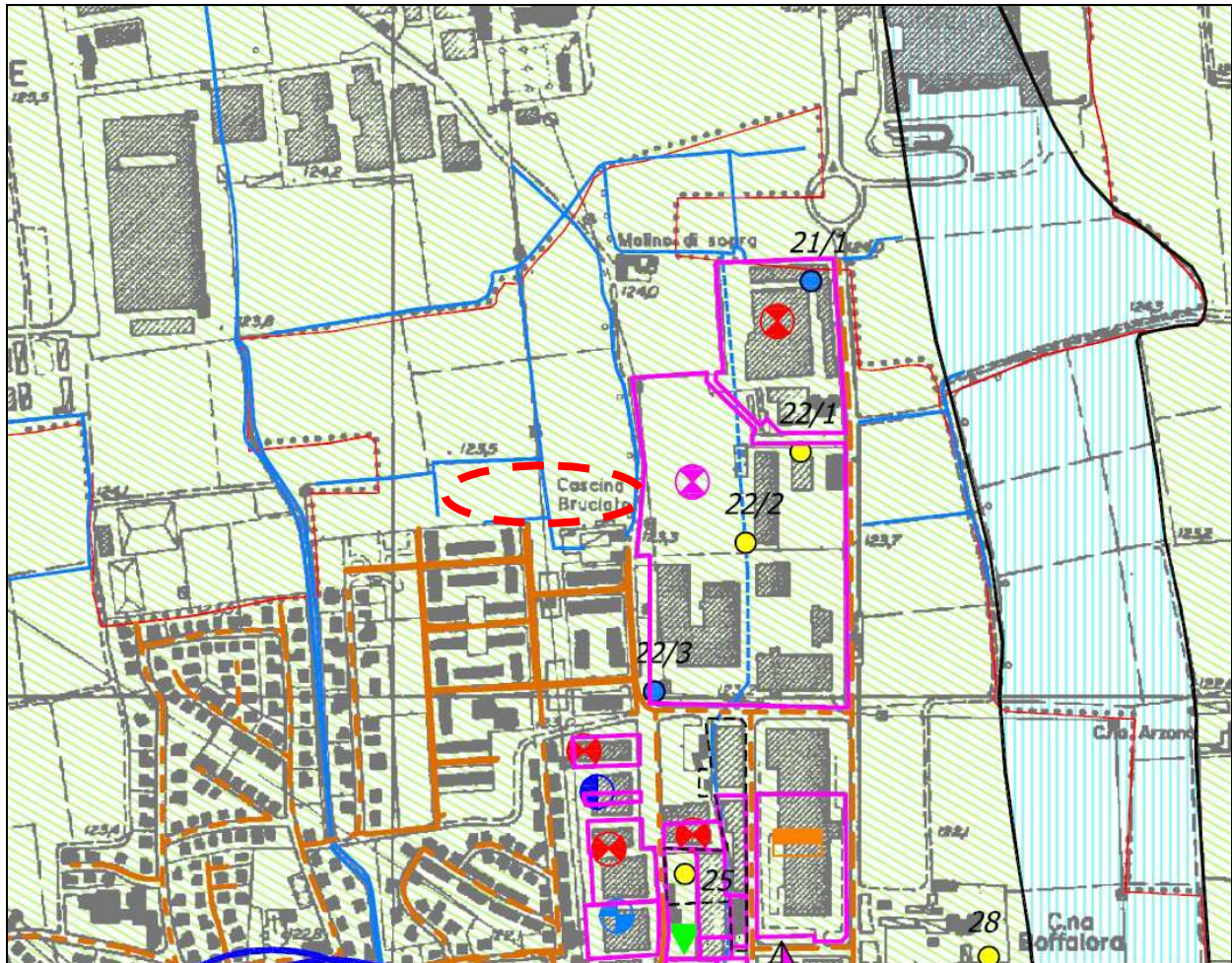


[www.geosat.org](http://www.geosat.org)

Segrate (MI) – Via Monviso  
Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  
Relazione Geologica - Relazione Geotecnica

Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  
Revisione: 0

Pag. 11/37



*Figura 3.3 – Estratto della Tav. 4 dello studio geologico comunale a supporto del PGT*

<b>VULNERABILITA' INTRINSECA DELL'ACQUIFERO</b>					
<b>GRADO DI VULNERABILITA'</b>					<b>CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI</b>
<b>EE</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>BB</b>
					Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale in corrispondenza dei depositi fluviali relativi all'Unità Postglaciale (F. Lambro), con corso d'acqua sospeso rispetto alla piezometrica media della falda (alimentazione naturale). Soggiacenza < 30 m rispetto al p.c.
					Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con copertura superficiale assente o di ridotto spessore (circa 1 m), in corrispondenza dei depositi fluvio-glaciali relativi al Sistema di Cantù e fluviali relativi all'Unità Postglaciale (depressioni minori), da poco a mediamente alterati. Soggiacenza < 30 m rispetto al p.c.
					Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con copertura superficiale di ridotto spessore (< 2 m), in corrispondenza dei depositi fluvio-glaciali mediamente alterati relativi al Supersistema di Besnate - Unità di Minoprio. Soggiacenza < 30 m rispetto al p.c.
					Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con copertura superficiale limoso-argillosa di spessore > 2 m, in corrispondenza dei depositi fluvio-glaciali alterati relativi al Supersistema di Besnate - Unità di Guanzate. Soggiacenza < 30 m rispetto al p.c.
<b>EE</b>	Estremamente elevato				
<b>E</b>	Elevato				
<b>A</b>	Alto				
			<b>M</b>	Medio	
			<b>B</b>	Basso	
			<b>BB</b>	Molto basso	

**Figura 3.4** – Estratto della legenda della Tav. 4 dello studio geologico comunale a supporto del PGT con l'indicazione del grado di vulnerabilità dell'acquifero in corrispondenza del sito in esame



<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 13/37</p>

#### **4. CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO**


La “*Carta di fattibilità per le azioni di Piano*” (Tavola 9 dello Studio Geologico del Territorio Comunale a corredo del PGT del Comune di Segrate) è il documento che sintetizza l’attitudine delle differenti aree del territorio ai fini dell’edificabilità.

Il territorio comunale viene classicamente suddiviso in quattro classi di fattibilità, a grado di rischio crescente secondo il seguente schema:

<b>CLASSE 1 (VERDE):</b>	<b>FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI</b>
<b>CLASSE 2 (GIALLA):</b>	<b>FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI</b>
<b>CLASSE 3 (ARANCIONE):</b>	<b>FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</b>
<b>CLASSE 4 (ROSSA):</b>	<b>FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI</b>

I lotti oggetto di studio, in particolare, ricadono all’interno di aree in **Classe 2 di fattibilità alle azioni di piano, sottoclasse 2BMi - fattibilità geologica con modeste limitazioni** (si veda la *Figura 4.1* e gli estratti della relativa legenda riportati in *Figura 4.1a÷4.1e*) per:

- la vulnerabilità “media” dell’acquifero superficiale;
- la presenza di terreni a caratteristiche geomeccaniche “buone” a partire da circa -3 m dal p.c..

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 14/37</p>

#### **4.1 Prescrizioni riportate nello studio geologico comunale**

Per l'area in esame, lo studio geologico comunale prescrive (si vedano le figure e gli estratti delle norme geologiche comunali riportati nel presente capitolo) **lo svolgimento delle seguenti attività (lo svolgimento di dette attività e il loro esito positivo è vincolante ai fini dell'ottenimento del permesso di costruire o dell'approvazione del Piano Attuativo):**

#### **IGT**

- 1) indagine geotecnica con prove in sito (tale attività è stata svolta attraverso l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in sito);
- 2) esecuzione di rilevamento geologico di dettaglio a mezzo di assaggi con escavatore;
- 3) esecuzione di indagine geofisica;

**MP:** monitoraggio piezometrico per valutazione interferenza con le acque di falda.

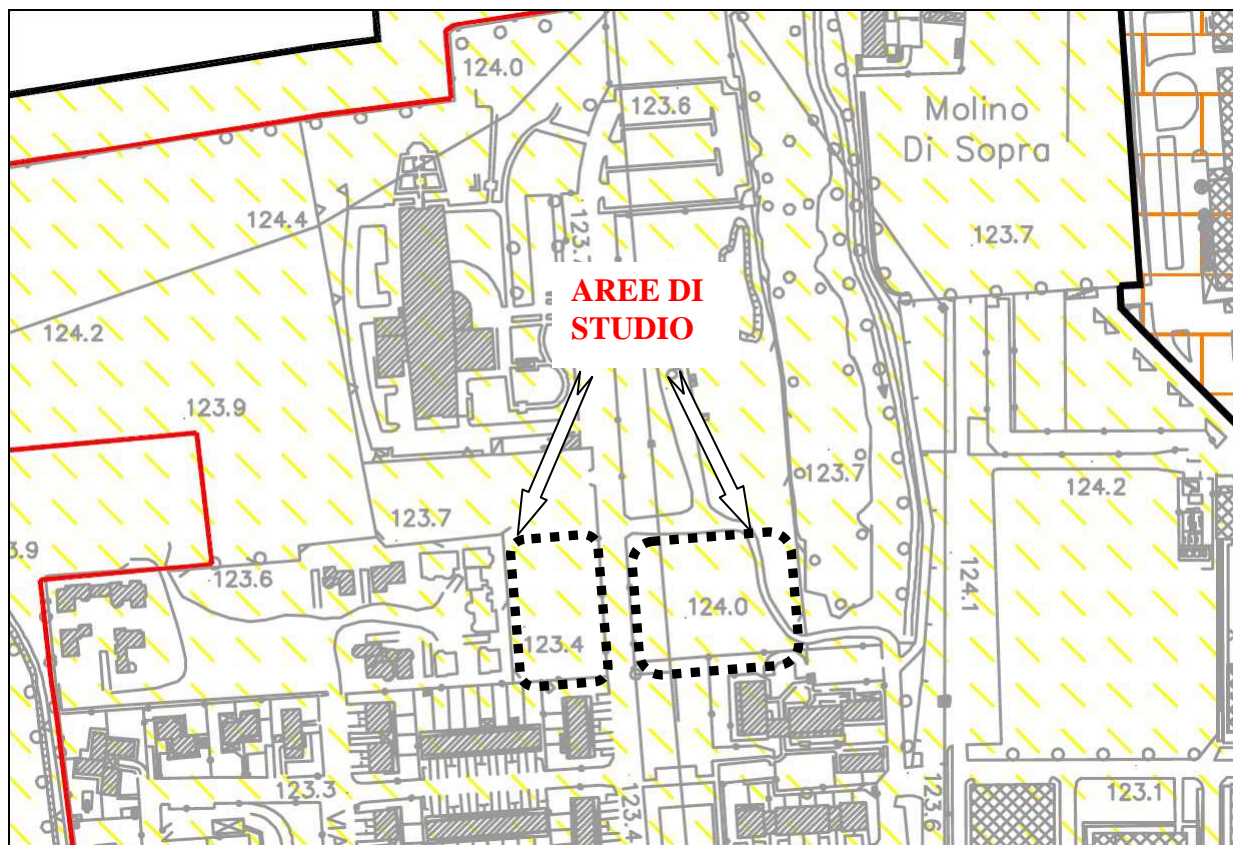
**SV:** valutazione di stabilità dei versanti dei fronti di scavo.

Si precisa che le attività di cui ai punti IGT n. 2 e n. 3, nonché il monitoraggio piezometrico MP e la valutazione dei fondi scavo SV prescritte dallo studio geologico comunale andranno eseguite in fase di progettazione esecutiva.

Oltre alle attività di cui sopra, le norme geologiche prescrivono che in fase progettuale vengano previsti i seguenti interventi di tutela e opere di mitigazione del rischio (si veda la **Figura 4.1b e 4.1e**):

**RE:** opere di regimazione idraulica;







**CO:** collettamento degli scarichi non smaltibili in loco in superficie.



**Figura 4.1** – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica dello studio geologico comunale. per le relative prescrizioni si rimanda a due riquadri successivi, estratti dalla relazione dello studio geologico comunale. Si vedano gli estratti dalla relativa legenda riportati di seguito (Figura 4.1a-4.1e)

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA D.G.R. 8/7374/08	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PARERE SULLA EDIFICABILITA'
<p><b>Classe 2BMi</b> (Unità di Minoprio)</p> <p><b>Fattibilità con modeste limitazioni</b></p> <p><b>Classe 2BMi'</b> (Unità di Minoprio - bassa soggiacenza)</p>	<p>Aree pianeggianti, litologicamente costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso limosa, sabbie ghiaiose, sabbie e sabbie limose. Terreni granulari con buone caratteristiche portanti a partire da 3 m da p.c..</p> <p><b>Classe 2BMi'</b>: soggiacenza &gt; 5 m da p.c..</p> <p>Possibile interazione degli scavi con la superficie piezometrica.</p>	<p>Favorevole con modeste limitazioni connesse alla verifica puntuale delle caratteristiche portanti e di drenaggio dei terreni superficiali, alla salvaguardia dell'acquifero libero e all'assetto idrogeologico locale (classe 2BMi')</p>

**Figura 4.1a** – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica

<b>OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE *</b>	<b>INDAGINI DI APPROFONDIMENTO PREVENTIVE NECESSARIE</b>	<b>INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE</b>
	IGT -SV - MP(classe 2Bmi')	RE - CO
	IGT -SV - MP(classe 2Bmi')	RE - CO
	IGT - SV - MP	RE - CO
	IGT - SV - MP	RE - CO - CA
	IGT - SV - ISS/PCA/POB MP (classe 2Bmi')	RE - CO
	IGT -SV - MP(classe 2Bmi')	RE - CO








La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo le azioni sismiche di progetto, a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello, sia nel caso di edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, sia nel caso di ricaduta in aree PSL corrispondenti a scenari Z2 (aree retinate blu). Nel caso di ricaduta in scenari Z3 (aree retinate verdi) la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 2° livello o di 3° livello nel caso in cui  $F_a$  calcolato con analisi di 2° livello sia  $> F_a$  di soglia. Nelle aree non ricadenti in PSL, per gli edifici non appartenenti alle categorie di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, la progettazione dovrà essere condotta definendo la pericolosità sismica di base in accordo all'Allegato A del decreto ministeriale.

**Figura 4.1b** – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica



**\* L'approvazione del Piano attuativo o il rilascio del permesso di costruire sono subordinati alla valutazione e all'esito positivo delle indagini preventive necessarie e degli approfondimenti richiesti per ciascun tipo di intervento**

**TIPO DI OPERE EDIFICATORIE**

-  Edilizia singola uni-bifamiliare, 3 piani al massimo, di limitata estensione
-  Edilizia intensiva uni-bifamiliare, 3 piani al massimo, o edilizia plurifamiliare, edilizia pubblica
-  Edilizia plurifamiliare di grande estensione, edilizia pubblica
-  Edilizia produttiva di significativa estensione areale (> 500 mq)
-  Cambio di destinazione d'uso di ambiti produttivi
-  Opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche o lavori di escavazione e sbancamento
-  Interventi di consolidamento dei versanti e prevenzione del dissesto idrogeologico
- \*\*** Per gli edifici esistenti sono consentiti solo gli interventi edificatori di cui alle lettere a), b), c) dell'art. 27 comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo, fatto salvo quanto previsto per le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica


**Figura 4.1c** – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica



**STUDI ED INDAGINI PREVENTIVE E DI APPROFONDIMENTO CONDIZIONANTI L'ATTUAZIONE DEI SINGOLI INTERVENTI IN OTTEMPERANZA/INTEGRAZIONE AL D.M. 14 GENNAIO 2008**

IGT	<u>Indagini geotecniche con prove in sito e/o laboratorio, comprensive di rilevamento geologico di dettaglio a mezzo di assaggi con escavatore, prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica, indagini geofisiche in foro, indagini geofisiche</u>
MP	<u>Monitoraggio piezometrico per valutazione interferenza con le acque di falda</u>
SV	<u>Valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo</u>
SCI	Studio di compatibilità idraulica
VCI	Verifica di compatibilità idrogeologica ed ambientale
SRM	Studi per il recupero morfologico e il ripristino ambientale
VQS	Verifica della qualità degli scarichi e della portata adottata per la corretta gestione delle acque sotto il profilo qualitativo e quantitativo
PCA	Piano di caratterizzazione ambientale preventivo a qualsiasi cambio di destinazione d'uso di ambiti produttivi/di modificazione antropica
ISS	Indagini sullo stato di salubrità dei suoli preventivo a cambio di destinazione d'uso di ambiti produttivi/di modificazione antropica
POB	Progetto operativo degli interventi di bonifica

*Figura 4.1d – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica*

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 19/37</p>

<b>INTERVENTI DI TUTELA ED OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO  DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE</b>	
RE	Opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche superficiali e sotterranee; individuazione dell'idoneo recapito finale delle acque nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche locali
CA	Predisposizione di sistemi di controllo ambientale per gli insediamenti a rischio di inquinamento da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento: piezometri di controllo della falda a monte e a valle del flusso dell'insediamento; indagini nel terreno non saturo per l'individuazione di eventuali contaminazioni in atto.
DS	Opere per la difesa del suolo, contenimento e stabilizzazione dei versanti
CO	Collettamento in fognatura degli scarichi fognari e delle acque non smaltibili in loco di superficie
IRM	Interventi di recupero morfologico e/o di funzione e/o paesistico ambientale
BO	Interventi di bonifica

*Figura 4.1e – Estratto della Tavola 9 – Fattibilità geologica*

**GEOSAT** srl

GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA  
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: [geosat@geosat.org](mailto:geosat@geosat.org)



Segrate (MI) – Via Monviso  
Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  
Relazione Geologica - Relazione Geotecnica

Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  
Revisione: 0

Pag. 20/37

### **Classe 2BMi, Classe 2Bmi' – Unità di Minoprio (fattibilità con modeste limitazioni)**

**Principali caratteristiche:** Aree pianeggianti, litologicamente costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso limosa, sabbie ghiaiose, sabbie e sabbie limose. Terreni granulari con buone caratteristiche portanti a partire da 3 m da p.c..

**Classe 2BMi':** soggiacenza < 5 m da p.c.. Possibile interazione degli scavi con la superficie piezometrica.

**Parere sulla edificabilità:** Favorevole con modeste limitazioni connesse alla verifica puntuale delle caratteristiche portanti e di drenaggio dei terreni superficiali, alla salvaguardia dell'acquifero libero e all'assetto idrogeologico locale (classe 2BMi').

**Tipo di intervento ammissibile:** sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia (così come definiti dall'art. 27 della L.R. 11 marzo 2005 n. 21 "Legge per il governo del territorio"), nel rispetto delle normative vigenti. Relativamente agli ambiti produttivi (opere tipo 4) ricadenti entro la **classe 2BMi'** la realizzazione dei vani interrati o seminterrati è condizionata dalla bassa soggiacenza dell'acquifero (< 5m); si vieta pertanto in tali aree la realizzazione di vani interrati adibiti ad uso produttivo o con utilizzo di sostanze pericolose/insalubri, mentre si sconsiglia la realizzazione di vani adibiti a stoccaggio di sostanze pericolose. Potranno invece essere realizzati vani interrati compatibilmente con le situazioni idrogeologiche locali, ospitanti magazzini e/o depositi di sostanze non pericolose, parcheggi sotterranei, uffici dotati di collettamento delle acque di scarico con rilancio alla fognatura.

Indagini di approfondimento necessarie, preventive alla progettazione: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT), secondo quanto indicato nell'art. 2 delle presenti norme. Nel caso di opere che prevedano scavi e sbancamenti, dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) al fine di prevedere le opportune opere di protezione durante i lavori di cantiere.

All'interno della **classe 2BMi**, nel caso di opere di edilizia residenziale e produttiva di grande estensione areale e di opere infrastrutturali (tipo 3, 4, 6) che prevedano la realizzazione di piani interrati, e all'interno della **classe 2Bmi'**, per tutte le opere edificatorie che prevedano la realizzazione di piani interrati, dovrà essere valutata tramite monitoraggio piezometrico



(MP) e studio storico dell'escursione di falda, la possibile interazione delle acque di falda con l'opera stessa, nonché la conseguente compatibilità degli interventi con la circolazione idrica.

La modifica di destinazione d'uso di aree produttive esistenti necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale d'Igiene Pubblica (ISS) e/o dei casi contemplati nel D. Lgs. 152/06. Qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni mediante un'indagine ambientale preliminare, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 "Norme in materia ambientale" (Piano di Caratterizzazione/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB).

Le suddette indagini dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera.

Interventi da prevedere in fase progettuale: per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti per lo smaltimento delle acque meteoriche (RE) e quelle di primo sottosuolo. Quale norma generale a salvaguardia della falda idrica sotterranea è necessario inoltre che per ogni nuovo intervento edificatorio, già in fase progettuale, sia previsto ed effettivamente realizzabile il collettamento degli scarichi fognari in fognatura e delle acque non smaltibili in loco (CO).

Per gli ambiti produttivi soggetti a cambio di destinazione d'uso, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO) qualora venga accertato uno stato di contaminazione dei suoli e delle acque ai sensi del D.Lgs 152/06.

Norme sismiche da adottare per la progettazione: La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo le azioni sismiche di progetto, a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello, sia nel caso di edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, sia nel caso di ricaduta in aree PSL corrispondenti a scenari Z2 (aree retinate blu). Nel caso di ricaduta in scenari Z3 (aree retinate verdi) la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 2° livello o di 3° livello nel caso in cui Fa calcolato con analisi di 2° livello sia > Fa di soglia. Nelle aree non ricadenti in PSL, per gli edifici non appartenenti alle categorie di cui al d.d.u.o n. 19904/03, la progettazione dovrà essere condotta definendo la pericolosità sismica di base in accordo all'Allegato A del decreto ministeriale.

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 www.geosat.org
Segrate (MI) – Via Monviso Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013 Revisione: 0 Pag. 22/37

## 5) CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEL SITO

Sulla scorta dei risultati delle prove penetrometriche eseguite, il profilo stratigrafico e geotecnico di riferimento del terreno risulta essere formato da strati di terreno con caratteristiche geotecniche differenti. Partendo dalla quota di esecuzione delle prove (piano campagna) verso il basso è stata definita la successione stratigrafica riportata nella **Tabella 5.1**.

Strato	Profondità strato (m dal p.c.)	N <sub>SPT</sub> medio	Descrizione orientativa dello strato	Stato di addensamento (AGI, 1977)
A	± p.c. ÷ 1,5	3	Limi sabbiosi/sabbie limose	Sciolto
B	1,5 ÷ 2,7	7	Limi sabbiosi/sabbie limose	Poco addensato
C	2,7 ÷ 4,0	21	Sabbie, sabbie e ghiaie	Moderatamente addensato
D	4,0 ÷ fine prova	≥29	Sabbie, sabbie e ghiaie	Moderatamente addensato

**Tabella 5.1** – Identificazione degli strati attraversati dalle prove penetrometriche e classificazione degli stessi in base allo stato di addensamento (A.G.I., 1977). L'indicazione della natura dei terreni indagati riportata nella presente tabella è da ritenersi orientativa anche perché è stata dedotta da una indagine "indiretta" (prove penetrometriche DPSH e non da sondaggi a carotaggio) e non può essere considerata utile al fine della classificazione merceologica dei terreni.

Le caratteristiche geotecniche degli strati di terreno individuati sono illustrati nel seguente capitolo.



## 6) PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO

Al fine di definire il modello geotecnico del sottosuolo si è proceduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici caratteristici (di resistenza e di deformabilità) tramite le correlazioni qui sotto riportate.

### Densità relativa:

Skempton, 1986

$$Dr = 100 \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}} \quad [\%]$$

$N_{60} = N_{SPT}(ER/60)$ , valore medio di  $N_{SPT}$  corretto in funzione dell'energia rilasciata dal sistema di battitura, con  $ER=65\%$

$(N_1)_{60} = N_{60} \cdot C_N$ , valore di  $N_{SPT}$  corretto in funzione del rendimento e della profondità di prova, dove:

$C_N = (98,1/\sigma'_{vo})^{0,5}$  (Whitman e Liao);  $C_N = 2/(1+\sigma'_{vo}/100)$  (per sabbie fini);  $C_N = 3/(2+\sigma'_{vo}/100)$  (per sabbie grosse).

### Angolo di resistenza al taglio di picco:

Meyerhof, 1965:

$$\varphi = 29,47 + 0,46 \cdot N_{spt} - 0,004 \cdot N_{spt}^2 \quad (< 5\% \text{ di limo})$$

$$\varphi = 23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^2 \quad (> 5\% \text{ di limo})$$

Schmertmann, 1977:


$$\varphi = 28 + 0,14 \cdot D_r \quad (\text{sabbia fine uniforme})$$

$$\varphi = 31,5 + 0,11 \cdot D_r \quad (\text{sabbia media uniforme/sabbie fini ben gradate})$$

$$\varphi = 34,5 + 0,10 \cdot D_r \quad (\text{sabbia grossa uniforme/sabbia media ben gradata})$$

$$\varphi = 38 + 0,08 \cdot D_r \quad (\text{ghiaietto uniforme/sabbia e ghiaia poco limosa})$$

Modulo di deformabilità (modulo di elasticità o di Young): Bowles e D'Appolonia


<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 www.geosat.org
Segrate (MI) – Via Monviso Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013 Revisione: 0 Pag. 24/37

Pertanto i parametri geotecnici caratterizzanti il sito sono:

Strato	Profondità strato (m da p.c.)	N <sub>SPT</sub> (medio)	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Dr [%]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{cv}$ [°] (stima)	E [kPa]
<b>A</b>	± p.c. ÷ 1,5	3	$\gamma=16,0$	33	27	23	~2.700
<b>B</b>	1,5 ÷ 2,7	7	$\gamma=16,0$	44	30	26	~4.000
<b>C</b>	2,7 ÷ 4,0	21	$\gamma=18,0$	69	38	34	~34.160
<b>D</b>	4,0 ÷ fine prova	29	$\gamma=18,5$	73	38	34	~40.250

**Tabella 6.1** – Valori dei principali parametri geotecnici del sito

In **Tabella 6.1**, oltre i valori medi di N<sub>SPT</sub> e i valori relativi ai parametri geotecnici, sono stati riportati anche i valori (stimati in base al grado di addensamento relativo Dr) del peso nell'unità di volume del terreno ( $\gamma$ ) e dell'angolo di resistenza al taglio a volume costante/residuo ( $\phi'_{cv}$ ).

<p><b>GEOSAT</b> srl  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 25/37</p>

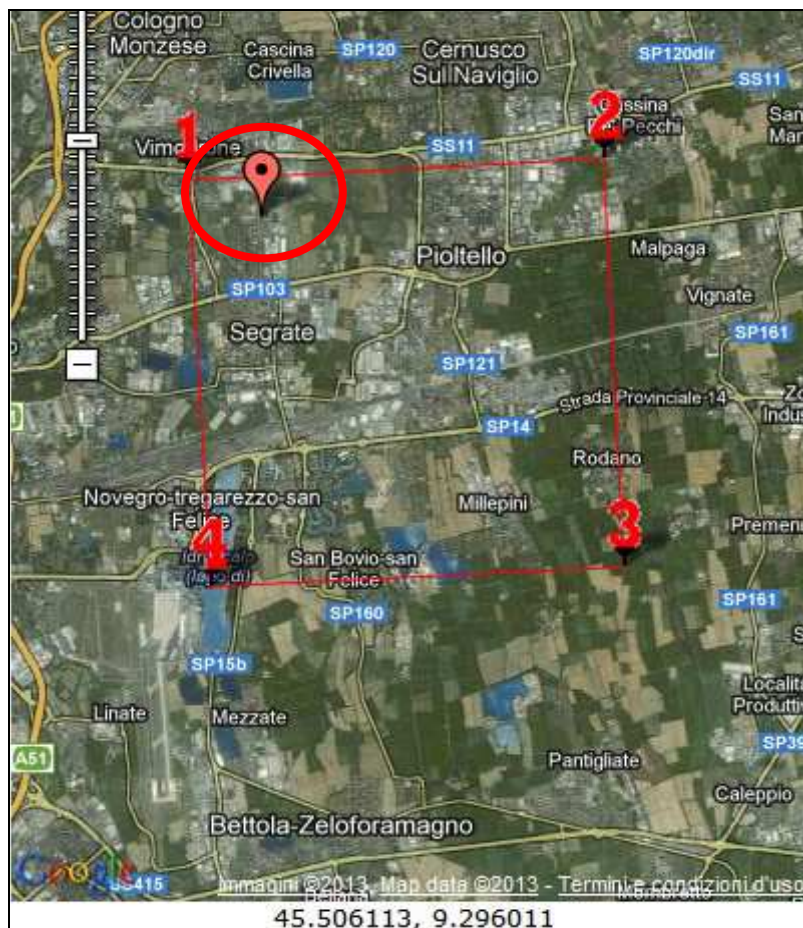
## 7) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

La classificazione sismica del territorio nazionale è regolata dalle seguenti normative:

1. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 30/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale l'8/05/03: *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale...”*;
2. D.M. 14/01/2008: *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*.

Ai sensi dell'OPCM n°3274/03, il territorio comunale di **Segrate (MI)** ricade nell'elenco dei comuni in **zona 4**, cioè a **minor rischio sismico**. Il sito dunque è caratterizzato da una accelerazione orizzontale convenzionale massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (*design ground acceleration*, riferita al sottosuolo di tipo A (ossia il *bedrock*) e ad una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) pari a  $a_g=0,05g$ , dove  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità.

Con riferimento alle NTC 2008 il sito in oggetto, definito dalle seguenti coordinate geografiche **Lat: 45.506; Long: 9.296**, rientra nel reticolo sismico di riferimento riportato in **Figura 7.1**.




**Figura 7.1** – Reticolo sismico di riferimento per il sito in oggetto ([www.geostru.com](http://www.geostru.com))

Le coordinate geografiche dei siti che costituiscono il reticolo sismico di riferimento sono i seguenti (per “Distanza” si intende la distanza in metri tra il cantiere in oggetto e i siti di riferimento):

Sito 1	ID: 12040	Lat: 45,5117	Lon: 9,2848	Distanza: 1085,845
Sito 2	ID: 12041	Lat: 45,5142	Lon: 9,3560	Distanza: 4659,299
Sito 3	ID: 12263	Lat: 45,4642	Lon: 9,3595	Distanza: 6807,333
Sito 4	ID: 12262	Lat: 45,4618	Lon: 9,2885	Distanza: 5077,796

La stima delle onde di taglio  $V_s$  è stata eseguita mediando i risultati ottenuti attraverso il metodo di Otha e Goto (1978) e quello di Yoshida e Montonori (1988).



<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 27/37</p>

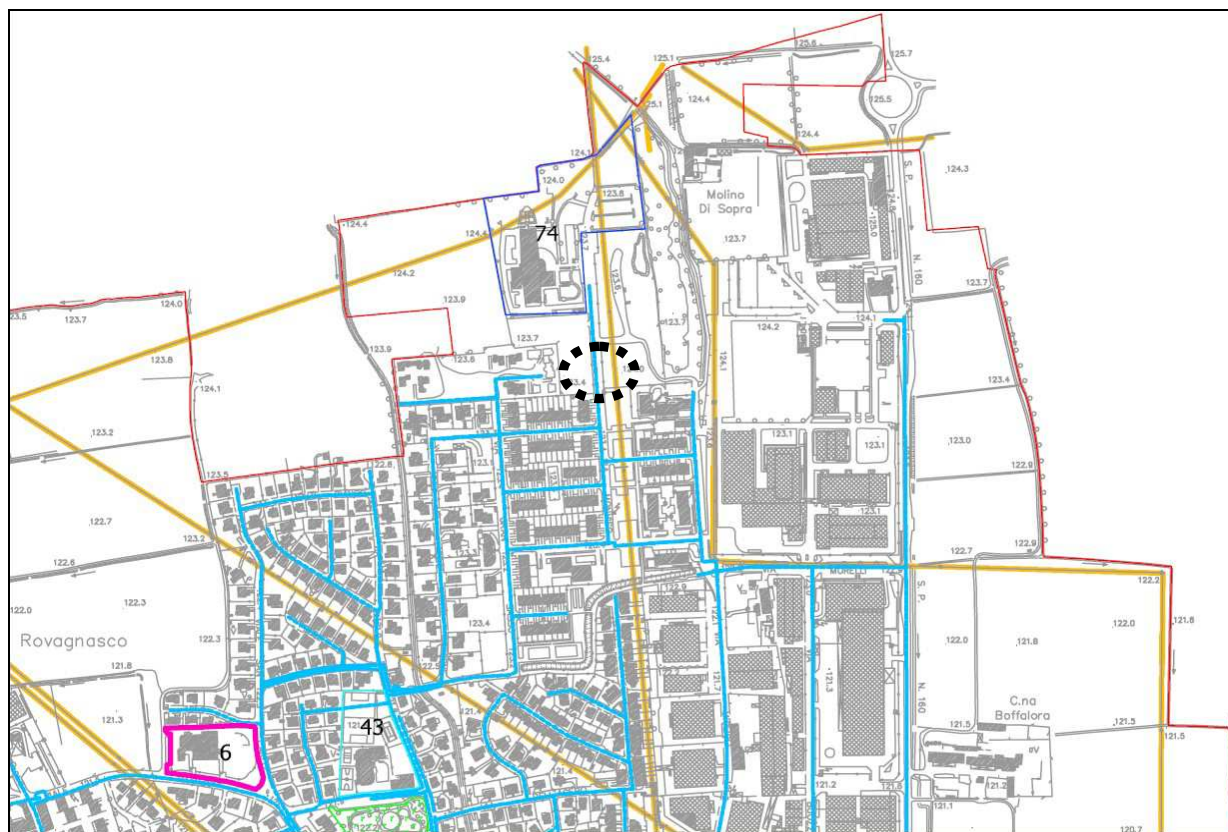
Il calcolo della velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{S30}$ , caratterizzante i primi 30 m di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni considerate nel presente documento, è stato ricavato con la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore dello strato  $i$ -esimo e la velocità delle onde di taglio che caratterizza tale strato, per un totale di  $n$  strati presenti nei 30 m di profondità a partire dalla quota di imposta della fondazione. Dalla classificazione dei suoli (paragrafo 3.2.2 “*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*” del D.M. 14/01/2008) in base alla  $V_{S30}$  il sito risulta caratterizzato da un suolo appartenente alla **Categoria C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** ( $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s).

Dall’analisi di pericolosità sismica riportata nello studio geologico comunale si evince quanto riportato nel seguente riquadro, estratto dalla relazione dello stesso studio geologico.

Si sottolinea che l’ambito di pianura, nel quale ricade l’intero territorio comunale di Segrate, non è stato individuato come scenario di pericolosità sismica locale (ambito PSL) in quanto le indagini disponibili escludono la presenza di un substrato rigido nei primi 30÷40 m di profondità in grado di dar luogo a significative amplificazioni del moto sismico in superficie superiori a quelle previsti dall’applicazione del D.M. 14 gennaio 2008; numerose evidenze sperimentali, basate su analisi di risposta sismica sito-specifica, evidenziano infatti che l’effetto di amplificazione del segnale sismico, significativo per modesti spessori dei terreni di copertura, diminuisce all’aumentare della profondità del bedrock sismico e che, considerando la magnitudo degli eventi sismici attesi, oltre la profondità di 30÷40 m il fattore di amplificazione si stabilizza su valori paragonabili a quelli ottenuti applicando il D.M. 14/01/08.



SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	POSSIBILI EFFETTI INDOTTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
Z2.1 	Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti - Ambiti estrattivi dismessi	Fenomeni di addensamento disomogenei con conseguenti cedimenti differenziali	H2	3
Z3a 	Zona di ciglio H > 10 m e pendio sottostante,  Ciglio di scarpata	Amplificazioni topografiche	H2	2
Z5 	Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche difformi	Cedimenti differenziali e distorsioni angolari	H2	3

**Figura 7.2** – Estratto della Tav. 6 – Carta di pericolosità sismica locale, con l'indicazione del sito in esame (cerchio tratteggiato in nero).

## 8) CALCOLI GEOTECNICI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (§ 6.4 DELLE NTC)

Sulla scorta dei dati penetrometrici ottenuti si è effettuato il calcolo della resistenza di progetto  $R_d/A$  (capacità portante del sistema geotecnico terreno-fondazione) attraverso la formula di *Brinch-Hansen*, 1970:

$$R_d / A = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_R}$$

Laddove ( i valori di  $\gamma_R$  sono riportati nella Tab. 6.4.I delle NTC):

- capacità portante:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 (45 + \varphi' / 2); \quad N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'; \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi'$$

- forma della fondazione:

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \tan \varphi'; \quad s_\gamma = 1 - 0,3 \left( \frac{B'}{L'} \right); \quad s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

- inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale H parallelo a L':

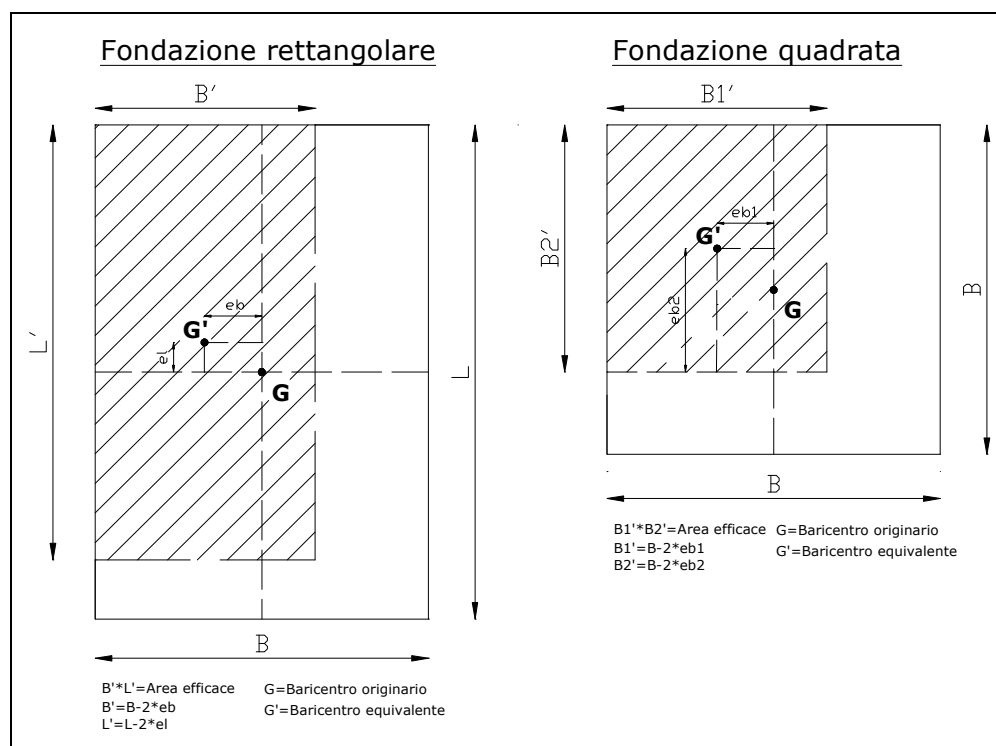
$$i_q = i_\gamma = 1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')}; \quad i_c = \frac{(i_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

- inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale H parallelo a B':

$$i_q = \left[ 1 - \frac{0,7 \cdot H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')} \right]^3; \quad i_\gamma = \left[ 1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')} \right]^3; \quad i_c = \frac{(i_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra, nella formula sono stati considerati anche quelli relativi alla profondità del piano di imposta della fondazione, dell'eventuale inclinazione del piano di posa della fondazione e dell'eventuale inclinazione del piano campagna.

Nella relazione appena esposta con  $A'$  si indica l'area "efficace" della fondazione secondo *Meyerhof* (ossia quella che effettivamente reagisce a compressione), mentre con  $B'$  ( $L'$ ) si indica la base (lunghezza) della fondazione "depurata" dall'eventuale eccentricità (si veda **Figura 8.1**).



**Figura 8.1 - Concetto dell'area efficace secondo Meyerhof**

La normativa di riferimento (§§ 6.2.3.1 e 6.4.2.1 delle NTC) prevede che le verifiche nei confronti dello SLU vengano svolte seguendo uno dei due approcci seguenti:


*Approccio 1: Combinazione 1 ( $A1+M1+R1$ );*

*Combinazione 2 ( $A2+M2+R2$ );*

*Approccio 2: Combinazione 1 ( $A1+M1+R3$ ).*

Dove:



<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 31/37</p>

- A1 e A2 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le azioni, riportati nella tabella 6.2.I delle NTC;
- M1 e M2 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per i parametri geotecnici, riportati nella tabella 6.2.II delle NTC;
- R1, R2 e R3 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le resistenze che, per le fondazioni dirette, sono riportati nella tabella 6.4.I delle NTC.

Dove:

A1 e A2 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le azioni, riportati nella tabella 6.2.I delle NTC;

M1 e M2 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per i parametri geotecnici, riportati nella tabella 6.2.II delle NTC;

R1, R2 e R3 indicano i *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le resistenze che, per le fondazioni dirette, sono riportati nella tabella 6.4.I delle NTC.

Nel caso in esame, le relative verifiche della capacità portante sono state eseguite considerando l'*Approccio 2* con i seguenti *set* di coefficienti di sicurezza parziali: ***MI+R3***.

**8.1 Fondazione a trave posta a circa -4,0 m dal p.c.****FONDAZIONE A TRAVE POSTA A -4,0 m dal p.c.**Geometria della fondazione

Quota di imposta: -4,0 m dal pc;  
 Base fondazione: B=1,5 m;  
 Eccentricità del carico:  $e_B=0,0$  m (dato non conosciuto in quanto non comunicatoci)

Parametri caratteristici relativi al terreno di fondazione

Angolo di resistenza al taglio:  $\varphi_k = 34^\circ$   
 Peso nell'unità di volume del terreno di fondazione:  $\gamma_k = 18,5$  kN/m<sup>3</sup>  
 Peso nell'unità di volume del terreno di "incastro":  $\gamma_k = 16,0$  kN/m<sup>3</sup>  
 "Incastro" della fondazione nel terreno: D=0,5 m

Approccio 2: Coefficienti di sicurezza parziali

Coefficiente da applicare alla tangente di  $\varphi_k$ :  $\gamma_{\varphi} = 1,0$  (Tab. 6.2.II delle NTC)  
 Coefficiente da applicare al peso dell'unità di volume del terreno:  $\gamma_{\gamma} = 1,0$  (Tab. 6.2.II delle NTC)  
 Coefficiente da applicare alla capacità portante:  $\gamma_R = 2,3$  (Tab. 6.4.I delle NTC)


Resistenza di progetto del sistema terreno-fondazione:

$$R_d / A = \frac{1}{\gamma_R} (c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma});$$

**Approccio 2 (M1+R3):  $R_d/A' \cong 335$  kPa;**Verifica allo SLU da eseguire:  $R_d/A \geq E_d/A$ 

Dove:  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione (o dell'effetto dell'azione), secondo quanto riportato nel § 6.2.3 delle NTC

**NOTA:** la  $R_d/A$  rappresenta la resistenza teorica ultima di progetto del sistema terreno-fondazione in oggetto alla quota di progetto (condizione ultima: configurazione di un sistema al quale vengono associati elevati cedimenti e/o il proprio collasso). La pressione effettivamente agente in fondazione, quindi, dovrà essere  $E_d \leq$  **alla resistenza di progetto sopra riportata e comunque tale da indurre cedimenti compatibili con quelli tollerabili dalla struttura in progetto** (condizioni in esercizio). In pratica quanto sopra indicato dovrà essere confrontato con il dato relativo alla stima dei cedimenti (vedasi paragrafo relativo al calcolo dei cedimenti).

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 33/37</p>

## 9) ANALISI DEI CEDIMENTI E STIMA DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO K

Il metodo di calcolo utilizzato per l'analisi dei cedimenti è quello della Teoria Elastica. Tale metodo consente di calcolare il cedimento "immediato" monodimensionale su una verticale passante in un punto della fondazione grazie alla relazione:

$$s = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{voi} \Delta h_i}{E'_i}$$

dove:

**n**, numero degli stati di terreno considerati;

**s**, cedimento monodimensionale lungo la verticale [m];

**$\Delta\sigma_{voi}$** , incremento medio di tensione litostatica al centro dello strato i-esimo considerato [kPa];

**$\Delta h_i$** , spessore dello strato i-esimo considerato [m];

**$E'_i$** , modulo di deformazione normale drenato medio relativo allo strato i-esimo [kPa].

Il calcolo dell'incremento medio della tensione litostatica ( $\Delta\sigma_{voi}$ ) è stato eseguito tramite l'equazione di *Holl* (1940) di seguito riportata:

$$\Delta\sigma_{voi} = \frac{q}{2 \cdot \pi} \left[ \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{ab}{zR_3} \right) + \frac{abz}{R_3} \left( \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

dove:  $a=B'$ ;  $b=L'$ . Per il centro  $B'=B/2$  e  $L'=L/2$ , per lo spigolo  $B'=B$  e  $L'=L/2$ .

$$R_1=(b^2+z^2)^{1/2}; R_2=(a^2+z^2)^{1/2}; R_3=(a^2+b^2+z^2)^{1/2}.$$

Come da prassi, il calcolo degli incrementi della tensione litostatica nel terreno è stato esteso fino ad una profondità ritenuta significativa, ossia fin dove si verifica la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{vo} \cong 0.10 \cdot q$$

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 34/37</p>

dove:

$q_{\text{netto}}=q-\gamma D$ , è il carico netto agente sul piano di posa della fondazione;

$q$ , carico agente in fondazione;

$D$ , approfondimento della fondazione rispetto al piano campagna.

Il coefficiente di sottofondo  $k$  (coefficiente di Winkler), è stato calcolato dal rapporto tra la pressione agente e il cedimento da essa indotto:  $k=q/s$ .

### ***Stima dei cedimenti***

*(Cedimenti “immediati” attesi (Teoria Elastica, formula di Holl, 1940))*

#### **FONDAZIONE A TRAVE $B=1,5$ m POSTA A $-4,0$ M DAL PC**

**$q_{sle}=250$  kPa;**

**cedimento atteso al centro della fondazione: 1,24 cm ( $k_{\text{Winkler}}=2,02$  kg/cmc);**

**cedimento atteso allo spigolo della fondazione: 0,38 cm ( $k_{\text{Winkler}}=6,58$  kg/cmc).**



<p><b>GEOSAT</b> srl  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 www.geosat.org
Segrate (MI) – Via Monviso Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013 Revisione: 0 Pag. 35/37

## 10) CONCLUSIONI

Il presente lavoro esamina, ai sensi del DM 14/01/2008, le condizioni geologiche e geotecniche del terreno di fondazione relative ad un nuovo intervento residenziale da realizzarsi in Segrate (MI), Via Monviso.

### **Fattibilità geologica**

Secondo lo studio geologico comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio di Segrate (MI), il lotto in oggetto ricade in **Classe 2 di fattibilità alle azioni di piano, sottoclasse 2BMi - fattibilità geologica con modeste limitazioni** (si veda il § 4). Tale classificazione è dovuta essenzialmente per:

- la vulnerabilità “media” dell’acquifero superficiale;
- la presenza di terreni a caratteristiche geomeccaniche scadenti sino a circa -3 m dal p.c..

Si precisa che le attività di cui ai punti IGT n. 2 e n. 3 (si veda il § 4.1), nonché il monitoraggio piezometrico MP e la valutazione dei fondi scavo SV prescritte dallo studio geologico comunale andranno eseguite in fase di progettazione esecutiva.

Oltre alle attività di cui sopra, le norme geologiche prescrivono che in fase progettuale vengano previsti i seguenti interventi di tutela e opere di mitigazione del rischio (si veda la **Figura 4.1b e 4.1e**):


**RE**: opere di regimazione idraulica;

**CO**: collettamento degli scarichi non smaltibili in loco in superficie.

### **Piezometria e soggiacenza della falda**

Durante l’esecuzione delle prove, spinte sino a circa -6,5 m dal p.c., non è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo. Considerando però che:

- 1) la **falda subisce continue oscillazioni**, sia nel breve periodo (di carattere cioè stagionale) che nel medio e lungo periodo;

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 36/37</p>

2) **il sito in esame è caratterizzato dalla presenza di rogge** che, nei periodi della loro attivazione (periodi irrigui), potrebbero:

- a. far aumentare il livello piezometrico della falda;
- b. contribuire, data anche la presenza di materiali limosi (e quindi a scarse capacità drenanti) nel sottosuolo, alla **formazione di “faldine sospese”** anche a quote comprese tra il pc e il livello effettivo della tavola d’acqua;

sulla base di quanto sopra riportato, in fase progettuale si consiglia di prevedere idonee misure ed accorgimenti costruttivi atti ad evitare la presenza di acqua e umidità in corrispondenza delle strutture a contatto con il terreno.


**Caratteristiche geomeccaniche del sottosuolo indagato e sistema terreno fondazione considerato**

Premesso che ad oggi il progetto strutturale dell’intervento edilizio in oggetto è in fase di elaborazione e che i carichi considerati per i calcoli geotecnici riportati nel presente documento sono pertanto da considerarsi indicativi, riferendoci alle fondazioni dirette a trave indicate dai Progettisti (poste a circa -4,0 m dal p.c.) si è ottenuto quanto segue:

*Calcolo allo SLU: resistenza di progetto del sistema terreno fondazione:  $R_d/A \cong 335 \text{ kPa}$ ;*

*Analisi dei cedimenti: per  $q_{sle} \cong 250 \text{ kPa}$  il cedimento massimo atteso in fondazione è dell’ordine di circa **1,2 cm**.*

Si precisa inoltre che, qualora il progetto definitivo preveda delle modifiche sostanziali rispetto a quanto riportato nel presente documento (ad es. la quota di imposta delle fondazioni, la tipologia e la geometria delle fondazioni, l’entità dei carichi, ecc.), si dovrà procedere a elaborare nuove valutazioni di tipo geotecnico.

<p><b>GEOSAT srl</b>  <b>GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA</b>  <b>INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI</b>  Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)  Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: <a href="mailto:geosat@geosat.org">geosat@geosat.org</a></p>	 <a href="http://www.geosat.org">www.geosat.org</a>
<p>Segrate (MI) – Via Monviso  Nuovo intervento residenziale – Comparto TR4-Palazzina A e B  Relazione Geologica - Relazione Geotecnica</p>	<p>Nome file: 1999 R1 del 22.04.2013  Revisione: 0  Pag. 37/37</p>

### **Terre e rocce da scavo**

La presente relazione non esamina le tematiche relative alla gestione dei terreni di scavo, materia regolamentata da normative differenti in funzione del tipo di gestione di detti materiali; semplificando:

- nel caso di conferimento all'esterno come sottoprodotto, dal DM 161/2012 del 10.08.2012;
- nel caso di riutilizzo internamente al sito, dall'Art. 185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- nel caso di conferimento all'esterno come rifiuto, dal Titolo I Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

**Dott. Ing. Maurizio Mauro**

**Dott. Geol. Giuseppe Baroni**



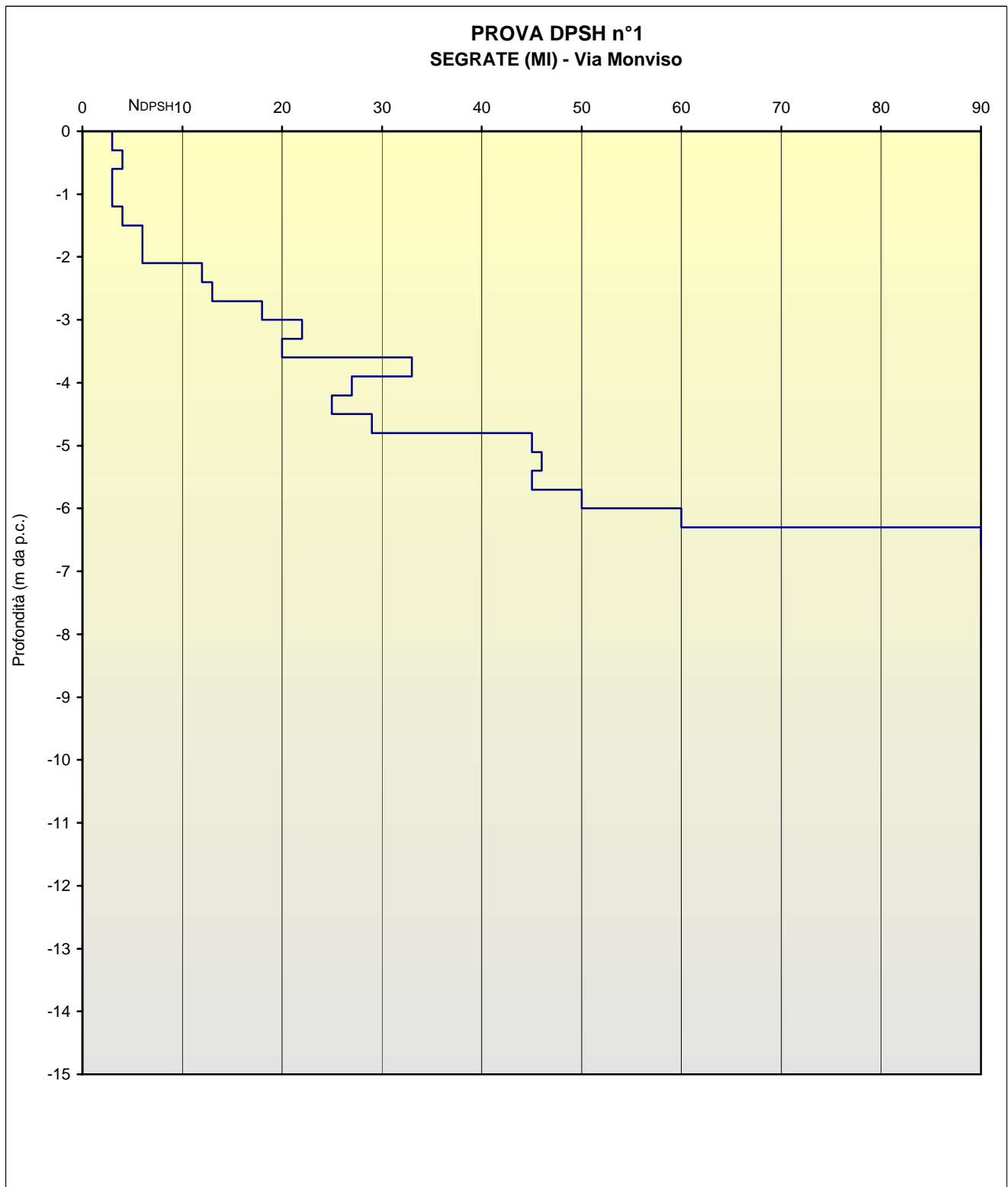
1999 – SEGRATE (MI), Via Monviso  
Piano Attuativo TR4  
Ubicazione schematica delle prove penetrometriche eseguite



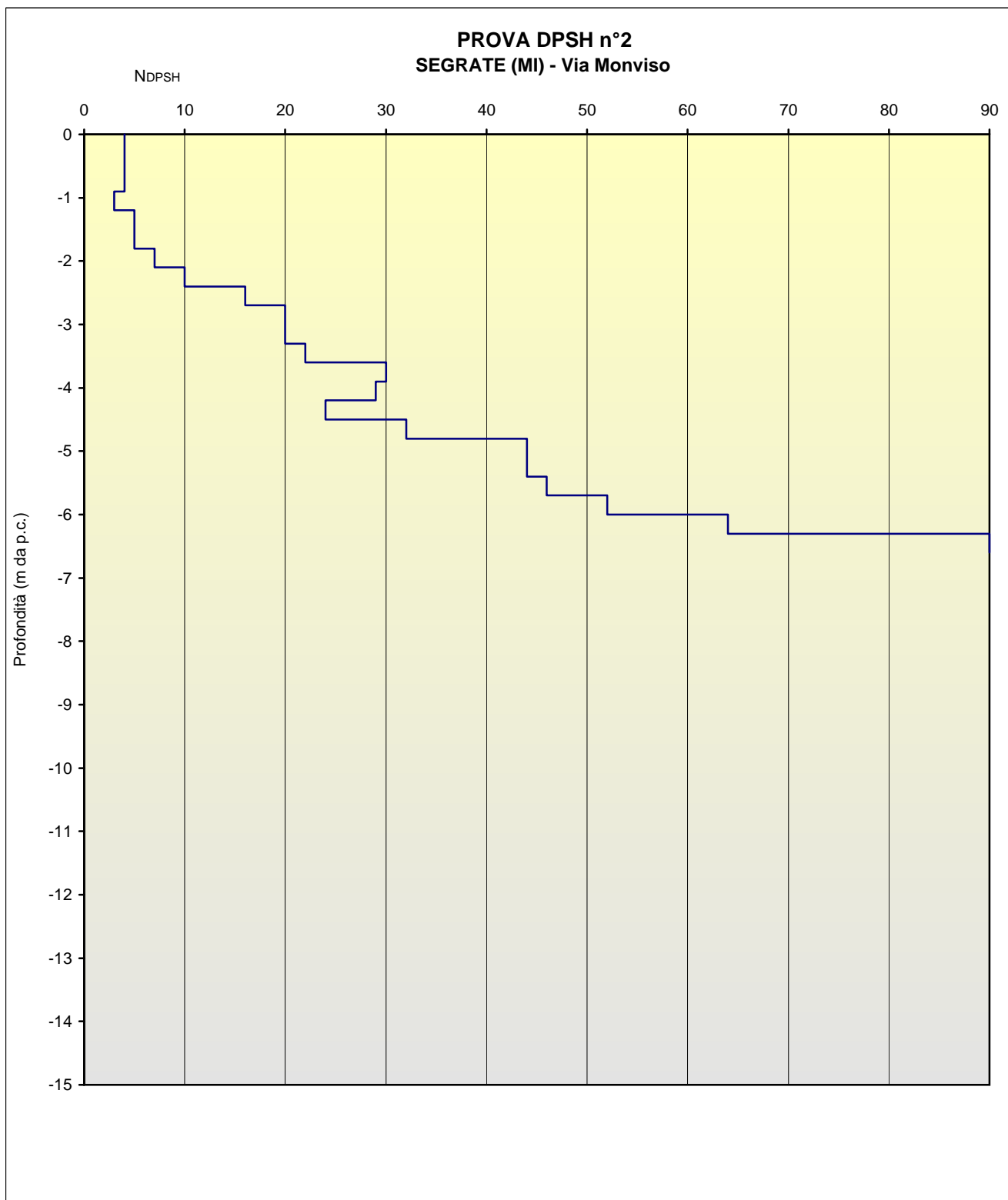
● P1-P4, Prove penetrometriche



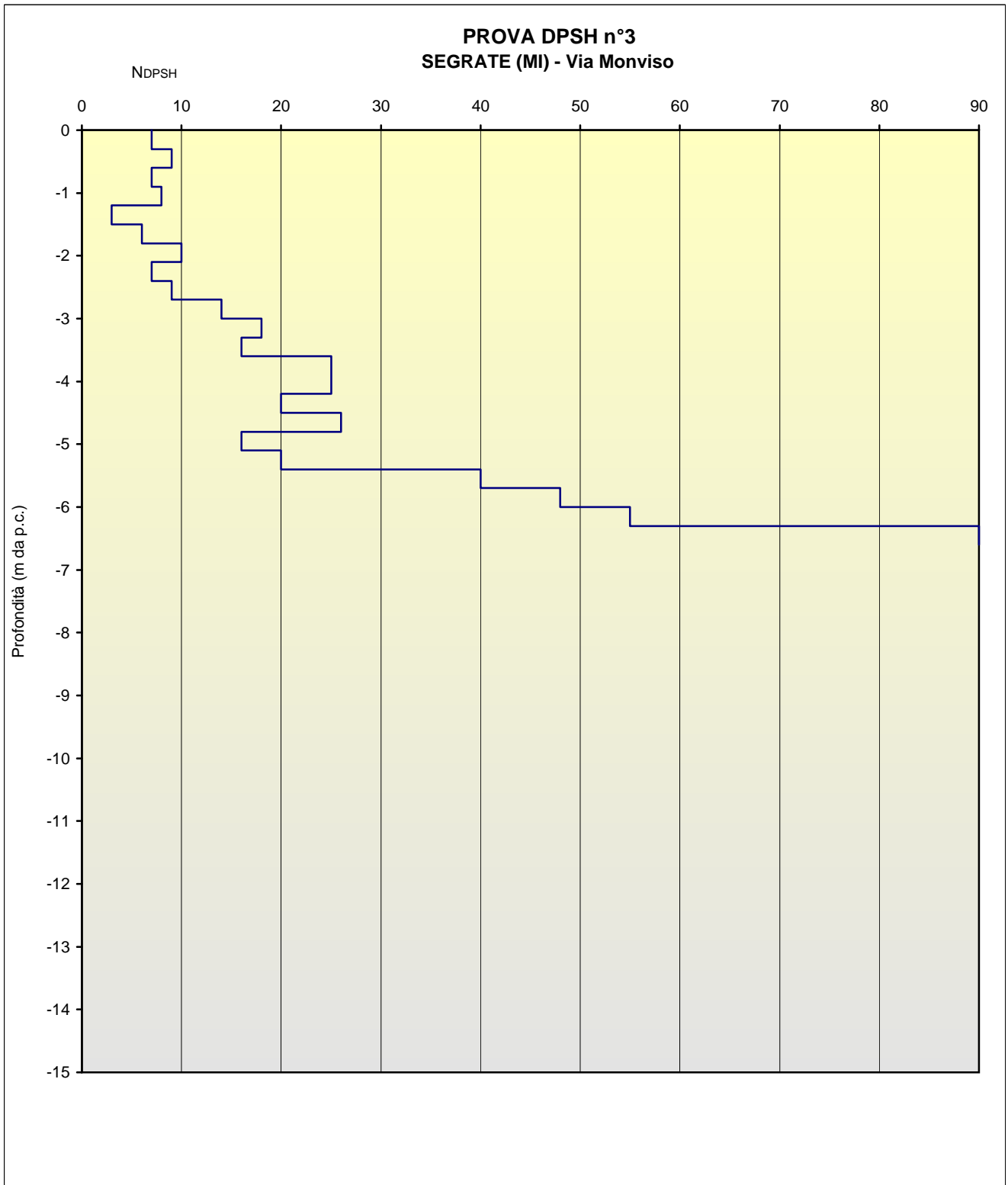




punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,  
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,  
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,  
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm

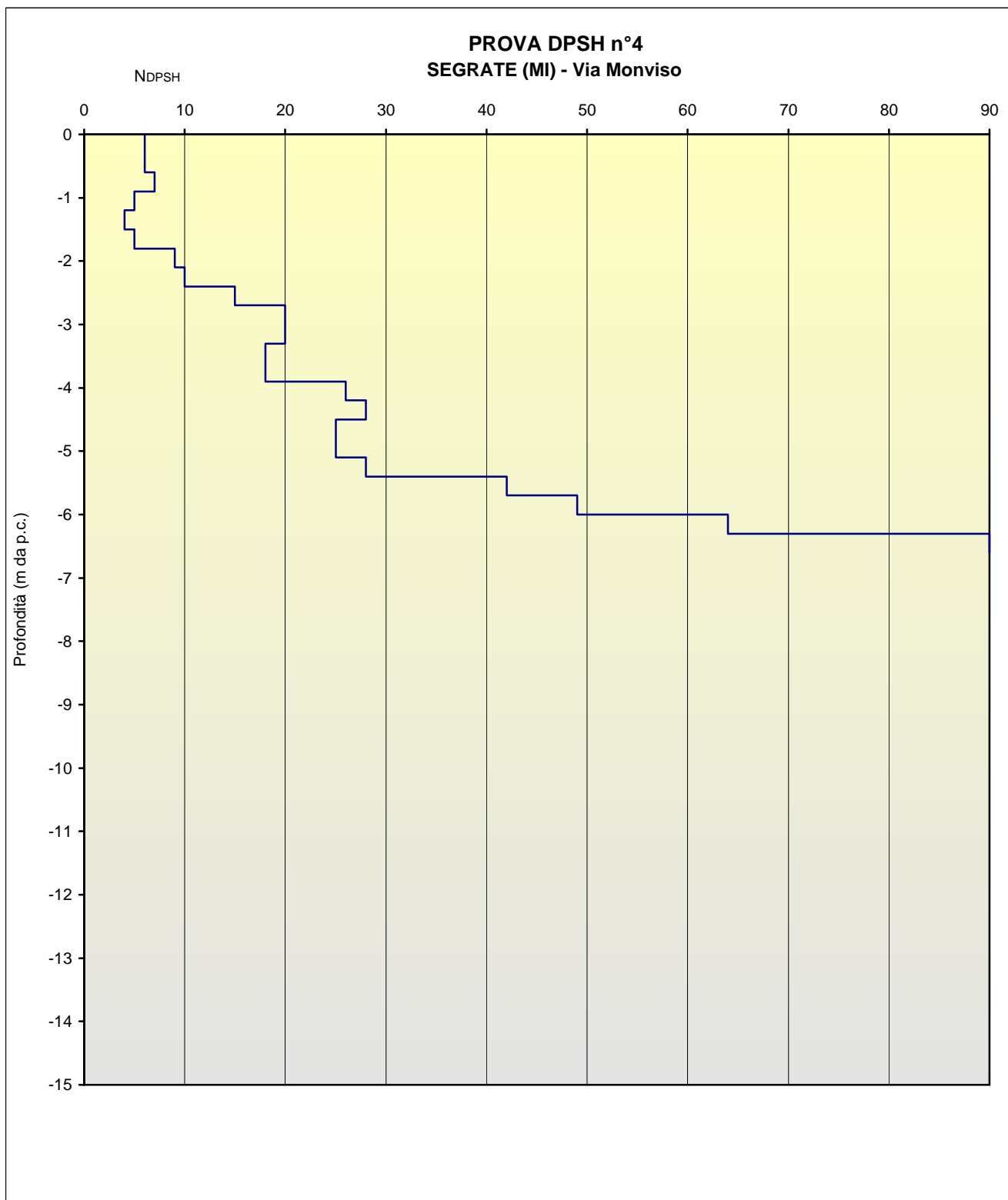


www.geosat.org

# GEOSAT

## GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA

Viale Assunta 16- 20063 Cernusco Sul Naviglio  
tel 0292590455 -fax 0292591619- geosat@geosat.org



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,  
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm