

*REGIONE*  
*LOMBARDIA*

Progetto ristrutturazione ed  
ampliamento capannone

*Novembre 2016*

*Provincia di*  
*MILANO*

Via Padana Est  
Magenta MI

*Committente*

RELAZIONE  
GEOLOGICA-GEOTECNICA

AMBRIA S.a.s.  
Via Cattaneo, 12  
CORBETTA MI

*Comune di*  
*MAGENTA*

**G4**

*Verifiche Ambientali*

Via Pusterla, 8 20013 - MAGENTA MI  
cell. 347 4672384  
e-mail: g4ambiente@gmail.com

Firmato digitalmente da  
**marco di donato**

O = Ordine dei Geologi della Lombardia 97109080156  
C = IT

Dott.Geol. MARCO DI DONATO

Iscritto all'Ordine dei Geologi della  
Lombardia col n.1473 AP sez.A

## SOMMARIO

- 1   PREMESSA
  
- 2   INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO
  
- 3   INDAGINI EFFETTUATE
  
- 4   MODELLO SOTTOSUOLO
  
- 5   VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO
  
- 6   RESISTENZA, CEDIMENTI E FATTIBILITA' GEOLOGICA
  - 6.1    Sulla Resistenza
  - 6.2    Sui Cedimenti
  - 6.3    Sulla Fattibilità Geologica
  
- 7   CONCLUSIONI

### ALLEGATI

- Tav.1    INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DELLA FATTIBILITA'
- Tav.2    INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO
- Tav.3    PIEZOMETRIA ed ESTRATTO STRATIGRAFIA POZZO "CAP 5"
- Tav.4    SEZIONE IDROGEOLOGICA
- Tav.5    STATO di FATTO e INDICAZIONI di PROGETTO con UBICAZIONE PROVE IN SITU
- Tav.6    GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE
- Tav.7    MODELLO GEOMECCANICO DI MASSIMA

ALLEGATO FOTOGRAFICO

## 1 PREMESSA

La presente è stata svolta in ottemperanza alle disposizioni di legge, ed in particolare,

- D.M. 11.03.88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, etc.”;
- Allegato A del D.d.u.o. 21 novembre 2003 n.19904;
- D.Lgs. 152/2006 “Testo Unico Ambientale”;
- Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gen 2008);
- L.R. 11 marzo 2005, n.12, modifiche ed integrazioni (L.R. 14 luglio 2006, n.12);
- D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 recante l'aggiornamento dei “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell'art. 57 della L.R. n. 11 marzo 2005 n. 12*”;
- Deliberazione Giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12*”, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374;
- D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica” (artt. 3, comma 1 e 13, comma 1 della l.r. 33/2015);
- Studio per la definizione della componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio di Magenta (MI);

su incarico dell'Ing.Salvatore Mattina con Studio a Corbetta, che per conto dell'AMBRIA S.a.s. con sede in Via Cattaneo n.12 a Corbetta, si è attivato per il progetto della parziale demolizione ed ampliamento di un capannone, presso Via Padana Est a Magenta (MI), identificabile nelle tavole allegate alla presente.

L'obiettivo di questo lavoro è l'individuazione dei parametri geomorfologici, geologici, idrogeologici, stratigrafici, geotecnici e sismici, indispensabili per la progettazione delle strutture.

E' stata perciò effettuata un'attenta analisi dei dati esistenti [anche mediante un sopralluogo-rilevamento, un'indagine geognostica con n.2 prove penetrometriche spinte sino alla profondità di circa 7,5m dal piano esecuzione prove, n.4 trincee esplorative e n.1 sondaggio meccanico] relativi alle matrici ambientali suolo, sottosuolo e falda alla luce degli standard vigenti.

Tutte le deduzioni e le stime qui contenute sono suscettibili di ulteriore definizione con l'acquisizione di nuove informazioni.

Il sottoscritto non fornisce alcuna garanzia, espressa o implicita in merito alla natura dei dati utilizzati nella preparazione di questo documento che possono essere soggetti ad imprecisione e incertezza, inclusi quelli basati su informazioni fornite da terzi ed in possesso del sottoscritto alla data di oggi.

## 2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

### *Inquadramento geomorfologico e geologico*

Il comune di Magenta collocato nella parte centro-occidentale della Provincia di Milano, fa parte geomorfologicamente della zona di transizione tra l'Alta e la Bassa Pianura Lombarda.

L'area interessata dal progetto ubicata nella porzione nord-orientale del territorio comunale è sub-pianeggiante, con una quota di circa 140 slmm.

Dal punto di vista geologico il sito in esame si trova sul "livello fondamentale della pianura" ("Diluvium recente") nel quale affiorano i depositi quaternari di ambiente continentale. Questi depositi di origine fluvio-glaciale sono il risultato delle avanzate e dei ritiri dei ghiacciai nel corso del Quaternario (vedi Figura 1).



Figura 1



Estratto Carta  
 Geologica d'Italia:  
 F. 44 Novara  
 (Scala 1:100.000)

Ubicazione area



### LEGENDA (formazione d'interesse)

- a<sup>1</sup> alluvioni fluvio-glaciali e fluviali ciottolose, non alterate, terrazzate, terreni grigio bruni.
- fg<sup>w</sup> alluvioni fluvio-glaciali ghiaioso-ciottolose fluviali, prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili) con debole strato di alterazione brunastro.

Litologicamente, almeno i primi 30m di profondità dal p.c., sono costituiti da sedimenti poligenici, in miscele mal classate costituite prevalentemente da **limi, sabbie, ghiaie e ciottoli**. Sono in generale terreni granulari da poco a ben addensati, con caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare con la profondità: talora localmente possono risultare presenti livelli con scadenti proprietà geotecniche. Quando non è rimaneggiato, lo strato d'alterazione superficiale è rossiccio, con spessore inferiore al metro.

#### *Inquadramento idrogeologico*

Il territorio comunale è attraversato da una fitta rete di canali irrigui, rappresentata da diversi rami Derivatori Secondari del Villoresi, che scorrono relativamente lontano dal confine dell'area.

Gli studi già eseguiti escludono nell'area la possibilità di esondazioni o allagamenti a seguito di eventi meteorici eccezionali.

Secondo alcune definizioni (M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, 1995) la struttura idrogeologica nell'alta pianura lombarda è costituita dal sovrapporsi di cinque unità idrogeologiche:

- 1 – Unità ghiaioso-sabbiosa
- 2 – Unità sabbioso-ghiaiosa
- 3 – Unità a conglomerati e arenarie basali
- 4 – Unità sabbioso-argillosa
- 5 – Unità argillosa.

Le prime tre unità (definite nel loro complesso anche come litozone 'A' o 'ghiaioso- sabbiosa') sono costituite da depositi di tipo continentale e sono presenti tra 50 - 120 m di profondità dal p.c..

Al di sotto di questa quota fino a circa 150 - 200 m dal p.c. si trovano depositi di ambiente di transizione appartenenti all'Unità sabbioso - argillosa (definite anche come litozone 'B' o 'sabbioso-argillosa'). Tale unità si caratterizza per l'alternanza di strati sabbiosi e argillosi con una netta prevalenza di questi ultimi, di spessore ed estensione variabili in direzione Ovest-Est e generalmente crescenti in direzione Sud.

Seguono infine i depositi di ambiente marino dell'Unità argillosa (corrispondente alla precedente Litozona argillosa), caratterizzata dall'assoluta dominanza delle argille rispetto alle sabbie.

#### *Caratteri idrogeologici locali*

Nel Comune di Magenta la prima unità idrogeologica si attesta fra 50 e 100 m s.l.m. e l'acquifero tradizionale, corrispondente all'unità ghiaioso-sabbiosa, all'unità sabbioso-ghiaiosa e all'unità a conglomerati ed arenarie, ha il proprio limite basale ad una quota fra i 0 ed i 100 m s.l.m., mentre l'acquifero profondo, corrispondente all'unità sabbioso-argillosa, ha il proprio limite basale fra -50 e 0 m s.l.m. (ENI Divisione Agip, 2002).

Nella sezione idrogeologica (vedi Tav.4) la profondità della base delle prime tre unità idrogeologiche citate è a circa 90-100 m dal p.c..

L'alimentazione delle falde superficiali avviene in gran parte attraverso le alluvioni del livello fondamentale della pianura che bordano gli alvei attuali e antichi dei corsi d'acqua; l'areale di ricarica delle falde più profonde è ancora più ampio e si spinge all'interno degli apparati morenici lariani interessando le litozone permeabili presenti fino alla bordura prealpina.

Gli studi già eseguiti escludono nell'area la possibilità di esondazioni o allagamenti a seguito di eventi meteorici eccezionali.

#### *Dinamica della falda acquifera principale*

Considerata la dinamica delle oscillazioni della prima falda acquifera negli ultimi 20 anni, rilevabile nel sistema informativo ambientale della città metropolitana di Milano (ovvero Provincia di Milano), il livello dell'acqua sotterranea ha un'escursione (dal suo valore minimo al suo massimo) relativamente elevata, che tradotta nel nostro sito risulta pari a circa  $4\text{m} \pm 2\text{m}$  dalla quota del piano campagna (Tav. 2 e 3).

Analizzando le sequenze temporali dei livelli della falda acquifera di alcuni pozzi vicini risulta che i periodi di magra della falda possono essere più probabili nel seguente intervallo di tempo: dicembre-gennaio-febbraio-marzo. Il livello minimo e massimo distano dal medio (presunto a 4m circa) più spesso solo 1m, ma a favore della sicurezza si è preferito mantenere un'escursione freaticometrica annuale ampia, da circa 2m a 6m, piuttosto che da 3m a 5m circa.

Una maggiore superficialità dell'acqua sotterranea si manifesta non solo in occasione di eventi climatici con precipitazioni frequenti o di ricariche della falda causate dagli artificiali contributi dell'irrigazione locale o dei canali derivatori, ma anche per risalite capillari.

D'altra parte le indagini idrogeologiche condotte per il PGT sottolineano che nell'area oggetto d'intervento i valori di soggiacenza della falda freatica giacciono indicativamente attorno a 5 metri (Tav. 2).

In ogni caso il verso e la direzione prevalente del flusso è da Nord a Sud con un gradiente pari a circa il 2‰.

#### *Vulnerabilità acquifero*

Dal punto di vista della vulnerabilità dell'acquifero, essendo il sottosuolo permeabile sono state effettuate adeguate indagini a livello comunale per classificare tale aspetto.

La permeabilità e vulnerabilità degli acquiferi in tali depositi alluvionali risulta pertanto da media ad elevata (m-V3).

La porosità dei depositi favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche in profondità e rende assente lo scorrimento naturale superficiale. Le precipitazioni medie annuali sono di circa 1000mm/anno. Le distribuzioni pluviometriche, riferite alla stazione di Abbiategrasso, negli ultimi anni indicano un massimo in autunno (circa 100mm in novembre) ed un minimo in inverno (circa 60mm in febbraio).

### 3 INDAGINI EFFETTUATE

Le prove penetrometriche eseguite (spinte sino a circa 7,5m di profondità dal piano campagna assieme ad altre già effettuate nelle vicinanze, profonde circa 12m dal piano campagna) hanno permesso di ricavare con maggior dettaglio la stratigrafia locale (vedi Tavola 6). I parametri geotecnici necessari sono stati ricavati attraverso l'interpretazione dei dati desunti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite all'uopo.

Per le prove è stato utilizzato un penetrometro superpesante Pagani modello Emilia – TG 63-100 (100kN), le cui caratteristiche sono rigorosamente conformi alla normativa geotecnica vigente.

In sintesi i dati tecnici sono i seguenti:

massa battente	73 kg	altezza caduta libera	75 cm	diametro punta conica	50,5 mm
area base punta conica	20 cm <sup>2</sup>	lunghezza aste	1 m	peso aste/metro	8 kg
avanzamento punta	30 cm				

Il numero di colpi misurato (N) per infiggere la punta viene conteggiato ogni 30cm:

- per  $N \leq 10$ , il numero va moltiplicato per 1,8 per ottenere il valore del numero  $N_{SPT}$ ;
- per  $N > 10$ , il numero va moltiplicato per 1,3 per ottenere il valore del numero  $N_{SPT}$ .

Lo stato di addensamento è stato interpretato direttamente dalla misura dei colpi di infissione, mentre la natura dei terreni è stata dedotta sia dai residui lasciati sulle aste in fase di recupero delle stesse, che dalla conoscenza del pattern geologico locale, abbinata alle correlazioni di letteratura fra  $N_{SPT}$  ed i parametri geotecnici del terreno attraversato dalla punta del penetrometro.

Attraverso il numero di colpi ovvero  $N_{SPT}$ , con consolidate formule di trasformazione sono stati ricavati i parametri geotecnici presenti nell'allegato **modello geomeccanico di massima**.

Le prove penetrometriche, manifestando una certa isotropia, evidenziano livelli decisamente poco addensati in particolare nell'intervallo di quota 1,5÷3,6m lungo la verticale della SCPT1, e ancor meno addensati nell'intervallo di quota 1,5÷4,5m lungo la verticale della SCPT2.

Anche attorno a 11m dal p.c. si registra un decremento del  $N_{SPT}$  e quindi delle proprietà geomeccaniche di un livello spesso meno di 1m.

Ulteriormente alle prove penetrometriche eseguite, per migliorare il dettaglio della conoscenza del sottosuolo, sono stati effettuati n.1 sondaggio meccanico e n.4 trincee esplorative profondi circa 3m dal piano campagna.

I sedimenti riscontrati hanno una distribuzione stratigrafica alquanto omogenea sia sul piano orizzontale che su quello verticale: fino a circa 2m di profondità il sottosuolo piuttosto addensato è prevalentemente sabbioso e ghiaioso; oltre, e fino a circa 3m di profondità, l'addensamento si riduce nei sedimenti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi.

## 4 MODELLO SOTTOSUOLO

Legenda dei parametri geotecnici seguenti:

$\gamma$	peso di volume del terreno naturale	<b>Cu</b>	coesione non drenata
$\gamma'$	peso di volume del terreno immerso = $\gamma_{\text{saturo}} - 1$	<b>Dr</b>	densità relativa
$\phi^\circ$	angolo d'attrito	<b>E</b>	modulo di Young

L'analisi dei diagrammi del numero di colpi registrati in funzione della profondità illustra una successione stratigrafica composta da una litozona in prevalenza ghiaiosa-sabbiosa, con locali alternanze ove la matrice limosa può prevalere, suddivisibile in cinque unità geotecniche principali descritte nella seguente Tabella 1.

Unità geotecnica	Profondità strato (metri dal piano campagna)		Descrizione Unità Geotecniche	Addensamento (addensato=add.)
	testa	base		
1	p.c.	1,8÷2,1	ghiaie e sabbie in prevalenza	mediamente addensato
2	1,8÷2,1	2,1÷3,6	alternanze discontinue di sabbie limose con sabbie ghiaiose in prevalenza	da mediam.te add. a poco addensato
3	2,1÷3,6	3,6÷4,5	ghiaie e sabbie in prevalenza	mediamente addensato
4	3,6÷4,5	8,7÷8,4	ghiaie e sabbie in prevalenza	addensato
5	8,7÷8,4	10,5	ghiaie e sabbie in prevalenza	mediamente addensato

Tabella 1 Descrizione delle Unità Geotecniche individuate

Sulla base dei valori di  $N_{\text{SPT}}$ , (assunti a favore della sicurezza) con appropriate formule di trasformazione, sono stati ricavati i parametri geotecnici presenti nell'allegata Tavola n.7: alcuni sono stati opportunamente individuati nel *modello sintetico dei parametri* del sottosuolo rappresentato in tabella 2.

Unità Geotecnica	$N_{\text{SPT}}$	$V_s$	$\Phi^\circ$	$E$	$\gamma$	$Dr$	$Cu$	Addensamento (AGI '77)
	assunto	m/s	assunto	Kg/cm <sup>q</sup>	t/mc	%	Kg/cm <sup>q</sup>	
1	12	212	31°	144	1,85	60	0	mediamente addensato
2	7	179	29°	84	1,7	35	0	da mediam.te add. a poco addensato
3	13	217	31°	114	1,8	60	0	mediamente addensato
4	16	232	33°	192	1,85	70	0	addensato
5	13	217	31°	114	1,8	60	0	mediamente addensato

Tabella 2 Modello sintetico parametri caratteristici Unità Geotecniche



Prima unità geotecnica: costituita fino a circa 1,8÷2,1m di profondità dal p.c. da ghiaia e sabbia in prevalenza: il terreno agricolo (humifero), ha uno spessore di circa 30-60cm;

Seconda unità geotecnica: da circa 1,8÷2,1m sino a circa 2,1÷3,6m di profondità dal p.c.. I sedimenti in prevalenza rappresentati da alternanze discontinue di sabbie limose con sabbie ghiaiose, risultano da poco a mediamente addensati.

Terza unità geotecnica: questi sedimenti sono mediamente addensati almeno da circa 2,1÷3,6m fino a circa 3,6÷4,5m di profondità dal p.c.. Lo spessore è rappresentato da ghiaie e sabbie in prevalenza.

Quarta unità geotecnica: da 3,6÷4,5m a 8,7÷8,4m circa segnaliamo un incremento delle proprietà geotecniche. I sedimenti addensati sono litologicamente simili a quelli della sovrastante Unità Geotecnica n.3.

Quinta unità geotecnica: da 8,7÷8,4m a 10,5m circa segnaliamo un leggero decremento delle proprietà geotecniche. I sedimenti mediamente addensati sono litologicamente simili a quelli della sovrastante Unità Geotecnica n.4.

## 5 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

L'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", riporta all'interno dell'Allegato I la classificazione sismica dei comuni italiani.

Le diverse zone sono state individuate secondo l'analisi dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Sono state pertanto individuate 4 zone sismiche il cui livello di pericolosità decresce progressivamente a partire dalla classe 1. Ai sensi di tale documento, il Comune di Magenta secondo la normativa nazionale viene collocato all'interno della Zona Sismica **4**, secondo quella regionale nella **Z4a** (zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali) classe di pericolosità sismica **H2**.

In base all'indagine svolta, in ottemperanza al paragrafo 3.2.2 del D.M.14/01/08, il sottosuolo appartiene alla categoria **C**: *depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate* con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa). In base al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M.14/01/08, la verifica a liquefazione può essere omessa poiché gli eventi sismici attesi hanno magnitudo  $M$  inferiore a 5, e comunque, vista la granulometria prevalentemente grossolana dei depositi associata ad una distribuzione estesa delle dimensioni granulometriche (sedimento mal classato), si escludono problemi relativi alla liquefazione in caso di eventi sismici anche di magnitudo superiore.

## 6 RESISTENZA, CEDIMENTI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

### 6.1 Sulla Resistenza

Le verifiche SLU di tipo geotecnico per fondazioni superficiali riguardano il collasso per carico limite nei terreni di fondazione e per scorrimento sul piano di posa; per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU considerato, deve esser soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$Ed \leq Rd \quad [1]$$

dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o effetto dell'azione

Rd = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Tale verifica è effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le **azioni (A1 e A2)**, per i **parametri geotecnici (M1 e M2)** e per le **resistenze (R1, R2 e R3)**. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima e generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto col terreno, mentre la seconda combinazione lo è generalmente nel dimensionamento geotecnico.

Combinazione 1: (A1 + M1 + R1) [2]

Combinazione 2: (A2 + M2 + R2) [3]

Nel secondo approccio progettuale è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche.

Combinazione 1: (A1 + M1 + R3)

Considerando il sottosuolo lungo tutta l'area di progetto, delle fondazioni superficiali sono fattibili senza particolari problemi se i carichi inviati al terreno sono modesti, ovvero i bulbi di pressione si chiudono per circa il 90% del carico trasmesso, sopra circa 2m di profondità dal p.c. (vedi Tav.7): quindi fondazioni superficiali "strette" (larghezza  $\leq 0.6$ m, profondità  $\leq 0.7$ m dal p.c. e carico massimo  $\leq 1$  kg/cm<sup>3</sup>).

Ma vista la stabile presenza dell'esistente capannone (con classiche fondazioni a plinto) e una certa omogeneità nella distribuzione spaziale dello spessore (compreso fra circa 2 e 3,6m di profondità dal p.c.) possiamo ragionevolmente ipotizzare l'esecuzione di fondazioni a plinto con carichi adeguati.

I calcoli che seguono sono basati sull'ipotesi di realizzare fondazioni superficiali del tipo a plinto isolato appoggiate alla profondità di almeno 3,0m dal piano della pavimentazione del cortile esistente (piazzale esistente): in ogni caso ricordo che all'aumentare della profondità del piano di posa delle fondazioni cresce anche la resistenza del terreno.

Le valutazioni preliminari che seguono sono state eseguite a lungo termine, carico assiale verticale, momento nullo, formula di Terzaghi-Peck-Meyerhof, considerando a favore della sicurezza, i parametri geotecnici dell'unità geotecnica n.2.

Nelle verifiche sulla portanza del terreno sono state adottate le combinazioni suddette [2] e [3].

Il calcolo è stato condotto allo stato limite ultimo secondo quanto disposto nel D.M.14.01.08. In base a tale norma, i parametri geotecnici vengono corretti applicando i coefficienti parziali relativi.

	<b>Coefficiente parziale</b> Colonna M2 tabella 6.2.II	<b>Parametri geotecnici corretti</b>
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'} = 1,25$	23°
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\gamma} = 1,00$	1,70
	<b>Coefficiente parziale</b> Colonna M1 tabella 6.2.II	
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'} = 1,00$	29°
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\gamma} = 1,00$	1,70

**Tabella 3** Correzione parametri geotecnici mediante coefficienti

La verifica è svolta attraverso le due seguenti combinazioni dell'approccio tipo 1:

- Combinazione 1: M1=1,0 R1=1,0
- Combinazione 2: M2=1,25 R2=1,8

I calcoli della resistenza del terreno, secondo la formula sopra citata, con le dimensioni geometriche fondazionali ed i parametri geotecnici relativi, sintetizzati nella seguente Tabella 4, forniscono i valori del secondo membro della disequazione [1].

**Calcolo resistenza del terreno (IN CONDIZIONI DRENATE)**

$$\text{Resistenza limite} = [ c' N_c (1 + 0.2 B/L) + q' (N_q - 1) + \frac{1}{2} \gamma e' B (1 - 0.2 B/L) N_{\gamma} ]$$

$N_c, N_q, N_{\gamma}$  = fattori di capac. portante, funzioni di  $\varphi'$  (angolo attrito efficace)  $c'$  = coesione efficace B, L = dimens. fondaz.

$q'$  = press. vert. efficace preesist. sul piano fondazione (corrisp. a profondità H)

$\gamma e'$  = peso di volume equivalente efficace (tiene conto - Meyerhof - della falda entro uno spessore 1.5 B sotto la fondazione).

B	L	D	H <sub>2</sub> O	$\varphi^{\circ}$	$\gamma$	R <sub>lim</sub>	Combinazione	R <sub>d</sub>	k <sub>w</sub> (BOWLES)
larghezza	lunghezza	profondità	prof. falda	ang. attrito	densità terr.	resistenza limite		resistenza terreno	coeff. Winkler
m	m	m	m		t/m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>
2,5	2,5	3,0	2,0	29°	1,70	8,12	1	8,12	3,31
3,0	3,0	3,0	2,0	29°	1,70	8,38	1	8,38	3,42
2,5	2,5	3,5	2,0	29°	1,70	8,89	1	8,89	3,63
3,0	3,0	3,5	2,0	29°	1,70	9,16	1	9,16	3,74
2,5	2,5	3,0	2,0	23°	1,70	3,85	2	2,14	1,57
3,0	3,0	3,0	2,0	23°	1,70	3,95	2	2,19	1,61
2,5	2,5	3,5	2,0	23°	1,70	4,24	2	2,35	1,73
3,0	3,0	3,5	2,0	23°	1,70	4,33	2	2,41	1,77

**Tabella 4** Prospetto resistenza del terreno in funzione dei parametri dell'unità geotecnica n.2, nell'ipotesi di fondazioni a plinto.

Per il calcolo del modulo di reazione si è optato per la seguente formula (Fondazioni: progetto ed analisi, Bowles, pag.438):

$$K_s = (40 * \text{Resistenza Limite})/98 \quad [\text{kg/cm}^3]$$

I parametri utilizzati nei calcoli, assunti in massima sicurezza, determinano valori di resistenza del terreno nell'intervallo compreso fra 2,14 kg/cm<sup>2</sup> e 2,41 kg/cm<sup>2</sup>: vista la variabilità degli spessori poco addensati, nei calcoli relativi alle strutture fondazionali è consigliabile impiegare valori di resistenza del terreno inferiori a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>.

## 6.2 Sui Cedimenti

Visto lo scarso addensamento dello spessore fra circa 2 e 3,6m di profondità dal p.c. è necessario posare i plinti ad almeno circa 3,6m di profondità dal p.c.. In questo caso, con le dimensioni suggerite, il calcolo ed il problema dei cedimenti immediati, a lungo termine e differenziali è trascurabile.

E' assolutamente sconsigliata la posa dei plinti a profondità inferiori a 3,6m dal piano campagna, in quanto i cedimenti prevedibili sarebbero rilevanti (oltre 10cm quelli a lungo termine, con distorsioni angolari non desiderate). Per posare i plinti a quote inferiori (più superficiali) a 3,6m dal p.c. occorre bonificare il terreno sottofondazionale almeno fino alla quota di circa 3,6m dal p.c., per esempio con le modalità descritte nel paragrafo di seguito.

## 6.3 Sulla Fattibilità Geologica

Il territorio comunale di Magenta, in base alle Azioni di Piano, è suddiviso in Zone di Fattibilità Geologica.

L'intervento in progetto appartiene ad un'area che ricade nella classe di fattibilità **2** (Tav.1): *aree con discrete caratteristiche geotecniche ma con limitata soggiacenza della falda freatica.*

Le strutture fondazionali, dovranno essere isolate con adeguate guaine, anche per neutralizzare eventuali interferenze con l'acqua sotterranea (falda) che si può attestare, con le risalite capillari, anche attorno 1m dal piano campagna.

L'intervento in progetto risulta modestamente limitato alla modifica della destinazione d'uso dei terreni, legata fondamentalmente alla presenza nei primi metri di sottosuolo degli orizzonti cui sopra e dei bassi valori di soggiacenza della falda freatica.

Le verifiche ed i calcoli svolti portano alla conclusione che sono fattibili:

- a) senza particolari attività di consolidamento, **le fondazioni superficiali tipo a trave rovescia** con carichi modesti, ovvero con i bulbi di pressione che si chiudono per circa il 90% del carico trasmesso, sopra circa 2m di profondità dal p.c. (vedi Tav.7): quindi fondazioni superficiali "strette" (larghezza  $\leq 0.6\text{m}$ , profondità  $\leq 0.8\text{m}$  dal p.c. e carico massimo  $\leq 1 \text{ kg/cm}^2$ );

- b) con adeguate tecniche di consolidamento o bonifica(\*) del sottosuolo, ma senza l'utilizzo di pali, le fondazioni a plinto isolato, di dimensioni **B = 2.5m** ed **L = 2.5m**, con pressioni massime nel sottosuolo inferiori a **2,0kg/cm<sup>2</sup>** o **miglior** (di dimensioni **B = 3.0m** ed **L = 3.0m**) con pressioni massime nel sottosuolo inferiori o uguali a **1,5kg/cm<sup>2</sup>** **posate ad almeno 3.0m di profondità** dal piano d'esecuzione delle prove penetrometriche;
- c) senza adeguate tecniche di consolidamento o bonifica(\*) del sottosuolo, le fondazioni a plinto isolato con pressioni massime nel sottosuolo inferiori a **2,0kg/cm<sup>2</sup>** **posate ad almeno 3,5m di profondità** dal piano d'esecuzione delle prove penetrometriche (piano asfalto cortile);
- d) (\*) Nel caso b), si consiglia di provvedere alla bonifica (rimozione con pala meccanica e sostituzione) dello spessore di terreno sotto la quota d'imposta (fino a circa 3,6m dal p.c.) della fondazione, mediante per esempio una o entrambe le soluzioni proposte:
- I. magrone : riportare a quota il piano con magrone (calcestruzzo magro) partendo da circa 3,6m di profondità dal p.c.;
  - II. riporto di terreno a pezzatura grossolana (ghiaia, sabbia e ciottoli) steso e rullato o costipato per strati di 30cm ben costipati con compattatore meccanico di adeguato peso.

Al fine di ridurre significativamente i cedimenti a costruzione finita, si consiglia comunque di compattare il piano di posa con compattatore meccanico di adeguato peso.

Si sottolinea che anche durante la fase di cantiere dovranno essere adottate tutte le precauzioni e accorgimenti, segnalati dal legislatore statale e regionale, atti ad evitare la dispersione di sostanze inquinanti nel sottosuolo.

Data la vicinanza dei costruendi plinti con le strutture adiacenti e la profondità degli scavi necessari, occorrerà cautela nella loro esecuzione per limitare dissesti e cedimenti sia del sottosuolo che del capannone o strutture esistenti. Pertanto durante la fase di cantiere sono consigliati adeguati sistemi di controllo e consolidamento dell'insieme opera/terreno lungo il lato adiacente all'esistente capannone.

Si raccomanda inoltre, particolare attenzione ai fini della sicurezza (Dlgs.81 e succ. mod. ed integr.) negli scavi ( $h > 2-3m$ ), per evitare danni a persone o cose e/o cedimenti ad eventuali strutture adiacenti.

Date le mediocri caratteristiche geotecniche dei terreni, è comunque consigliabile realizzare dei giunti tecnici laddove possibile, per neutralizzare in parte eventuali indesiderate distorsioni angolari.

Le previsioni progettuali, compatibili con le condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area, sono state valutate secondo il grado di approfondimento richiesto dalla classe di fattibilità geologica di appartenenza.

## **7 CONCLUSIONI**

- a) L'ambito dell'intervento è ubicato a circa 140m slmm in una zona subpianeggiante adiacente Via Padana Est a Magenta (MI). Nella zona risultano assenti dissesti idrogeologici (naturali) in atto o potenziali che possano interferire con le opere in progetto.
- b) Nell'area indagata, l'escursione indicativa del livello dell'acqua sotterranea è di circa 4m, ovvero:  
livello acqua sotterranea = circa 4m dal p.c.  $\pm$  2m . Si tenga comunque presente che possono esserci fenomeni di risalita capillare locali o eventi meteorologici tali da far innalzare il citato livello sino a circa 1m.
- c) In ottemperanza al paragrafo 3.2.2 del D.M.14/01/08, il sottosuolo appartiene alla categoria **C**. La normativa nazionale colloca il Comune di Magenta nella Zona Sismica **4**, mentre quella regionale nella **Z4a** (zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali) classe di pericolosità sismica **H2**. Come argomentato nel paragrafo relativo, si escludono problemi per quanto riguarda la liquefazione.
- d) Si raccomanda di ottemperare alle indicazioni descritte nella presente relazione, ma anche e soprattutto nel paragrafo 6 di quest'ultima, in particolare per ciò che concerne la neutralizzazione delle interferenze con l'acqua sotterranea, l'impermeabilizzazione delle costruende strutture, i cedimenti ed i consigli sul tipo e sulle modalità d'esecuzione delle fondazioni ed infine sulla realizzazione di giunti tecnici.

Novembre 2016

Firmato digitalmente da  
**marco di donato**

O = Ordine dei Geologi della Lombardia 97109080156  
C = IT

Dott. Geol. Marco DI DONATO

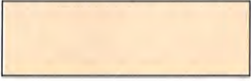
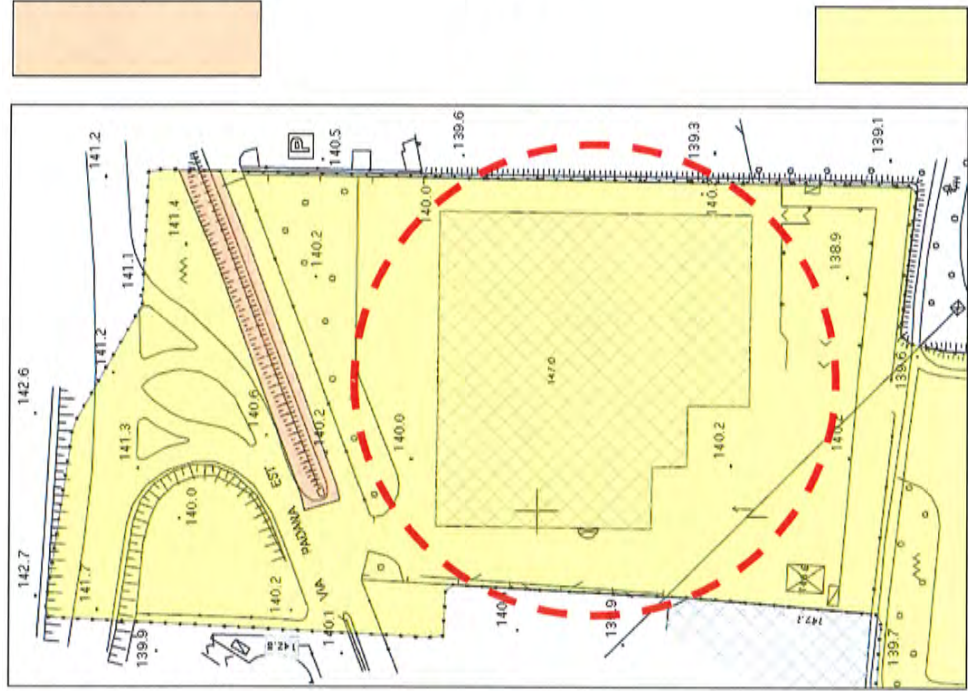
Iscritto all'Ordine dei Geologi della  
Lombardia col n.1473 AP sez.A

# INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA

Estratto PGT

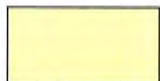


Area oggetto dell'intervento




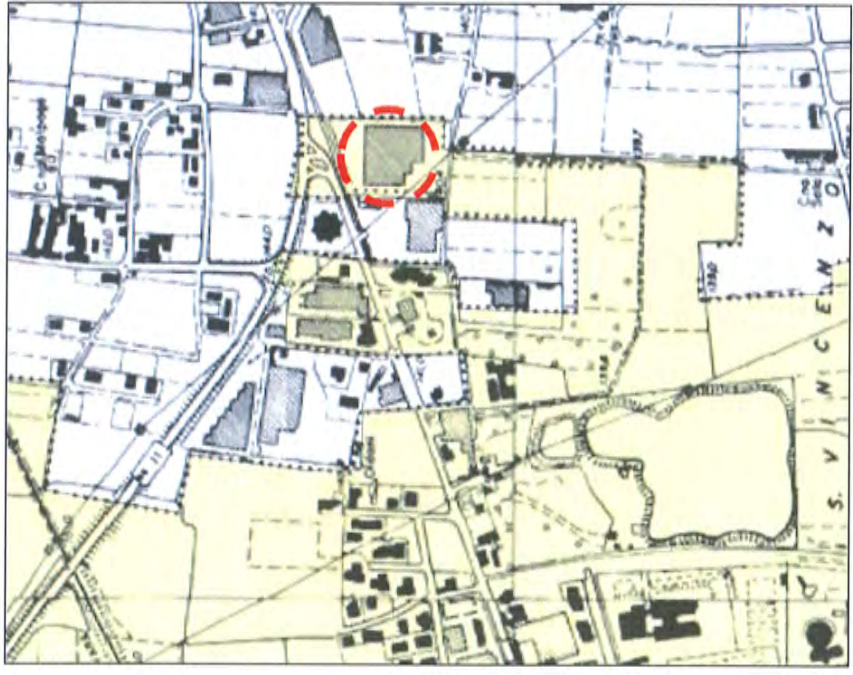
**Classe 4a - Fattibilità con gravi limitazioni**  
 Aree con elevato rischio idrologico. Rientrano in questa classe le aree perimetrate dall'Autorità di bacino del Fiume Po come fascia di deflusso (Fascia A), fascia d'erosione (Fascia B) e aree d'inondazione per piena catastrofica (Fascia C), e le fasce di pertinenza di tutte le acque pubbliche (non riprodotte graficamente).  
 Per queste ultime si rimanda alla lettura della documentazione allegata alla definizione del Reticolo Idrico Minore.  
 In queste aree è preclusa qualsiasi attività, se non opere tese alla salvaguardia idrogeologica per la tutela dei siti.  
 Ambito classificato come zona sismica Z4a

**Zona Z4a - Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali ero fluvio-glaciali**  
 Probabili effetti: amplificazioni litologiche e geometriche  
 Classe di pericolosità sismica attribuita: H2  
 Livello di approfondimento richiesto: 2\*



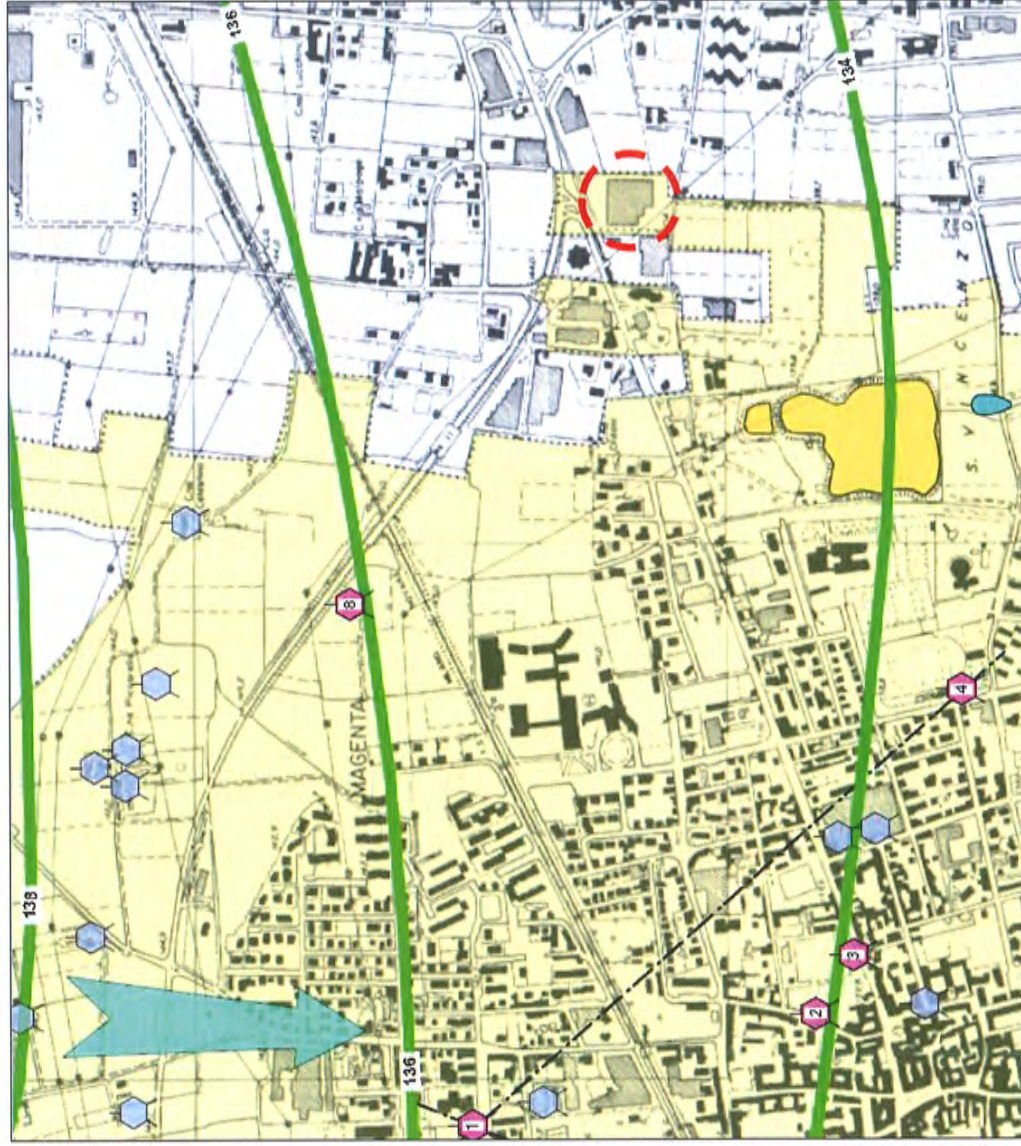
**Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**  
 Aree con discrete caratteristiche geotecniche ma con limitata soggiacenza della falda.  
 L'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza delle condizioni idrogeologiche e delle misure di protezione da adottare.  
 Ambito classificato come zona sismica Z4a

 Depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi in facies fluviale (Pleistocene superiore)



## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Estratto PGT



### PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

Depositi ghiaioso sabbiosi e ciottolosi di barra e di canale fluviale  
Permeabilità (p) e vulnerabilità (v4) degli acquiferi elevata

Depositi ghiaiosi e sabbioso-limosi di piana alluvionale e di barra fluviale  
Permeabilità elevata (p) e vulnerabilità degli acquiferi (v3) variabile da media ad elevata

Depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi in facies alluvionale  
Permeabilità (m) e vulnerabilità degli acquiferi (v3) variabile da media ad elevata

### ALTRI ELEMENTI IDROGEOLOGICI

Pozzo pubblico per uso idropotabile

Pozzo privato per usi diversi

Isoplezometria elaborata sulla base delle readimetrie riferite al 2013 (settembre)

Principale direzione di deflusso della falda

Tracce delle sezioni idrogeologiche

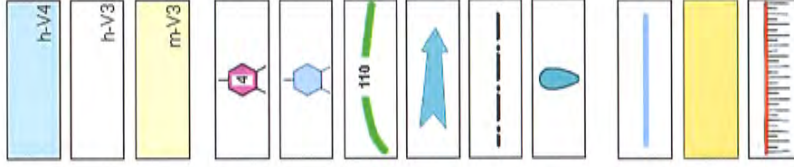
Risorgiva freatica, fontanille

### ELEMENTI IDROLOGICI

Corso d'acqua a regime perenne e/o stagionale

Falda affiorante

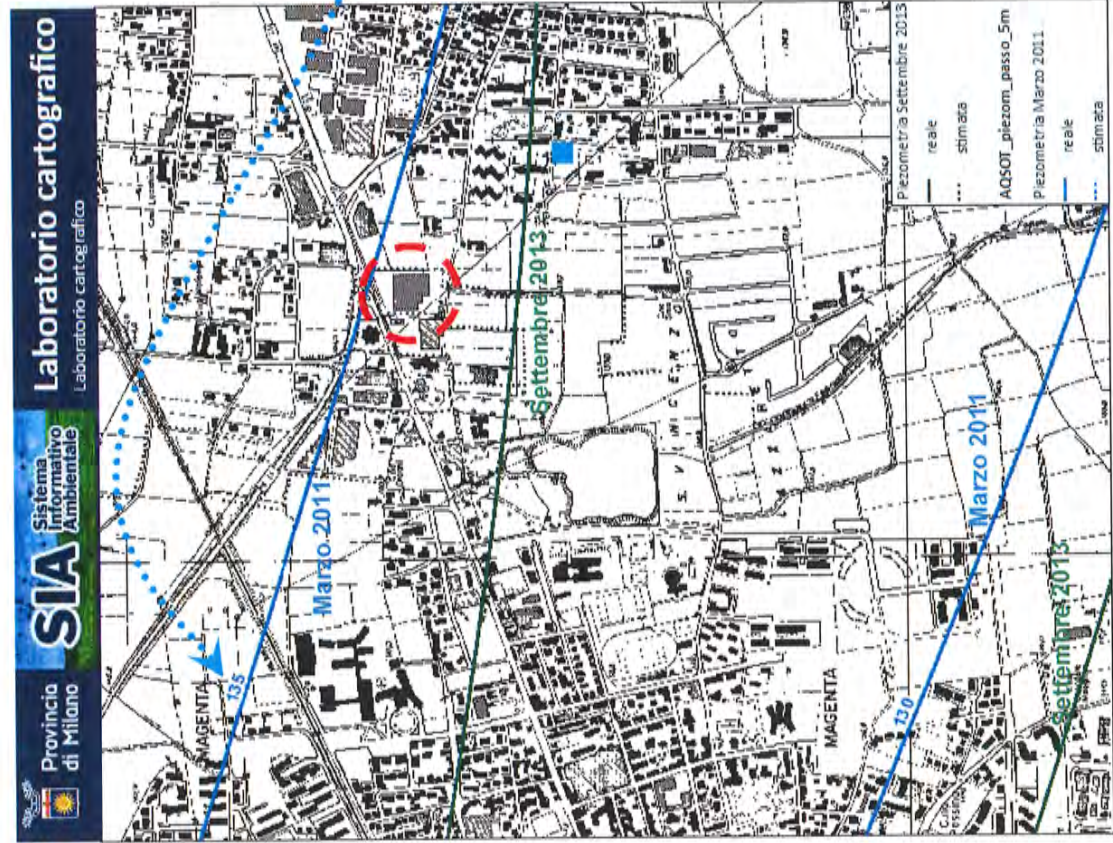
Limite massimo di divagazione del Fiume Ticino (ERSAL - 1999)





## PIEZOMETRIA ed ESTRATTO STRATIGRAFIA POZZO CAP 5 "Lamarmora" (■)

Amministrazioni Competenti – modificato e ridisegnato



Area oggetto dell'intervento

Quota livello medio dell'acqua sotterranea

m 135 slmm

Quota livello medio del piano campagna del sito investigato

m 140 slmm

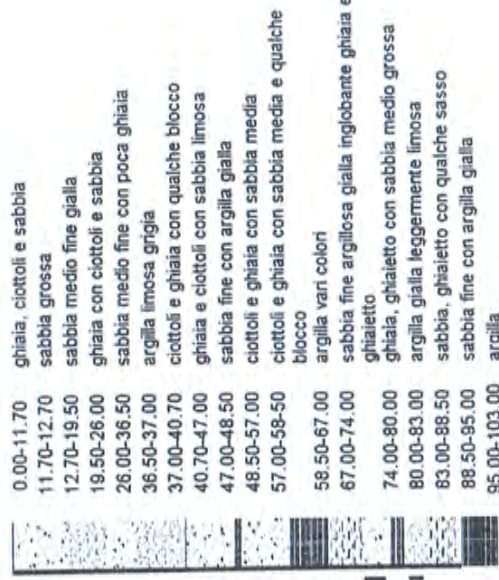
Profondità media indicativa dell'acqua sotterranea rispetto al piano campagna

m 4 ± 2

Profondità dell'acqua sotterranea rilevata il 19-10-2016 rispetto al piano campagna

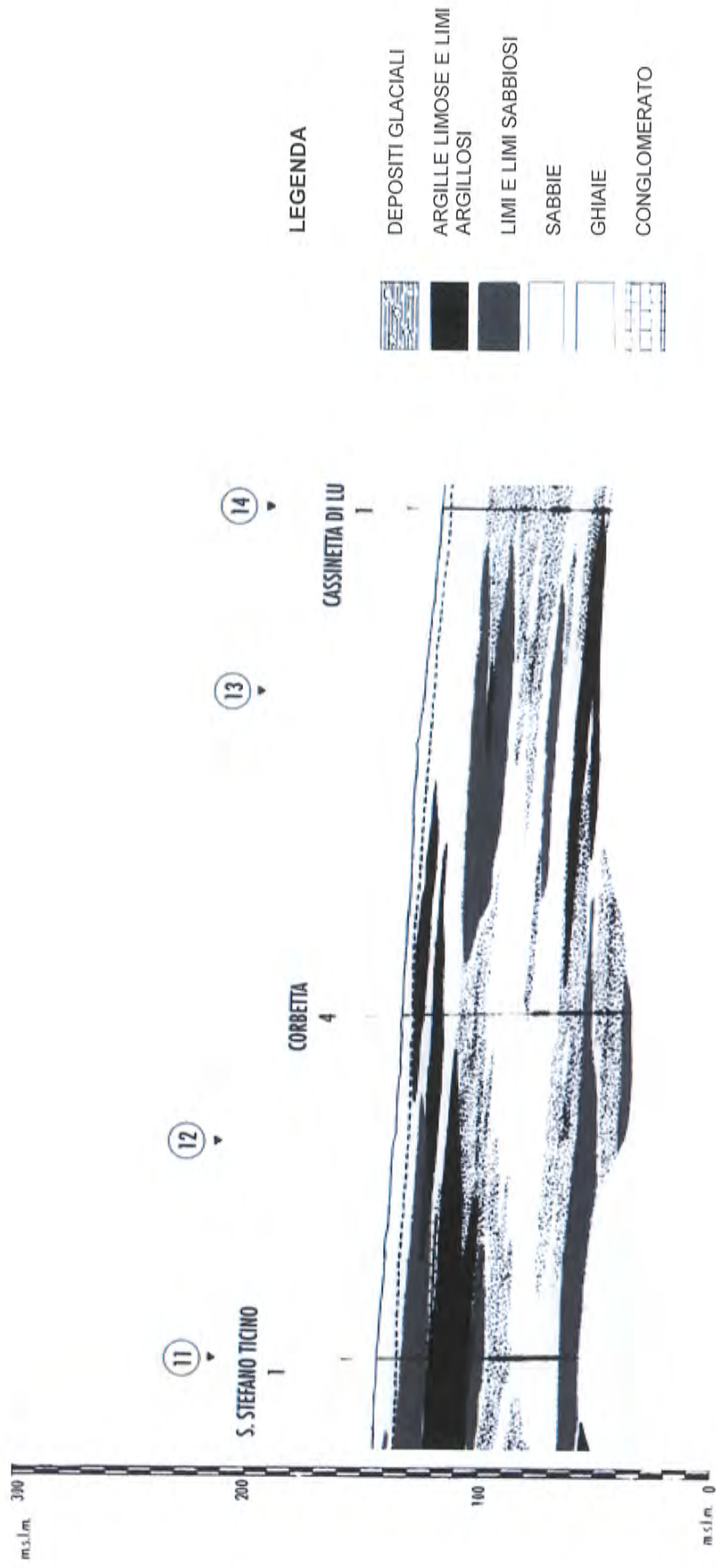
m 3,2

STRATIGRAFIA POZZO IDROPOTABILE PIU' VICINO (CAP5: ■): posto comunque ad una distanza maggiore di 400m dal sito in esame.



## SEZIONE IDROGEOLOGICA

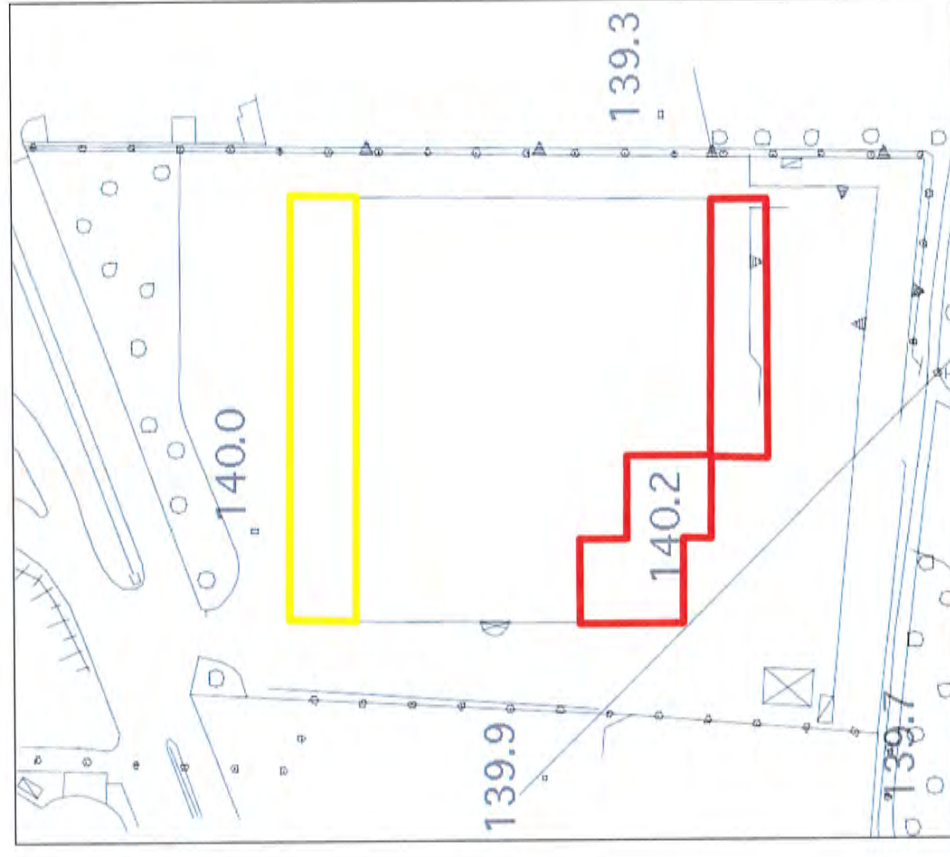
Estratto da: "Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano Vol. I : Lineamenti idrogeologici 1995" – modificato e ridisegnato



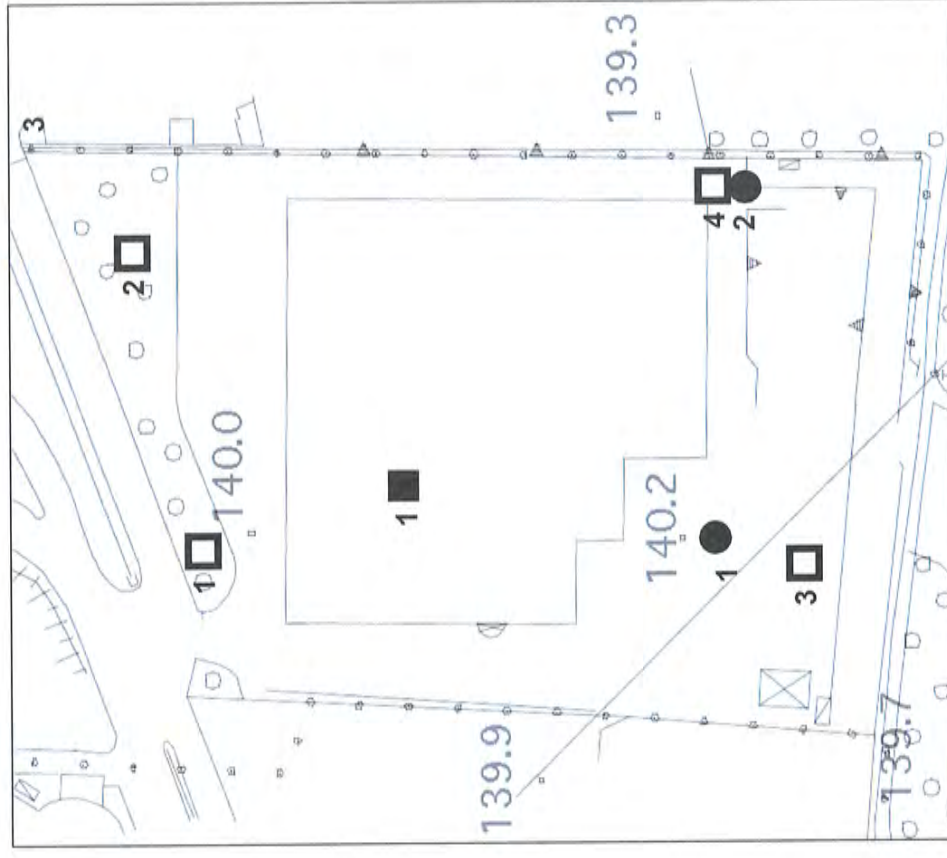
## STATO di FATTO E INDICAZIONI di PROGETTO

Estratto Progetto da Studio Ing. Mattina, Corbetta MI – modificato e ridisegnato

- 1 ● prova penetrometrica dinamica
- 1 ■ sondaggio meccanico con prelievo campioni di sottosuolo
- 1 □ trincea esplorativa con prelievo campioni di sottosuolo



INDICAZIONI di PROGETTO



STATO di FATTO

Località Carniere: Via S.Padana EST - Magenta MI

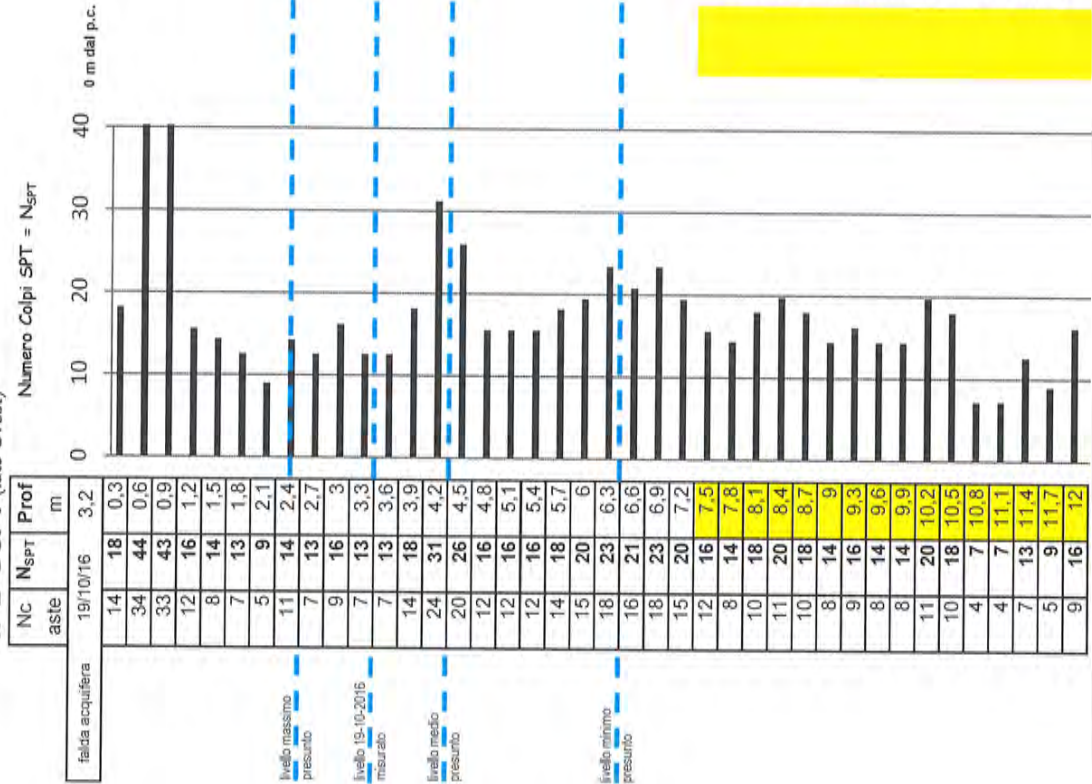
Data: 19 ottobre 2016

La falda acquifera è stata rilevata il 19 ottobre 2016 attorno a 3,2m dal piano esecuzione prove

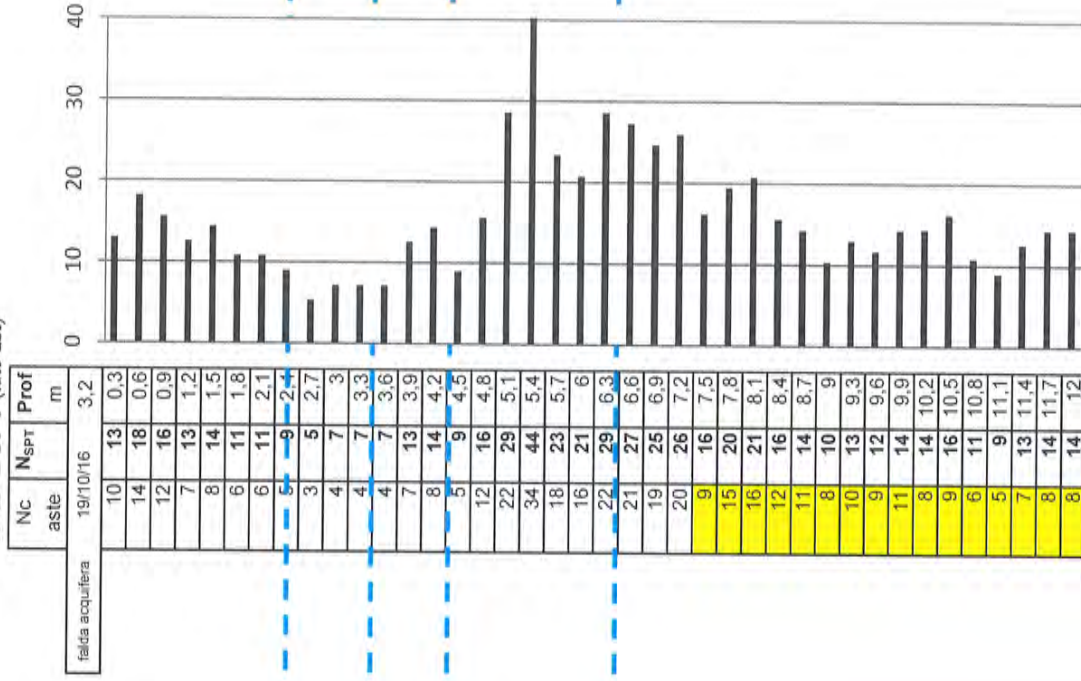
OVEST

EST

**n°1 SCPT (lato Ovest)**



**n°2 SCPT (lato Est)**



Località Cantiere: Via S. Padana EST - Magenta MI

Data: 19 ottobre 2016

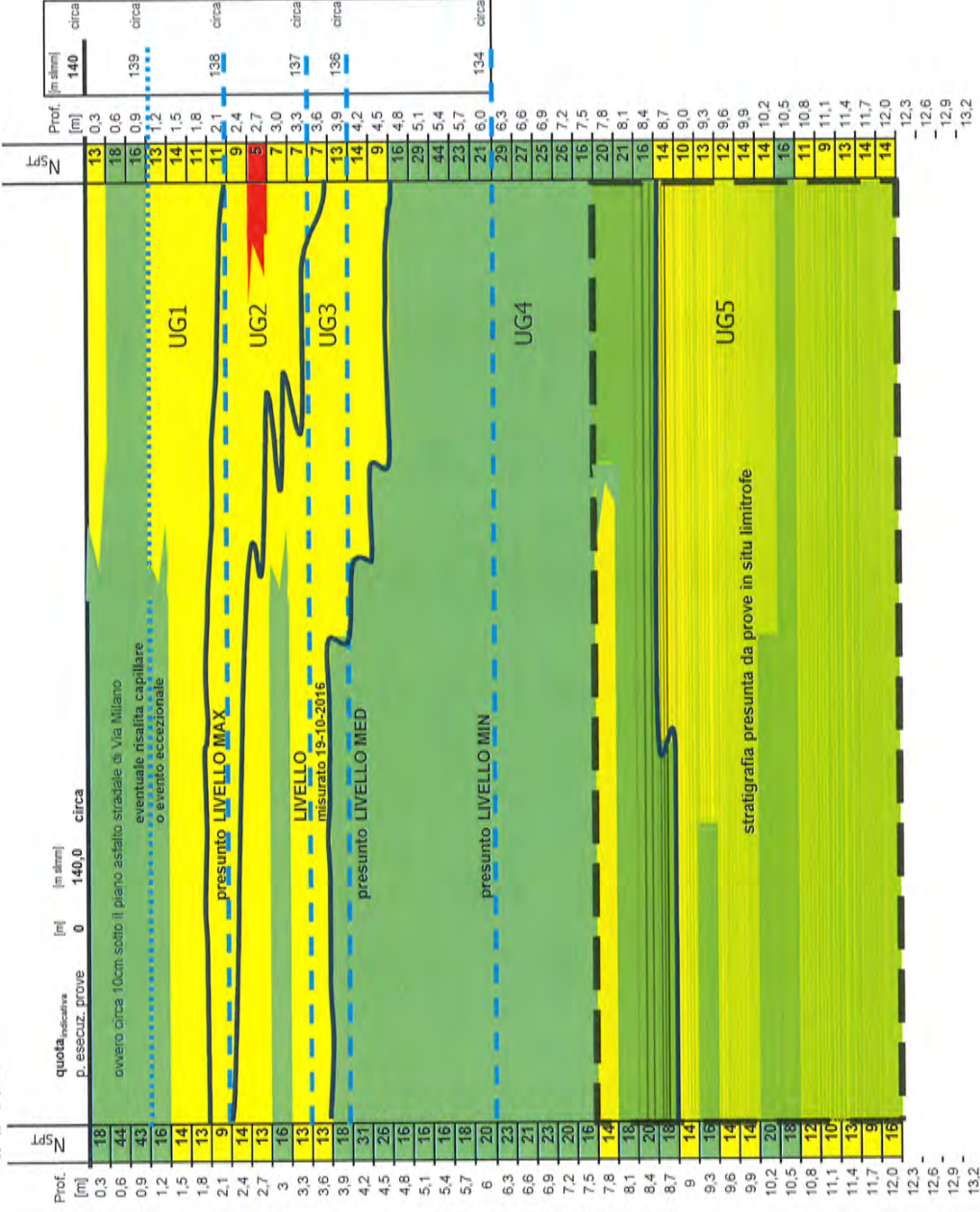
Livello acqua sotterranea = circa 4m dal p. esecuzione prove ± 2,0m

OVEST

EST

n°1 SCPT

n°2 SCPT



PARAMETRIZZAZIONE SOTTOSUOLO

tipologia sottosuolo prevalente	Numero Colpi N <sub>SPT</sub>	Velocità Onde S m/s	angolo attrito Φ°	Modulo di Young (Schmertli) Kg/cm <sup>2</sup>	densità terreno t/m <sup>3</sup>	densità relativa	coesione non drenata
B	75	376	50	900	2,3	0,95	0
gnate, ciottoli e sabbie	65	360	47	780	2,25	0,9	0
> 50	55	341	44	660	2,2	0,85	0

molto addensato

C	50	331	42	600	1,95	0,8	0
ghiaie e sabbie con limo	30	282	36	360	1,9	0,75	0
15 - 50	15	227	32	180	1,85	0,7	0

addensato

med. addensato

D1	14	222	31	168	1,85	0,65	0
sabbie ghiaiose con limo	11	206	30	132	1,8	0,5	0
7 - 14	7	179	29	84	1,75	0,35	0

sciolto o poco addensato

D2	6	170	29	72	1,7	0,3	0
limo e sabbie sabbiose e ghiaie	5	161	29	60	1,65	0,25	0
< 7	4	150	28	48	1,6	0,2	0

ALLEGATO  
FOTOGRAFICO

TRINCEE ESPLORATIVE  
E  
SONDAGGIO MECCANICO



**Foto 1** Trincea T1: particolare sezione scavo (profondità dal piano campagna = circa 1,0 m).



**Foto 2** Trincea T1: particolare terreno scavato.



**Foto 3** Trincea T1: particolare granulometrico.



**Foto 4** Trincea T1: particolare sezione scavo (profondità dal piano campagna = circa 3 m).



**Foto 5** Trincea T1: particolare terreno scavato attorno 3m di prof.



Foto 6 Trincea T2: particolare terreno scavato.



Foto 7 Trincea T2: particolare granulometrico.



Foto 8 Trincea T2: particolare sezione scavo (profondità dal piano campagna = circa 3 m).



Foto 9 Trincea T2: altro punto di vista della sezione scavo





Foto 10 Trincea T3: particolare all'inizio scavo.



Foto 11 Trincea T3: particolare stratigrafico.



Foto 12 Trincea T3: particolare stratigrafico.



Foto 13 Trincea T3, particolare del terreno



Foto 14 Trincea T4: particolare stratigrafico (profondità di scavo = circa 3m dal piano campagna)



Foto 15 Trincea T4, particolare del terreno scavato.



Foto 16 Sondaggio S1, particolare carotiere.



Foto 17 Sondaggio S1, particolare fustella.



Foto 18 Sondaggio S1, fase di estrazione fustella



Foto 19 Sondaggio S1, particolare estrazione terreno.