
Lo studio di progettazione

STUDIO^{DI}ARCHITETTURA
ED INGEGNERIA
REDAELLI
E ASSOCIATI

I 20871 VIMERCATE - MB
VIATERRAGGIO DELLA PACE 4
TEL. +39 039 6084242
FAX +39 039 6084222
PARTITA IVA 03115000964
www.redaelliassociati.it
studio@redaelliassociati.it

Comune di VIMERCATE (MB)

AI.VI.CS.6

Piano di Recupero

Villa Sottocasa

La proprietà

ALLEGATO

Relazione geologica e tecnica per sistema acque bianche

Relazione geologica

INTEGRAZIONE Luglio 2015

Il Progettista

Tavola

all.05

LEADER SRL

Corso Porta Nuova, 34 – 20121 Milano (MI)

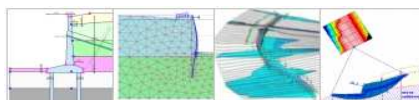
Relazione geologica e tecnica a supporto del dimensionamento del sistema disperdente acque bianche per complesso residenziale nel comune di Vimercate

Ottobre 2012

Elaborato : **Relazione geologica e tecnica**

Il professionista: Geol. Paolo Natale Mantica

Geol. Michela Innocenti



Ingegneria Civile e Geotecnica

Ing. Andrea Riva

www.andreariva.it

mail@andreariva.it

**Studio di Geologia - Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia
ambientale, bonifiche**

Geol. Paolo Mantica – Geol. Michela Innocenti

geo-tecnica@virgilio.it

SEDE OPERATIVA: Viale Romagna, 36 20900 Monza
Tel. Fax 039/9731327

INDICE

| | |
|--|---|
| PREMESSA..... | 2 |
| 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO..... | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO..... | 4 |
| 3. CALCOLO DELLA PORTATA DELLE ACQUE METEORICHE..... | 6 |
| 4. PROGETTO DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE..... | 9 |

Allegati al testo:

All. 1: prove di permeabilità

All. 2: documentazione fotografica

PREMESSA

Con incarico della Società Leader Srl è stata redatta la seguente relazione geologica e tecnica a supporto del dimensionamento del sistema disperdente acque bianche per la pratica edilizia P.d.C. PE.VCS.6a, in via Vittorio Emanuele, nel comune di Vimercate.



Foto satellitare tratta da Google Earth

L'area in oggetto è ubicata nel centro storico di Vimercate, in una zona densamente urbanizzata, ad una quota di circa 192 m s.l.m.

Il progetto prevede un sistema di dispersione delle acque meteoriche con recapito nel suolo.

Il presente studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca e analisi dati bibliografici;
- esecuzione di n. 3 prove di infiltrazione;
- interpretazione dei dati raccolti;
- elaborazione e restituzione dati.

E ci si prefigge di:

- definire l'assetto geologico- geomorfologico e idrogeologico dell'area;
- verificare la presenza della falda idrica locale e/o di sacche idriche superficiali;
- definire la quantità/portata d'acqua da smaltirsi in relazione allo stato di fatto dell'area (aree impermeabili, tetti e terrazzi, piazzali, aree verdi, ecc);
- verificare la portata smaltibile nel suolo;
- individuare, valutare e dimensionare il sistema di dispersione acque bianche nel sottosuolo.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico i depositi che caratterizzano l'area sono costituiti da depositi fluvioglaciali rissiani e wurmiani, di origine alluvionale.

I depositi superficiali sono costituiti essenzialmente da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, immersi in matrice fine limosa a diversa percentuale, con ciottoli sub-arrotondati con diametro medio di 5 cm; localmente sono presenti lenti sabbioso limose a laminazione sub-orizzontale.

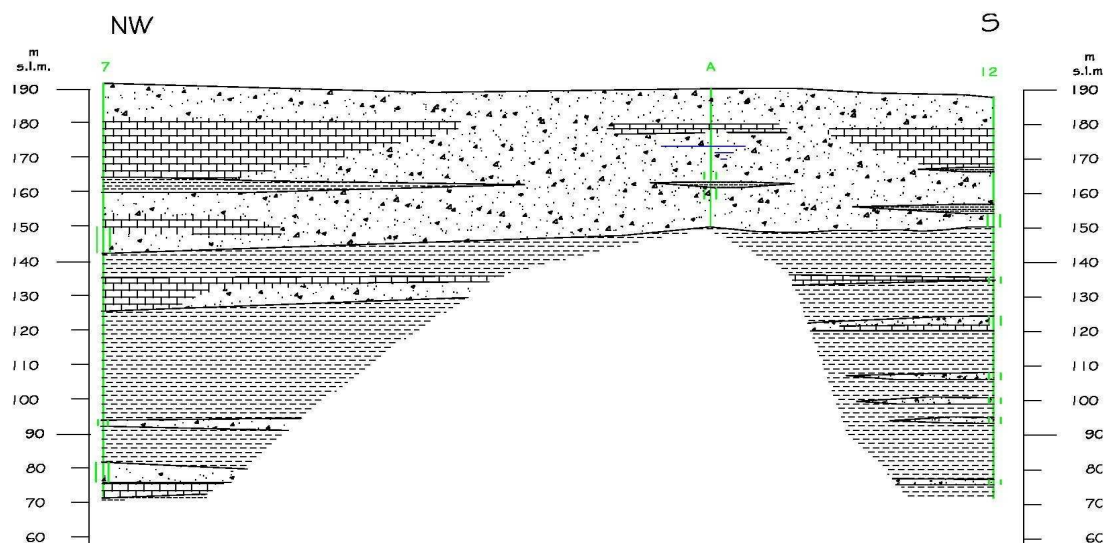
Tali depositi presentano in genere una permeabilità medio-alta, con un coefficiente $K=10^{-4} - 10^{-6}$ m/s, in relazione alla percentuale di matrice fine presente.

L'alterazione superficiale, dovuta alla pedogenesi dei depositi ad opera degli agenti atmosferici, è tanto più spessa quanto è antico il deposito stesso; localmente le argille limose di colore rossiccio dovute a tale alterazione possono raggiungere spessori di 3-4 m.

Gli strati di alterazione superficiale presentano una permeabilità medio-bassa, con $K=10^{-5} - 10^{-7}$ m/s, dovuta all'alta percentuale di materiale fine (limo e argilla) presente, dovuto all'alterazione dei terreni.

Le stratigrafie dei pozzi comunali evidenziano la presenza di orizzonti conglomeratici compatti o fessurati di spessore metrico.

In genere comunque si riscontra un'alternanza di strati ghiaioso sabbiosi a strati prettamente argillosi.



La sezione geologica del territorio comunale mostra una prevalenza di orizzonti ghiaioso- sabbiosi nei primi 40 m, con livelli metrici di conglomerato e lenti limoso sabbiose; più in profondità prevalgono gli orizzonti argillosi e limosi.

Le indagini geognostiche (tratte dallo Studio Geologico a supporto del PGT) quali sondaggi a carotaggio continuo, eseguite anche nelle vicinanze dell'area in oggetto evidenziano la presenza di orizzonti ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi, talora più ghiaiosi fino ad una profondità di almeno 15 m; sono stati individuati anche orizzonti conglomeratici poligenici, di modesto spessore, anche a ridotte profondità (5- 7 m da p.c.).

2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

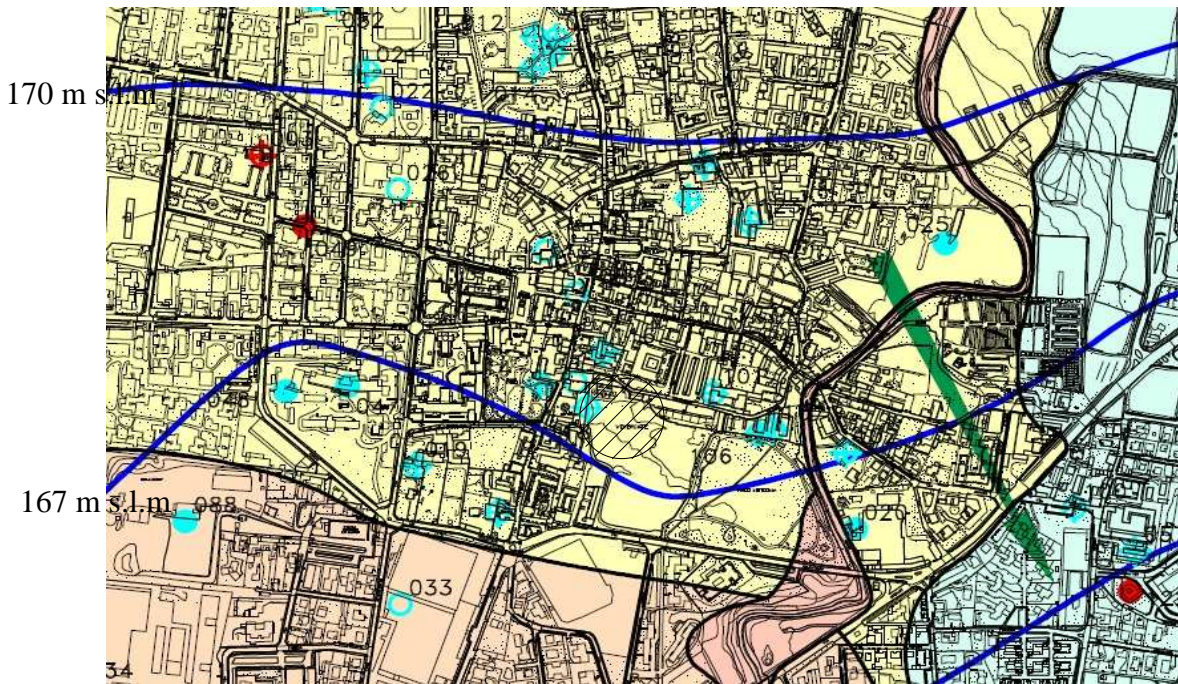
Da un punto di vista idrografico, nell'area e nelle immediate vicinanze non sono presenti torrenti o rogge; si segnala la presenza del T. Molgora a circa 260 m ad est dell'area, con decorso grossomodo nord-sud.

Da un punto di vista idrogeologico, in generale il sottosuolo della provincia di Milano è stato suddiviso in diverse unità. In particolare si riconoscono tre unità idrostratigrafiche conosciute come: primo acquifero (il più superficiale), secondo acquifero e terzo acquifero (il più profondo).

Il primo acquifero è contenuto nei depositi fluvioglaciali würmiani (unità ghiaioso- sabbiosa), con elevata permeabilità, che consente la ricarica della falda da parte di infiltrazioni superficiali.

Il secondo acquifero è contenuto nei depositi fluvioglaciali rissiani e mindeliani e nei conglomerati tipo "Ceppo"; la falda in esso racchiusa è talora collegata a quella più superficiale.

In particolare la falda idrica locale presenta un livello piezometrico di circa 167 m s.l.m. (*dato tratto dalla carta di inquadramento idrogeologico dello studio geologico a supporto del PGT, del maggio 2010 e con valori della piezometria aggiornati al marzo 2009*), con una soggiacenza di circa 25 m. La direzione di deflusso della falda idrica è grossomodo nord-sud, localmente NW-SE.



Carta della vulnerabilità tratta dallo studio geologico a supporto del PRG



Area in oggetto

GRADO DI VULNERABILITA'

| | | |
|--|-----|-------------------|
| | B.B | Bassissima |
| | B | Bassa |
| | M | Media |
| | A | Alta |
| | E | Elevata |

Pozzi pubblici

- Attivi
- Abbandonati
- ⊠ Chiusi

Pozzi privati

- Attivi
- Abbandonati
- ⊠ Chiusi

Piezometri

- Piezometri

Piezometria

155 **Curve isopiezometriche (m. m.s.l.m.)**

Direzioni di flusso idrico

Non sono presenti pozzi captati a scopo idropotabile nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto.

Il grado di vulnerabilità della falda (tratto dallo Studio Geologico a supporto del PRG) risulta essere medio, ciò è dovuto sia alla soggiacenza della falda idrica locale (circa 25 m), sia alla presenza di un orizzonte pedogenizzato superficiale.

Nel caso specifico, di particolare importanza risulta essere la soggiacenza della falda e la presenza di livelli conglomeratici meno permeabili a ridotta profondità, in relazione al progetto di pozzi perdenti superficiali.

3. CALCOLO DELLA PORTATA DELLE ACQUE METEORICHE

Lo *smaltimento delle acque meteoriche* è previsto tramite pozzi perdenti: al fine di valutare l'efficienza del sistema previsto, di seguito si procede con la valutazione della portata massima teorica (cautelativa) delle acque meteoriche tenendo conto della morfologia e della piovosità della zona in cui è ubicata l'area in esame.

Il volume delle acque meteoriche da smaltire è funzione di differenti fattori quali: dimensione e tipologia delle superficie (tetto, pavimentazione, etc.), intensità e durata della pioggia. In generale l'intensità della pioggia diminuisce all'aumentare della durata della stessa, di conseguenza normalmente si stima la massima portata per piogge di durata pari al tempo di corrivazione.

La portata al colmo della piena critica Q_p [m³/s] è valutabile mediante la relazione seguente:

$$Q_p = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{360} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

in cui:

- S [ha]: superficie del bacino espressa in ettari. In questo caso la superficie sottesa alla rete fognaria che può dare origine alla formazione della portata di pioggia in arrivo al sistema di smaltimento è pari a circa 0.30 ha.
- φ [-]: coefficiente d'afflusso che assume valori compresi tra 0 e 1 in base alla tipologia e all'uso del suolo. Il coefficiente d'afflusso è stato valutato come somma pesata tra i coefficienti d'afflusso relativi alle differenti tipologie di suolo che caratterizzano l'area interessata dall'ampliamento in progetto. Nel caso in oggetto i valori utilizzati sono:
 - 0.9 per le superfici di copertura
 - 0.65 per le zone parzialmente drenanti
- i [mm/h]: intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione t_c . L'intensità di pioggia critica è stata valutata mediante la curva di possibilità pluviometrica ritenuta caratteristica per l'area in esame:

$$i = a \cdot t^{n-1}$$

Viene valutata la portata delle acque meteoriche da smaltire per una assegnata durata della pioggia e tempo di ritorno dell'evento, in particolare viene assunto il tempo di ritorno, generalmente adottato nell'ambito del dimensionamento dei sistemi di fognatura, pari a 5 anni.

Utilizzando sempre i valori coefficienti a ed n derivanti dalle curve di possibilità pluviometrica per la zona di studio (cella DK75) riportata di seguito:

| Cella | a Tr 20 | n Tr 20 | aTr 100 | nTr 100 | aTr 200 | nTr 200 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DK75 | 57,17 | 0,26 | 74,82 | 0,25 | 81,99 | 0,24 |

Dai parametri si sono ottenuti quelli relativi a Tr 5 anni con il seguente metodo:

- Dal valore dei parametri a ed n forniti dal PAI si ricavano le massime altezze di pioggia hT (d) [mm] per assegnata durata d [ore] e tempo di ritorno T [anni].
- Per ogni durata d si costruisce il grafico y/hd (Carta Probabilistica di Gumbel); dalla retta che interpola i 5 punti si ricavano pendenza e intercetta che rappresentano rispettivamente i parametri α e u della distribuzione di probabilità di Gumbel.
- Si fissa il tempo di ritorno T per cui valutare i parametri a ed n . I parametri si ottengono dalla retta di regressione nel grafico $\ln(hT) / \ln(d)$.

$$a = 41.58 \text{ e } n = 0.269 \text{ (Tr 5 anni)}$$

Nella tabella seguente vengono considerate tali superfici scolanti, ognuna con un coefficiente d'afflusso specifico.

SUPERFICI

| Codice | Tipo di superficie | K permeabilità | Superficie | | Superficie corretta |
|--------|--|----------------|------------|-------|---------------------|
| | | | mq | ha | ha |
| S1 | Tetti inclinati, strade asfaltate | 0.9 | 2124.8 | 0.212 | 0.191 |
| S2 | Tetti piani, terrazze | 0.8 | | 0.000 | 0.000 |
| S3 | Residenze intensive, centri storici, parcheggi | 0.7 | | 0.000 | 0.000 |
| S4 | Lastricati ordinari | 0.65 | 934.55 | 0.093 | 0.061 |
| S5 | Residenziali semintensivi | 0.55 | | 0.000 | 0.000 |
| S6 | Attività produttive | 0.55 | | 0.000 | 0.000 |
| S7 | Selciati | 0.5 | | 0.000 | 0.000 |
| S8 | Residenziali semintensivi, artigianali | 0.3 | | 0.000 | 0.000 |
| S9 | Estensive rade, villini sparsi, verde e prato | 0.15 | | 0.000 | 0.000 |
| S10 | Superfici in terra battuta | 0.15 | | 0.000 | 0.000 |
| S11 | Verde attrezzato, parchi pubblici | 0.1 | | 0.000 | 0.000 |
| S12 | Parchi, boschi | 0.1 | | 0.000 | 0.000 |

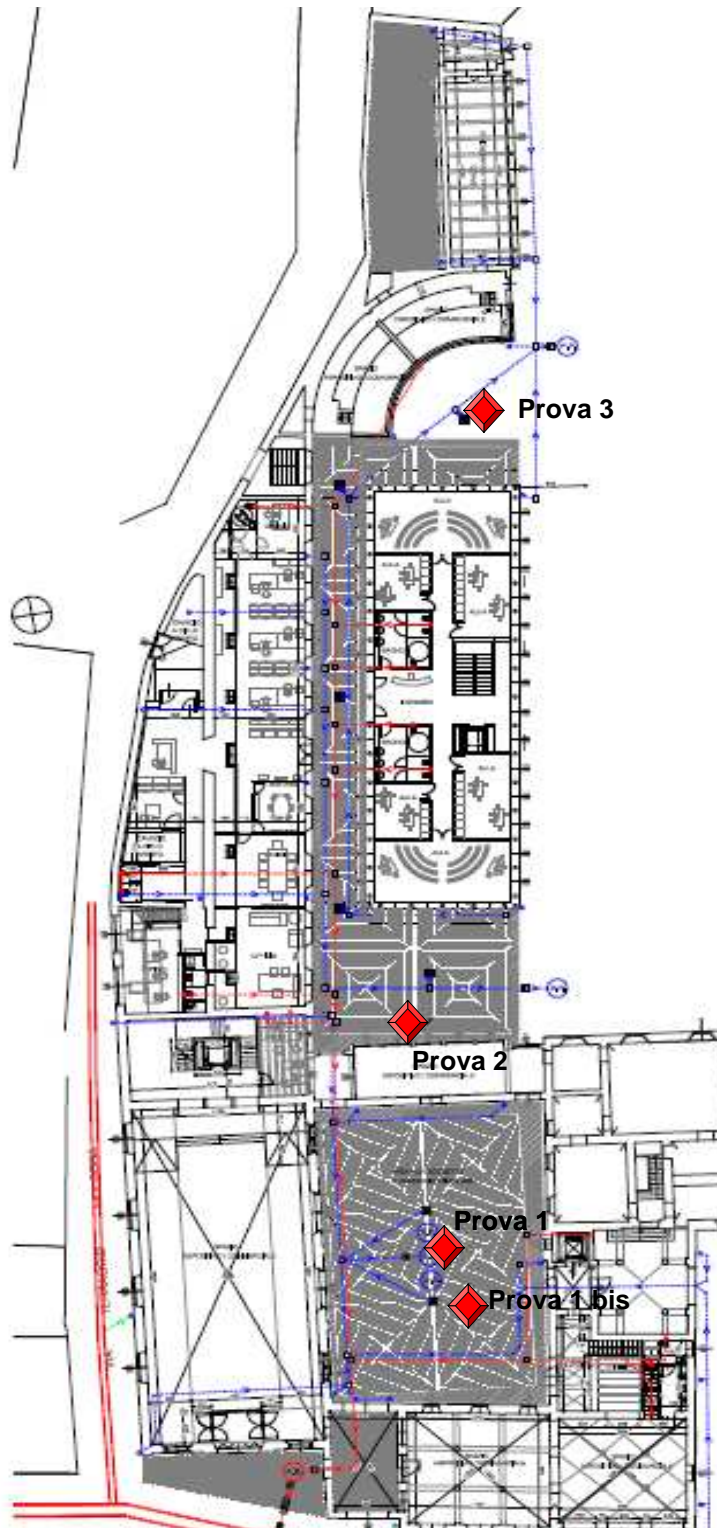
Totali **3059.35** **0.305935** **0.252** ha
0.00305935 **0.0025** Km²

L'area in oggetto è quindi caratterizzata da una superficie totale di 0,30 ha corrispondente ad una superficie impermeabile di 0.25 ha.

La quantità d'acqua meteorica è pertanto pari a 29.5 l/s con una piovosità massima in 30 minuti di 34.5 mm.

4. PROGETTO DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE

Per il dimensionamento del sistema disperdente nel sottosuolo, sono state eseguite delle prove infiltrometriche, nel zone in cui è prevista la dispersione delle acque meteoriche provenienti dalle superfici impermeabili. Per l'esecuzione delle prove infiltrometriche sono stati aperti degli scavi di assaggio, sul cui fondo è poi stata effettuata la prova.



La prova 1 è stata ripetuta aprendo un altro scavo di assaggio, ad una distanza di un paio di metri; la prima prova è stata ripetuta poiché con l'apertura dello scavo ha messo in evidenza la presenza di uno spessore di riporto di circa 1.6-1.7 m, a partire dal piano campagna, e vecchie strutture in mattoni (probabili cunicoli, vasche raccolta acque,.... come riferito dal capo cantiere); le prove di permeabilità fatte nei primi due scavi (1 e 1bis) hanno evidenziato una bassa permeabilità, comunque non specifica del terreno naturale, per la presenza delle strutture antropiche interrato. Si ritiene pertanto che l'area in cui sono state eseguite le prime due prove non sia idonea allo smaltimento delle acque meteoriche mediante sistema di dispersione pozzi perdenti.

Le altre prove di permeabilità (prova 2 e prova 3) hanno invece evidenziato valori medi di permeabilità in media di $6-7 \times 10^{-5}$ m/s.

Tutte le prove di infiltrazione sono state eseguite a fondo scavo, ad una profondità variabile tra -1.95 e 2.40 m da p.c. attuale.

L' apertura degli scavi ha messo in evidenza la presenza di uno spessore di riporto variabile da circa 1.6 m nelle prove 1 e 1bis a circa 1 m nelle altre due prove, al di sotto il terreno è di natura generalmente sabbiosa (sabbia medio fine) con ciottoli di natura poligenica.

Capacità d'infiltrazione

La capacità d'infiltrazione del terreno, ovvero la portata d'infiltrazione dispersa nel terreno $Q_{dispersa}$ [m^3/s] può essere stimata mediante la legge di Darcy, in funzione della permeabilità k [m/s], il gradiente idraulico [m/m] e la superficie netta d'infiltrazione S_i [m^2]:

$$Q_{dispersa} = k \cdot J \cdot S_f \quad [m^3/s]$$

Nel caso specifico, considerando una cadente piezometrica unitaria, la relazione precedente può essere semplificata nel modo seguente $Q_{dispersione} = k \cdot S_f$ [m^3/s] in quanto il tirante sulla superficie filtrante è trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante.

Dimensionamento del sistema

La superficie drenante è costituita dalla superficie interna del pozzo e dalla superficie delle tubazioni drenanti. La capacità di dispersione nel terreno dell'intero sistema di dispersione sarà definito dalla relazione:

$$Q_{Dispersione} = S_{Totale} \cdot K$$

dove S è la superficie disperdente e K la permeabilità del terreno. La superficie di dispersione S è data dalle relazioni:

$$S_{Totale} = S_{pozzi} + S_{tubi}$$

$$S_{pozzi} = (2 \cdot \pi \cdot R \cdot H + \pi \cdot R^2) \cdot N$$

$$S_{tubi} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

in cui R, H ed N sono rispettivamente raggio, altezza utile di dispersione e numero dei pozzi perdenti; r ed L sono rispettivamente raggio e lunghezza complessiva della tubazione disperdente.

| Pozzi perdenti | Raggio | Altezza | Sup. unitaria | Numero pozzi | Sup. Totale |
|---------------------------------------|--------------|---------|----------------|--------------|----------------|
| | m | m | m ² | | m ² |
| | 1 | 4 | 28,3 | 7 | 197,9 |
| Volume totale pozzi [m ³] | 87,96 | | | | |

| Tubazioni drenanti | Raggio | Lunghezza | Sup. unitaria | Numero tubazioni | Sup. totale |
|---------------------------------|--------|-----------|----------------|------------------|----------------|
| | m | m | m ² | | m ² |
| | 0,10 | 8 | 5,03 | 6 | 30,16 |
| V totale tubi [m ³] | 1,51 | | | | |

| | |
|-------------------------------------|----------------|
| Vac Volume totale [m ³] | 89,5 |
| Permeabilità terreno [m/s] | 7,0E-05 |

| | l/s | m ³ /s |
|--------------------------------|-------------|-------------------|
| Acqua drenata da un pozzo | 1,98 | 0,00198 |
| Acqua drenata totale dai pozzi | 13,85 | 0,01385 |
| Acqua drenata da un tubo | 0,35 | 0,00035 |
| Acqua drenata totale dai tubi | 2,11 | 0,00211 |
| Ad Acqua drenata totale | 16,0 | 0,01597 |

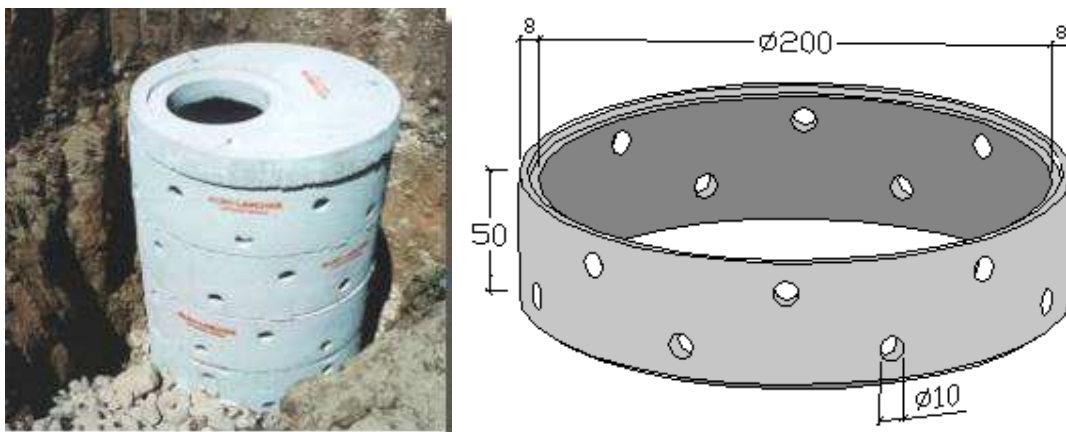
In base alle caratteristiche del sito in oggetto, per smaltire la portata di progetto, si suggerisce quindi un sistema costituito da n. 7 pozzi perdenti, collegati tra loro mediante tubazioni drenanti, aventi ciascuno un raggio di 1 m e profondità 4 m.

Tali pozzi, in relazione alla permeabilità dei terreni, hanno una capacità di smaltimento di 16 l/s, inferiore alla portata massima teorica prevista (29,5 l/s); la differenza viene accumulata nel volume totale dei pozzi (87,96 mc) e smaltita in un tempo massimo di svuotamento di 1,17 ore; il volume di accumulo dei pozzi (87,96 mc) è sufficiente a compensare la massima differenza (58,21 mc) tra il volume piovuto e il volume infiltrato.

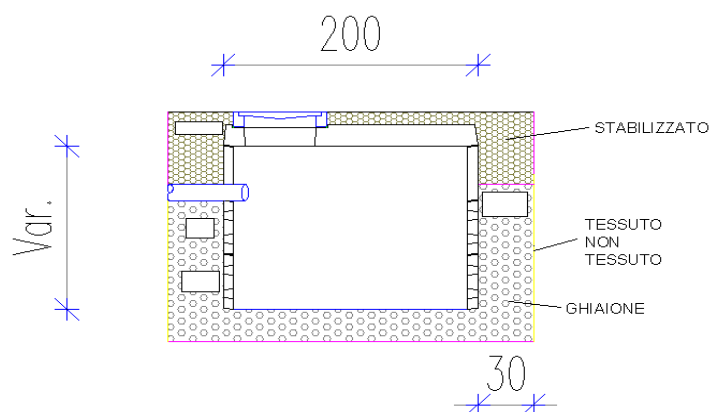
Tipologia e dimensioni pozzi perdenti

Per facilitare l'esecuzione delle opere si consiglia la realizzazione dei pozzi mediante anelli perdenti prefabbricati in c.a. vibrocompreso, completi di 16 fori passanti \varnothing cm 10 per il drenaggio delle acque di dimensioni interne \varnothing cm 250 x 50 h.

Gli anelli saranno sovrapposti nel numero di 8, a rendere un'altezza complessiva di 4 m ed una superficie interna utile di 3,14 m² ad anello, e saranno sormontati da idoneo coperchio carrabile con chiusino per l'ispezione e le operazioni di manutenzione.



Gli anelli verranno posati all'interno di uno scavo eseguito mediante un escavatore su un fondo di ghiaia pulita di almeno 30 cm di spessore. Uno spessore analogo di ghiaia dovrà essere previsto anche sulla superficie laterale dei pozzi; per evitare che il terreno fine intasi la ghiaia dovrà essere inoltre posato un tessuto non tessuto tra il terreno naturale e la ghiaia (fig. seguente).



Tubazioni drenanti

Si utilizzeranno tubazioni PVC o c.a. di diametro interno pari a 20 cm forate che saranno posate entro scavi a sezione ristretta eseguiti mediante escavatore, su uno strato di ghiaia pulita di 30 cm di spessore. Le tubazioni dovranno avere una pendenza tra 0,2 e 0,5%.

Metodologia di realizzazione

I pozzi perdenti descritti nel progetto vengono realizzati eseguendo uno scavo a sezione ristretta mediante escavatore di dimensioni circa 3 X 3 m in pianta e 4.3 m di profondità. Tale scavo può essere realizzato mediante un escavatore di dimensioni medie. Terminato lo scavo verrà posato sul fondo lo strato di ghiaia pulita di circa 30 cm e quindi posizionati uno alla volta, sempre mediante il braccio dell'escavatore, i 8 anelli prefabbricati in calcestruzzo che costituiranno il pozzo. Infine verrà posizionato il tessuto non tessuto di separazione tra il terreno naturale e la ghiaia sulla superficie laterale del pozzo. Lo spazio tra il pozzo in calcestruzzo e il terreno naturale verrà riempito di ghiaia pulita sino a circa 50 cm dal piano campagna. Gli ultimi 50 cm saranno riempiti di terreno naturale.

Terminata la realizzazione di un pozzo si procederà alla realizzazione di quello successivo. Il metodo di realizzazione non prevede quindi la realizzazione di fronti di scavo ma solo di scavi a sezione ristretta che verranno ritombati nel giro di qualche ora. Per quanto riguarda i tubi drenanti, anche questi verranno posati all'interno di scavi a sezione ristretta. In essi verrà dapprima posata la ghiaia pulita per uno spessore di 30 cm, quindi la tubazione collegata con il pozzo perdente

Considerazioni

Si raccomanda di posizionare il sistema di dispersione ad una sufficiente distanza dagli edifici oggetto di ristrutturazione e da edifici esistenti al fine di evitare danneggiamenti alle strutture in particolare alle opere di fondazione.

Come già accennato precedentemente, la zona dove sono stati eseguiti gli scavi 1 e 1bis appare poco adatta alla realizzazione di pozzi perdenti, data la scarsa permeabilità riscontrata.

E' comunque possibile, se ritenuto necessario, realizzare in ogni caso pozzi perdenti, utilizzati più come piccole vasche di laminazione che pozzi perdenti veri e propri.

Il numero ipotizzato di pozzi perdenti è comunque indicativo, il progettista potrebbe variarne il numero e le dimensioni tenendo invariata l'area e il volume totale calcolato.

Dott. Geol. Paolo Natale Mantica

Dott. Geol. Michela Innocenti

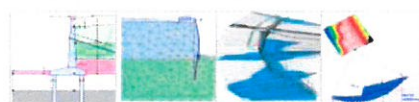
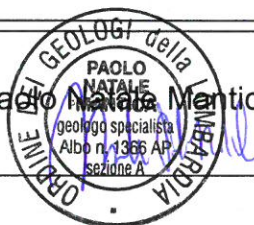
RESTAURA SRL

Relazione geologica e geotecnica preliminare a supporto nuovo intervento edilizio nel comune di Vimercate

Ottobre 2011

Elaborato : **Relazione geologica, geognostica e geotecnica preliminare**

Il professionista: Dott. Geol. Paolo Mantica



Ingegneria Civile e Geotecnica

Ing. Andrea Riva

www.andreariva.it

mail@andreariva.it

**Studio di Geologia - Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia
ambientale, bonifiche**

Geol. Paolo Mantica – Geol. Michela Innocenti

geo-tecnica@virgilio.it

SEDE OPERATIVA: Viale Romagna, 36 20900 Monza
Tel. Fax 039/9731327

INDICE

| | |
|---|----|
| PREMESSA..... | 2 |
| 1. RELAZIONE GEOLOGICA..... | 3 |
| 1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO..... | 3 |
| 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO..... | 4 |
| 1.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO..... | 5 |
| 1.4 ANALISI CARTOGRAFIA/DOCUMENTAZIONE UFFICIALE..... | 7 |
| 1.5 INQUADRAMENTO SISMICO..... | 8 |
| 2. RELAZIONE GEOGNOSTICA..... | 14 |
| 3. RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE..... | 19 |
| 3.1. PREMESSA..... | 19 |
| 3.2. CALCOLO CAPACITA' PORTANTE..... | 20 |
| 3.3. VALUTAZIONE STABILITA' FRONTE DI SCAVO..... | 24 |

Allegati al testo:

All. 1: tabulati e grafici prove penetrometriche

Tavola 1: ubicazione area in oggetto

Tavola 2: carta geologica di dettaglio

Tavola 3: ubicazione indagini

Tavola 4: sezione stratigrafica

PREMESSA

Con incarico di Restaura Srl è stata redatta la seguente relazione geologica e geotecnica preliminare a supporto della pratica edilizia P.d.C. PE.VCS.6a e recupero granaio Villa Sottocasa, in via Vittorio Emanuele, nel comune di Vimercate.

L'area in oggetto è ubicata nel centro storico di Vimercate, in una zona densamente urbanizzata, ad una quota di circa 192 m s.l.m.

Il progetto edilizio prevede la ristrutturazione degli edifici esistenti con la realizzazione di nuovi vani.

Il presente studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca e analisi dati bibliografici;
- rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area e delle zone circostanti;
- esecuzione di 4 prove penetrometriche pesanti;
- elaborazione e restituzione dati.

E ci si prefigge di:

- definire l'assetto geologico- geomorfologico e idrogeologico dell'area;
- verificare la presenza della falda idrica locale e/o di sacche idriche superficiali;
- definire la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione;
- verificare la fattibilità delle opere in progetto;
- definire i parametri geotecnici dei terreni di fondazione;
- calcolare le pressioni ammissibili e i relativi cedimenti;
- indicare le soluzioni ritenute più opportune per l'apertura e la stabilizzazione degli scavi.

1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il terreno oggetto del seguente studio è situato nella parte centrale di Vimercate, in una zona penepianeggiante, blandamente digradante verso sud, ad una quota media di circa 192 m s.l.m.

Cartograficamente il terreno in oggetto si colloca nel foglio B5d4 della Carta Tecnica della Regione Lombardia alla scala 1:10.000.



Foto satellitare tratta da Google Earth

1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico i depositi che caratterizzano l'area sono costituiti da depositi fluvioglaciali rissiani e wurmiani, il “cosiddetto livello principale della pianura”, la cui messa in posto deriva dalla fusione dei ghiacciai durante le fasi “calde” del periodo Quaternario.

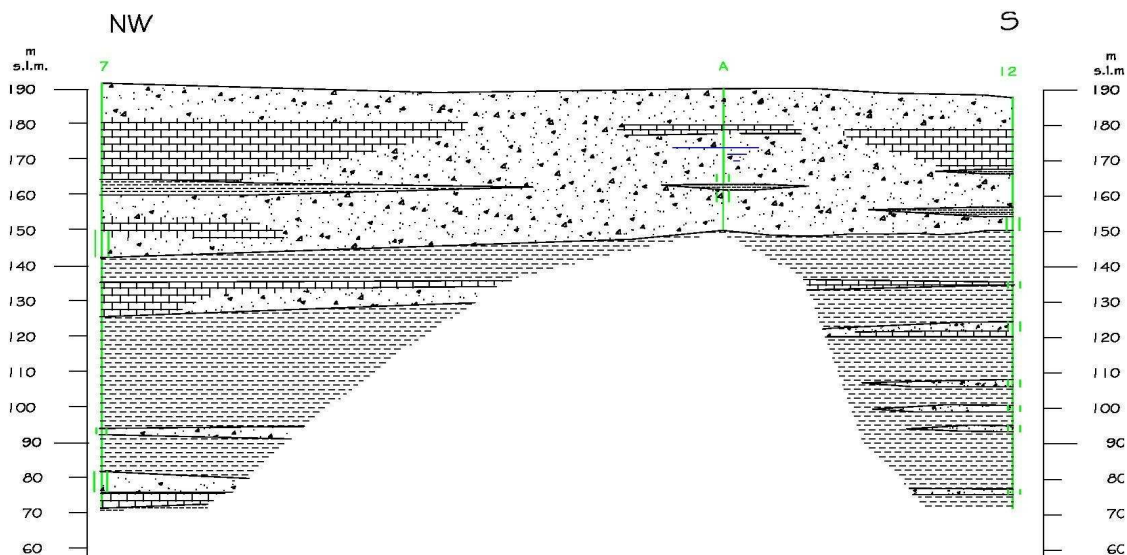
Sui materiali depositati durante tali fasi, successivamente, si sono imposti depositi fluviali recenti ed attuali.

I depositi superficiali sono costituiti essenzialmente da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, immersi in matrice fine limosa a diversa percentuale, con ciottoli sub-arrotondati con diametro medio di 5 cm; localmente sono presenti lenti sabbioso limose a laminazione sub-orizzontale.

L'alterazione superficiale, dovuta alla pedogenesi dei depositi ad opera degli agenti atmosferici, è tanto più spessa quanto è antico il deposito stesso; localmente le argille limose di colore rossiccio dovute a tale alterazione possono raggiungere spessori di 3-4 m.

Le stratigrafie dei pozzi comunali evidenziano la presenza di orizzonti conglomeratici compatti o fessurati di spessore metrico.

In genere comunque si riscontra un'alternanza di strati ghiaioso sabbiosi a strati prettamente argillosi.



La sezione geologica del territorio comunale mostra una prevalenza di orizzonti ghiaioso- sabbiosi nei primi 40 m, con livelli metrici di conglomerato e lenti limoso sabbiose; più in profondità prevalgono gli orizzonti argillosi e limosi.

1.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Da un punto di vista idrografico, nell'area e nelle immediate vicinanze non sono presenti torrenti o rogge; si segnala la presenza del T. Molgora a circa 260 m ad est dell'area, con decorso grossomodo nord-sud.

Da un punto di vista idrogeologico, il sottosuolo della provincia di Milano è stato suddiviso in diverse unità. In particolare si riconoscono tre unità idrostratigrafiche conosciute come: primo acquifero (il più superficiale), secondo acquifero e terzo acquifero (il più profondo).

Il primo acquifero è contenuto nei depositi fluvioglaciali würmiani (unità ghiaioso- sabbiosa), con elevata permeabilità, che consente la ricarica della falda da parte di infiltrazioni superficiali.

Il secondo acquifero è contenuto nei depositi fluvioglaciali rissiani e mindeliani e nei conglomerati tipo "Ceppo"; la falda in esso racchiusa è talora collegata a quella più superficiale.

Il terzo acquifero è presente nei sedimenti villafranchiani profondi, costituito da unità argillose o argilloso-sabbiose.

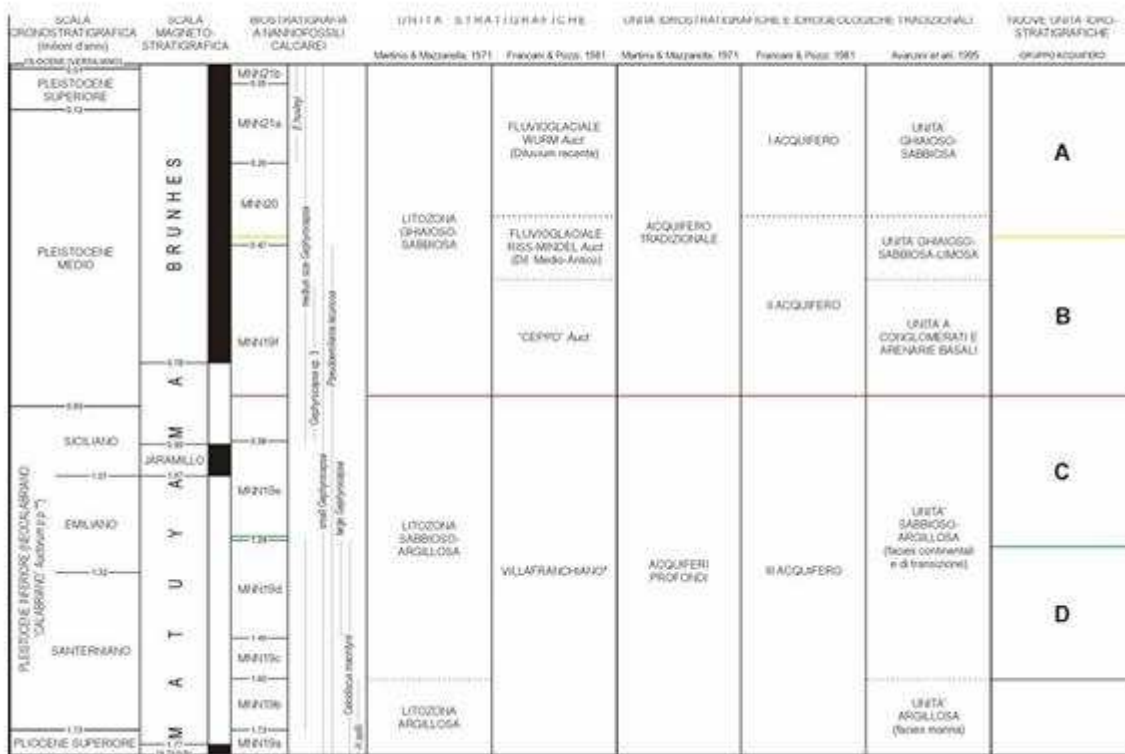
I primi due acquiferi sono normalmente conosciuti anche come acquifero tradizionale, mentre il terzo acquifero è chiamato acquifero profondo.

Attualmente si sintetizza la struttura idrogeologica con la presenza di 4 acquiferi principali (denominati A, B, C e D) ognuno con le proprie caratteristiche granulometriche e, in genere, separati da setti impermeabili o poco permeabili.

Grossomodo l'acquifero A corrisponde all'unità ghiaioso-sabbiosa, che fa parte del primo acquifero, contenente la falda idrica superficiale.

L'acquifero B, unità ghiaioso-sabbiosa-limosa e unità a conglomerati e arenarie basali corrisponde al secondo acquifero. Gli acquiferi A e B costituiscono grossomodo l'acquifero tradizionale.

Le unità C e D costituiscono il terzo e quarto acquifero, ossia gli acquiferi profondi.



Estratto da "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia"

La falda idrica locale presenta un livello piezometrico di circa 167 m s.l.m. (dato tratto dalla carta di inquadramento idrogeologico dello studio geologico a supporto del PGT, del maggio 2010 e con valori della piezometria aggiornati al marzo 2009), con una soggiacenza di circa 25 m.

La direzione di deflusso della falda idrica è grossomodo nord-sud.

Non sono presenti pozzi captati a scopo idropotabile nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto.

1.4 ANALISI CARTOGRAFIA/DOCUMENTAZIONE UFFICIALE

Il terreno d'edificazione fa parte di una zona sostanzialmente stabile e non interessata da dissesti. Queste ipotesi sono suffragate anche dall'analisi della cartografia ufficiale, come di seguito spiegato:

- *Cartografia del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia*

Non si segnala nella zona in esame la presenza di processi geomorfici e idrogeologici in atto che possano compromettere la stabilità dei luoghi.

- *Studio geologico a supporto del PGT del Comune (maggio 2010)*

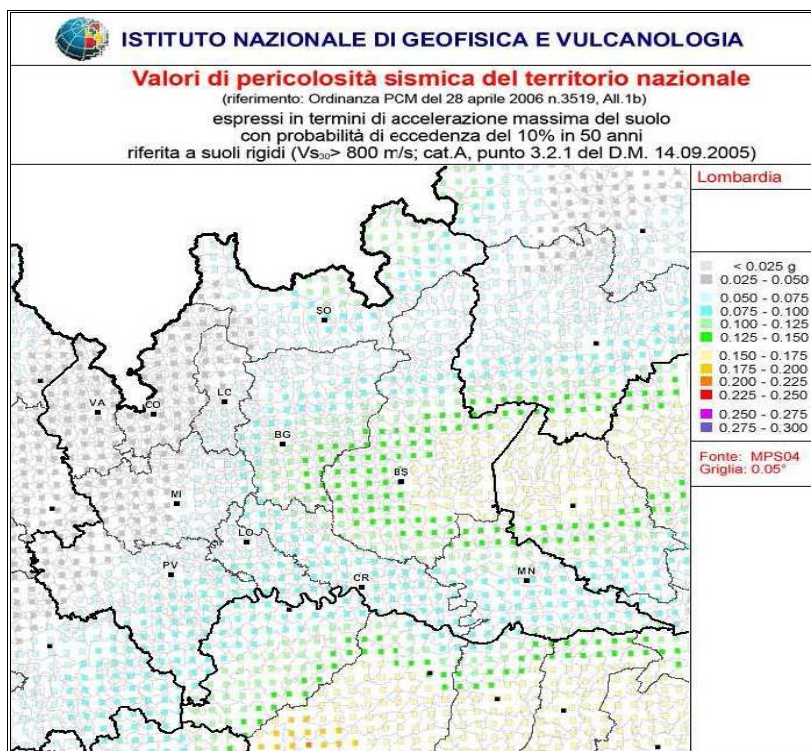
Carta di sintesi: non sono evidenziati dissesti geologici o idrogeologici in atto o potenziali; l'area è genericamente come area che presenta ridotte caratteristiche geotecniche, aree prevalentemente sabbioso-ghiaiose con locale presenza di lenti limoso-argillose.

Carta dei vincoli: l'area è sottoposta al vincolo del parco locale di interesse sovracomunale Parco del T. Molgora.

Carta di fattibilità: l'area in esame è inserita in classe di fattibilità 2c, fattibilità con modeste limitazioni, in particolare aree prevalentemente sabbioso-ghiaiose con locale presenza di lenti limoso-argillose.

1.5 INQUADRAMENTO SISMICO

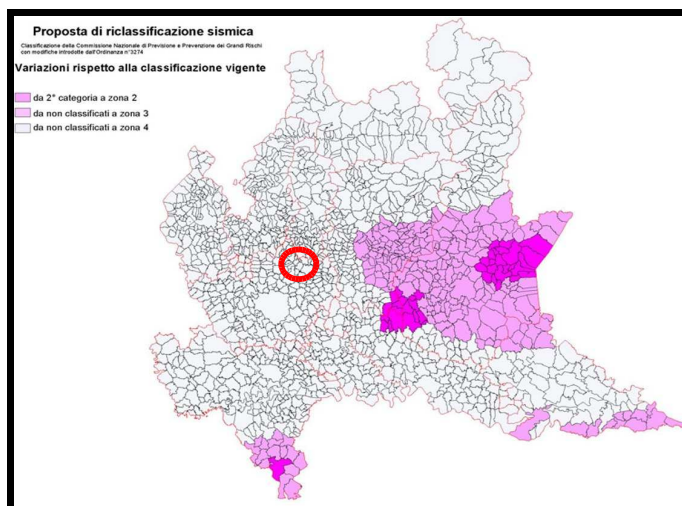
Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); ciascuna zona è contrassegnata da un valore del parametro di accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, secondo la tabella a pagina seguente.



| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g] | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g] |
|------|---|--|
| 1 | > 0,25 | 0,35 |
| 2 | 0,15-0,25 | 0,25 |
| 3 | 0,05-0,15 | 0,15 |
| 4 | <0,05 | 0,05 |

- Zona 1: zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti*
- Zona 2: zona in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti*
- Zona 3: zona in cui possono verificarsi scuotimenti modesti*
- Zona 4: zona meno pericolosa; possibilità di danni sismici basse*

Il territorio del comune di Vimercate è stato inserito in zona 4, caratterizzata da un valore di a_g pari a 0.05 g. nella tabella di classificazione sismica dei Comuni Italiani aggiornata all'anno 2006, come è visibile nello stralcio di cartografia e nello stralcio della tabella di classificazione seguenti.



La classificazione sismica dei terreni può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s , o sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, o sulla coesione non drenata media C_u ; in base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m;
- B - *Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NSPT > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C - *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D - *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- E - *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, su di un substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s);

a cui si aggiungono:

S1 -*Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;*

S2 -*Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.*

In relazione alle indagini eseguite, si ritiene che i terreni in esame siano preliminarmente riconducibili alla **Categoria B.**

Cenni sulle azioni sismiche e stati limite

Le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base del sito” di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento VR”), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità pari ad almeno un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento (PVR)”.

Ai fini delle NTC 2008, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (PVR), a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

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

Gli stati limite ultimi dinamici (SLU) sono:

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

Gli stati limite di esercizio (SLE) da considerare sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni e interruzioni d'uso significativi.
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile, pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I. estratta dalle NTC.

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

Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici

Al fine di valutare i parametri sismici caratteristici è stato utilizzato un software d'elaborazione ("PS" della Geostru), secondo i di input riportati di seguito, differenziando i risultati in relazione alla tipologia di opera prevista/verifica da effettuare.

Coordinate geografiche decimali: Lat. 45,61202

Long. 9,37032

Classe d'uso: II. Affollamento normale – assenza di strutture pubbliche.

Vita Nominale (ipotizzata): 50 anni

Opzione di calcolo: Stabilità pendio e fondazioni

Categoria di sottosuolo: Categoria B

Categoria Topografica (da morfologia locale, rif. Tab. 3.2.IV NTC): Categoria T1

Una volta identificate le coordinate geografiche, si determina la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia, moltiplicati per le distanze del punto.

I valori rispetto ai siti di riferimento sono i seguenti (Coordinate del file di calcolo espresse in ED50):

| | | | | |
|--------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| Sito 1 | ID: 11597 | Lat: 45,6140 | Lon: 9,3490 | Distanza: 1739,5 |
| Sito 2 | ID: 11598 | Lat: 45,6164 | Lon: 9,4203 | Distanza: 3829,8 |
| Sito 3 | ID: 11820 | Lat: 45,5665 | Lon: 9,4237 | Distanza: 6578,3 |
| Sito 4 | ID: 11819 | Lat: 45,5641 | Lon: 9,3525 | Distanza: 5624,2 |

Dall'elaborazione successiva otteniamo i tre valori caratteristici (a_g , F_0 , T_C^*) che definiscono le forme spettrali e che sono di seguito tabulati e differenziati in relazione alla tipologia di opera e di verifica da effettuare:

Stabilità dei pendii e fondazioni:

| STATO LIMITE | T_r (anni) | a_g (g) | F_0 | T_C^* (s) |
|---|--------------|-----------|-------|-------------|
| SLO (Operatività) | 30 | 0,022 | 2,540 | 0,181 |
| SLD (Danno) | 50 | 0,029 | 2,518 | 0,201 |
| SLV (Salvaguardia Vita) | 475 | 0,067 | 2,589 | 0,282 |
| SLC (Prevenzione Collasso) | 975 | 0,085 | 2,592 | 0,292 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni – coefficiente d'uso 1,0 | | | | |

Il passo successivo consiste nella valutazione di a_{max} (accelerazione massima attesa al sito), in pratica si tratta di “modificare” la forma spettrale del sottosuolo di categoria **B**, attraverso un coefficiente stratigrafico (S_s), un coefficiente topografico (S_t) e un coefficiente in funzione della categoria (C_c) che modifica il valore del periodo T_C .

Nel nostro caso inserendo i dati di input sopra esposti si ottengono i seguenti coefficienti correttivi:

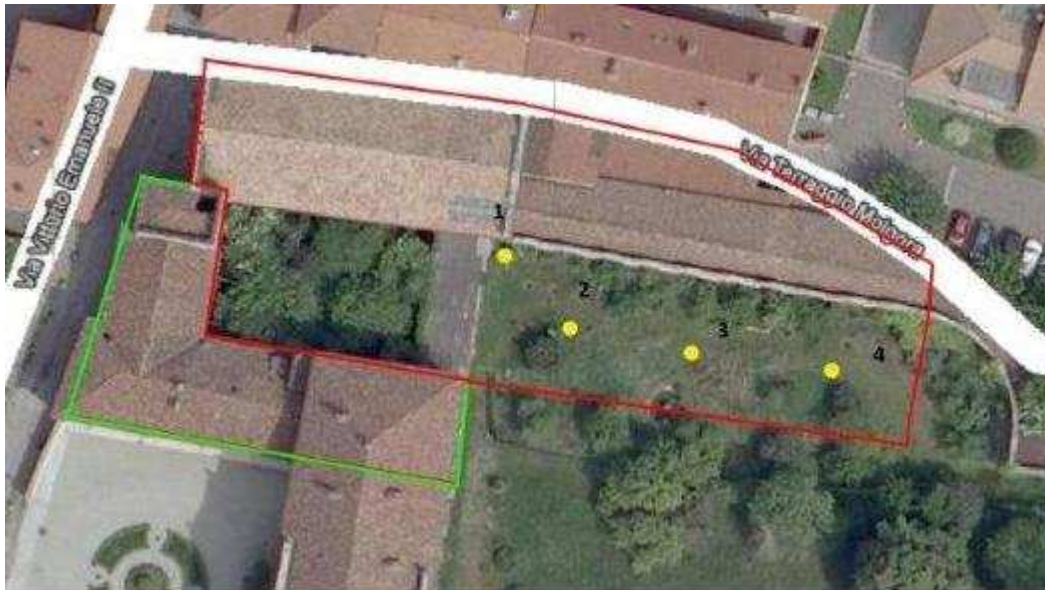
Stabilità dei pendii e fondazioni:

| STATO LIMITE | SLO (Operatività) | SLD (Danno) | SLV (Salvaguardia Vita) | SLC (Prevenzione Collasso) |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| S_s | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 |
| C_c | 1,550 | 1,520 | 1,420 | 1,410 |
| S_t | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| K_h | 0,005 | 0,006 | 0,014 | 0,018 |
| K_v | 0,002 | 0,003 | 0,007 | 0,009 |
| A_{max} (m/s) | 0,262 | 0,340 | 0,783 | 1,000 |
| β_s | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,180 |

2. RELAZIONE GEOGNOSTICA

E' stata eseguita una campagna di indagine per la verifica della consistenza e la stima della natura del terreno. Allo scopo sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche spinte fino al raggiungimento del rifiuto alla penetrazione.

Di seguito si riporta uno schema planimetrico con l'ubicazione delle prove eseguite.



Schema planimetrico stato di fatto con ubicazione prove penetrometriche

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Questa prova fornisce i dati per la determinazione delle proprietà del terreno attraverso la registrazione continua della resistenza alla penetrazione dinamica di una punta standard.

Attrezzatura

Il penetrometro utilizzato è della ditta PAGANI, modello TG63-100/200, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Peso massa battente: 73 kg

Altezza caduta libera: 75 cm

Diametro punta conica: 5,1 cm

Area base punta conica: 20,43 cm²

Angolo apertura punta: 60°

Lunghezza aste: 1 m

Avanzamento punta: 230 cm

Rendimento / Scpt : 1,1

Procedura

La prova viene eseguita battendo sulla testa delle aste, ad intervalli di avanzamento di 30 cm per volta, un maglio di 73 kg lasciato cadere da un'altezza di 0.75 m, con sistema di sganciamento automatico.

Nel corso della prova vengono annotati il numero di colpi necessari per raggiungere la penetrazione di 30 cm.

La prova è da considerarsi conclusa quando è stata raggiunta la profondità prefissata oppure quando sono registrati 100 o più colpi di resistenza all'avanzamento, che viene quindi considerato rifiuto.

Dati

Per ciascuna prova penetrometrica dinamica si redige un rapportino contenente le seguenti informazioni:

- nome e identificativo del progetto;
- data di esecuzione prova;
- numero della prova;
- massima profondità raggiunta;
- eventuale posa piezometro;
- annotazioni circa l'adozione di un'attrezzatura e/o procedura diversa da quella individuata nel presente documento.

STRATIGRAFIA

La natura dei terreni è stata dedotta dal numero di colpi necessari per l'avanzamento della punta conica e dall'osservazione dei residui litologici sulle aste, e da dati derivanti da indagini e rilievi eseguiti in aree limitrofe.

Lo stato di addensamento è stato misurato direttamente, rilevando la resistenza all'avanzamento della punta nel terreno. Dall'interpretazione delle informazioni acquisite tramite le prove penetrometriche si definisce un modello stratigrafico del terreni di fondazione; in particolare data la differenza di quota del piano inizio prove per una più facile comprensione della situazione stratigrafica – geotecnica dei terreni vengono proposti due modelli stratigrafici.

Di seguito si riportano i dati di campagna per ogni prova.

| Profondità (m) | SCPT 1 | SCPT 2 | SCPT 3 | SCPT 4 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| 0,3 | 7 | 6 | 3 | 4 |
| 0,6 | 2 | 8 | 2 | 3 |
| 0,9 | 4 | 10 | 3 | 2 |
| 1,2 | 4 | 5 | 1 | 2 |
| 1,5 | 7 | 7 | 1 | 7 |
| 1,8 | 15 | 9 | 3 | 6 |
| 2,1 | 22 | 14 | 6 | 4 |
| 2,4 | 15 | 19 | 9 | 4 |
| 2,7 | 11 | 10 | 17 | 4 |
| 3 | 16 | 13 | 31 | 6 |
| 3,3 | 17 | 14 | 37 | 5 |
| 3,6 | 15 | 14 | 40 | 18 |
| 3,9 | 13 | 15 | 43 | 33 |
| 4,2 | 19 | 17 | R | 37 |
| 4,5 | 45 | 20 | | 45 |
| 4,8 | 45 | 30 | | R |
| 5,1 | R | 43 | | |
| 5,4 | | R | | |

Legenda

| | |
|--|--------------------------------------|
| | Orizzonte superficiale molto sciolto |
| | Orizzonte sciolto |
| | Orizzonte moderatamente addensato |
| | Orizzonte addensato |
| | Rifiuto |

Per una più facile lettura dei risultati si consiglia di accompagnare la lettura del modello proposto con la sezione allegata a fine testo

Riassumendo si può quindi evidenziare la seguente stratigrafia.

| Orizzonte | Profondità in m da p.c. | Nspt | Stato di addensamento del terreno e probabile litologia/matrice |
|-----------|-------------------------|----------|---|
| A | Da 0.0 a -1.2/1.8 | 3 - -4 | Molto sciolto sabbia fine (solo nelle prove 3 e 4) |
| B | Da -0 a -1.5/3.0 | 6 - -8 | Sciolto – sabbia media |
| C | Da -1.5/3.0 a -4.2/4.5 | 17 - 20 | Moderatamente addensato – sabbia medio-grossolana |
| D | Fino a -3.9/5.1 | 41 - -50 | Addensato – ghiaie sabbiose con ciottoli |
| R | Oltre -4.2/5.4 | 100 | Rifiuto – probabile orizzonte molto addensato e/o ciottoloso |

La stratigrafia individuata dalle prove risulta essere piuttosto omogenea, con la presenza di terreni molto sciolti o sciolti superficiali, in particolar modo nelle prove 3 e 4 , dove si raggiunge lo spessore massimo di 3,6 m; più in profondità il grado di addensamento cresce fino alla massima profondità indagata, a -5,4 m da p,c, attuale.

Il rifiuto raggiunto da tutte le prove è causato molto probabilmente da un livello particolarmente addensato o da blocchi/ciottoli dispersi nella matrice sabbiosa che caratterizza in genere tali terreni (depositi fluvioglaciali).

PARAMETRI GEOTECNICI

Le informazioni acquisite durante la campagna di indagine sono state utilizzate per la caratterizzazione dei terreni.

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Si deve dunque apportare una correzione al dato ricavato in campagna secondo la seguente correlazione

$$N_{spt\ corretto} = n \times N_{spt}$$

Dove n= coefficiente correttivo che dipende dalla litologia

| Correlazione | Litologia |
|---------------------|-----------------------------------|
| NSPT = 1 x NSCPT | Ghiaie e ghiaie sabbiose |
| NSPT = 1.25 x NSCPT | Sabbie e ghiaie con fine plastico |
| NSPT = 1.5 x NSCPT | Sabbie con molto fine |
| NSPT = 2 x NSCPT | Limi |
| NSPT = 2.5 x NSCPT | Argille limose/sabbiose |
| NSPT = 3 x NSCPT | Argille |

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state determinate attraverso le correlazioni proposte dagli Autori, a partire dai valori di resistenza di punta registrati attraverso le prove Scpt e SPT normalizzati, riferite a terreni a comportamento generalmente granulare.

In particolare i parametri sono stati calcolati secondo:

- l'angolo d'attrito secondo la teoria di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956);
- il modulo di deformabilità secondo la teoria di Schmertmann (1978);
- il peso naturale del terreno stimato in base al numero di colpi, al tipo di terreno e a diverse tabelle di riferimento riportate in letteratura.

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche geotecniche individuate, con riferimento agli orizzonti stratigrafici descritti nel paragrafo precedente:

| Orizzonte | Nspt | Yt (t/m ³) | φ (°) | E (kg/cm ²) | Kw (kg/cm ³) |
|-----------|----------|---------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| A | 3 - -4 | 1.65-1.70 | 25-27 | 22-45 | 0.8-1.8 |
| B | 6 - -8 | 1.70-1.75 | 28-29 | 60-90 | 2.4-3.6 |
| C | 17 - 20 | 1.75-1.8 | 31-33 | 150-200 | 6 -8 |
| D | 41 - -50 | 1.8-1.85 | 35-38 | 300-350 | 12-14 |
| R | 100 | >1.9 | >38 | >350 | >14 |

dove:

Nspt = numero di colpi medi in base alla correlazione della prova Scpt con la Spt

Yt = peso naturale terreno (t/m³)

φ = angolo di attrito (°)

E = modulo elastico (kg/cm²)

Kw = coefficiente di reazione del terreno per una fondazione con B = 0.3 m (kg/cm³).

3. RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

3.1. PREMESSA

Le opere in progetto di possono inoltre individuare in classe d'uso II (art 2.4 comma 2.4.2 del D.M. 14 gennaio 2008) con vita nominale V_N 50 anni (tabella 2.4.1 articolo 2.4 comma 2.4.1 del D.M. 14 gennaio 2008).

| TIPI DI COSTRUZIONE | | Vita Nominale V_N (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹ | ≤ 10 |
| 2 | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | ≥ 50 |
| 3 | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica | ≥ 100 |

La normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003 ed NTC 2008) l'intero territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); il territorio del Comune di Vimercate è stato inserito nella zona sismica 4.

La tipologia dei terreni di fondazione in oggetto è presumibilmente ascrivibile alla **Categoria B**, ossia *Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NSPT > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina;

In funzione di quanto sopra detto, con riferimento all'articolo 2.7 del D.M. 14 gennaio 2008 che, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4, ammette il calcolo con metodi di verifica alla tensioni ammissibili. Per tali verifiche fa riferimento al D.M. 11.03.88 per le opere e i sistemi geotecnici.

Le azioni sismiche debbono comunque essere valutate assumendo pari a 5 il grado di sismicità.

3.2. CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

Il progetto edilizio prevede la ristrutturazione di un edificio esistente, con la realizzazione di nuovi vani; non sono previsti interrati.

Il piano posa fondazione è previsto a circa -1,0 m di profondità dal p.c. Attuale.

Le elaborazioni sono state condotte secondo la teoria classica, con la verifica alle tensioni ammissibili e con la verifica agli stati limite (NTC2008).

Per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali vengono utilizzate le formule di *Terzaghi* e di *Brich-Hansen* di seguito brevemente descritte.

La formula di *Terzaghi* può essere scritta:

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c + \gamma \times D \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_p \gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

La formula di *Brich-Hansen* per le condizioni drenate può essere scritta:

$$R/A' = c' N_c \times s_c \times i_c + q' N_q \times s_q \times i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$s_q = 1 + \text{sen}\phi'$ per forma quadrata o circolare

$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L')$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 0,7$ per forma quadrata o circolare

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Il piano posa fondazione, a circa -1 m da p.c. attuale, ricade nell'orizzonte molto sciolto (orizzonte A) e sciolto (orizzonte B).

Cautelativamente si assumono ai fini dei calcoli seguenti parametri medi

Orizzonte sciolto (Orizzonte A)

$\phi = 26^\circ$

$Y_t = 1.7 \text{ t/m}^3$

$E = 45 \text{ kg/cm}^2$

Assenza di falda idrica

Sono stati così ottenuti i seguenti valori di Pressione Ammissibile e di cedimenti relativi (teoria classica)

Fondazioni superficiali tipo trave poste su orizzonte molto sciolto / sciolto

Rinterro minimo 0.7 m, Fattore di Sicurezza $F_s=3$, profondità piano posa fondazioni -1,0 m

| B | Q_{lim} | Q_{amm} | Q_{tot} | Ced. Elast. | Ced. B & B |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| 0.5 | 18,9 | 6,3 | 3,15 | 0,8 | 1,3 |
| 1.0 | 24 | 8 | 8 | 1,5 | 2,6 |
| 1.5 | 29,1 | 9,7 | 14,5 | 2,3 | 4,1* |

dove:

$B =$ larghezza trave (m)

$Q_{lim} =$ Pressione limite

$Q_{amm} =$ Pressione ammissibile (t/m^2)

$Q_{tot} =$ Portata totale fondazione compreso peso proprio (t/m)

$Ced =$ Cedimenti relativi (cm)

* cedimenti non accettabili

Verifica agli stati limite (NTC2008)*

Fondazione superficiale tipo trave, rinterro minimo 0.7 m, profondità piano posa fondazioni -1,0 m, ipotizzando una larghezza B compresa tra 0,5 e 1,5 m.

Condizioni statiche

| | APPROCCIO1 | | APPROCCIO2 |
|------------|---|-----------------|-------------------|
| B | A1+M1+R1 | A2+M2+R2 | A1+M1+R3 |
| (m) | Resistenza di progetto Rd (kg/cm ²) | | |
| 0.5 | 2,11 | 0,69 | 0,92 |
| 1.0 | 2,58 | 0,82 | 1,12 |
| 1.5 | 3,05 | 0,96 | 1,32 |

A1+M1+R1= combinazioni previste per i due differenti approcci (NTC2008)

Resistenza di progetto Rd secondo Terzaghi

Prendendo come riferimento la combinazione A2+M2+R2, i valori di tensione sono confrontabili con i valori di Qamm. precedentemente calcolati.

Condizioni dinamiche

Fondazione superficiale tipo trave, rinterro minimo 0.7 m, profondità piano posa fondazioni -1,0 m, ipotizzando una larghezza B compresa tra 0,5 e 1,5 m.

| B | APPROCCIO 1 - SISMA | APPROCCIO 2 - SISMA |
|------------|---|----------------------------|
| (m) | Resistenza di progetto Rd (kg/cm ²) | |
| 0.5 | 0,65 | 0,87 |
| 1.0 | 0,76 | 1,03 |
| 1.5 | 0,86 | 1,18 |

*Per l'elaborazione automatica dei dati è stato utilizzato il codice di calcolo Loadcap versione 2010.10 della casa produttrice di software Geostru. La validazione del codice di calcolo, come richiesta al punto 10.2 del DM 14 Gennaio 2008, è scaricabile direttamente dal sito www.geostru.com alla pagina <http://www.geostru.com/get/it/ValidazioneC/Loadcap.pdf>.

Il presente capitolo non può essere considerato quale dimensionamento della fondazione (compito del progettista) ma semplicemente una analisi della possibile interazione opera/terreno al fine di meglio comprendere tale aspetto e provvedere al corretto dimensionamento (anche strutturale) delle fondazioni.

Pertanto le dimensioni inserite nel calcolo sono un puro riferimento ad una ipotesi e non devono essere considerate quali dimensionamento definitivo delle fondazioni.

Le portate risultano essere basse in quanto il piano posa fondazione si basa su orizzonti da molto sciolti a sciolti, in particolare nella zona delle prove 3 e 4 (vedi sezione stratigrafica).

Nel caso in cui si reputasse necessario incrementare tali portate, si consiglia di approfondire il piano posa fondazione di almeno 1 m in modo da basarsi su orizzonti sciolti/moderatamente addensati o in alternativa eseguire scavi a pozzo della stessa profondità e riempiti da magrone.

Fondazioni superficiali tipo trave poste su orizzonte sciolto / moderatamente addensato

Rinterro minimo 0.7 m, Fattore di Sicurezza $F_s=3$, profondità piano posa fondazioni -2,0 m

| B | <i>Q_{lim}</i> | <i>Q_{amm}</i> | <i>Q_{tot}</i> | <i>Ced. Elast.</i> | <i>Ced. B & B</i> |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 0.5 | 24,6 | 8,2 | 4,1 | 0,7 | 1,1 |
| 1.0 | 31,5 | 10,5 | 10,5 | 1,5 | 2,4 |
| 1.5 | 36 | 12 | 18 | 2,1 | 3,7* |

dove:

B = larghezza trave (m)

Q_{lim} = Pressione limite

Q_{amm} = Pressione ammissibile (t/m^2)

Q_{tot} = Portata totale fondazione compreso peso proprio (t/m)

Ced = Cedimenti relativi (cm)

*cedimenti non accettabili

3.3. VALUTAZIONE STABILITA' FRONTE DI SCAVO

Per quanto riguarda la stabilità dei fronti di scavo, essa è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura-precipitazioni), da eventuali venute d'acqua dai fronti stessi e dal tempo che lo scavo resterà aperto.

Nel caso in esame il progetto prevede fondazioni poste a -1 m di profondità.

Nel caso specifico quindi non vi sono particolari problematiche.

Solo nel caso in cui si prevede scavi di altezze superiori a 1,5/2 m si consiglia di sagomare il fronte di scavo con un'inclinazione massima di 55-60°, in assenza di sovraccarichi e di falda idrica.

Eventuali scavi in sezione ristretta d'altezza maggiore a 1.5 m, nei quali si presuppone la permanenza anche temporanea e/o il passaggio delle maestranze, dovranno essere messi in sicurezza tramite opere di sostegno anche provvisorie (armature, sbadacchiature, ecc.).

In ogni modo si ricorda quanto previsto dalla normativa:

- **Art. 12 e 13 D.P.R n 164 del 07/01/1956** norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni; **art 12** "quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno"; **art 13** "Nello scavo di pozzi o trincee profondi più di 1,5 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficientemente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno".
- **D.L.gs n 494 del 14/08/1996**, modificato dal **D.L.gs n 528 del 19/11/1999** Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.
- **Decreto presidente Consiglio dei Ministri 14/10/1997, n. 412** – Regolamento recante l'individuazione delle attività lavorative comportanti rischi particolarmente elevati, per le quali l'attività di vigilanza può essere esercitata dagli ispettori del Lavoro dalle Direzioni Provinciali del Lavoro.

Dott. Geol. Paolo Natale Mantica



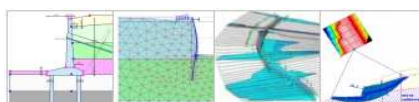
RESTAURA SRL

Relazione geologica e geotecnica preliminare a supporto nuovo intervento edilizio nel comune di Vimercate

Ottobre 2011

Elaborato : **Allegati**

Il professionista: Dott. Geol. Paolo Natale Mantica



Ingegneria Civile e Geotecnica

Ing. Andrea Riva

www.andreariva.it

mail@andreariva.it

**Studio di Geologia - Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia
ambientale, bonifiche**

Geol. Paolo Mantica – Geol. Michela Innocenti

geo-tecnica@virgilio.it

SEDE OPERATIVA: Viale Romagna, 36 20900 Monza

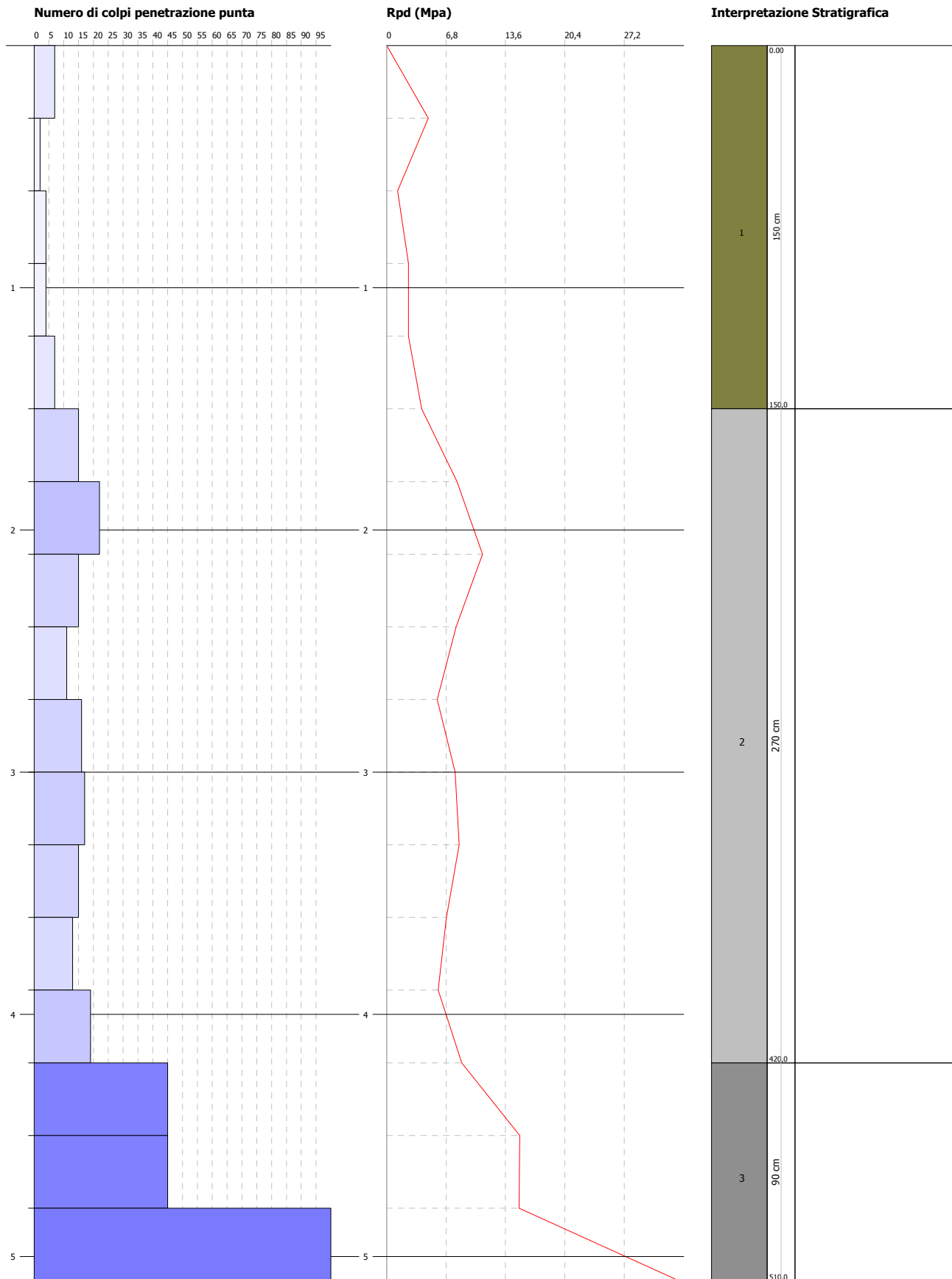
Tel. Fax 039/9731327

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Restaura Srl
 Cantiere : Villa Sottocasa
 Località :

Data :28/09/2011

Scala 1:23



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Gibbs & Holtz 1957 | 35,26 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Gibbs & Holtz 1957 | 54,59 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Gibbs & Holtz 1957 | 86,83 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Sowers (1961) | 30,42 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Sowers (1961) | 36,01 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Sowers (1961) | 59,92 |

Modulo di Young

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Bowles (1982) Sabbia Media | 21,38 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Bowles (1982) Sabbia Media | 63,25 |

Modulo Edometrico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 4,43 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 8,45 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 25,65 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Classificazione A.G.I. 1977 | POCO ADDENSATO |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Meyerhof ed altri | 16,48 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Meyerhof ed altri | 20,79 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Meyerhof ed altri | 24,52 |

Peso unità di volume saturo

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (KN/m³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 18,73 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |

| | | | | | |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|

Modulo di Poisson

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | (A.G.I.) | 0,34 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | (A.G.I.) | 0,3 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | (A.G.I.) | 0,12 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 48,39 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 149,08 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 546,88 |

Velocità onde

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Ohta & Goto (1978) Limi | 93,978 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Ohta & Goto (1978) Limi | 149,575 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Ohta & Goto (1978) Limi | 208,823 |

Modulo di reazione Ko

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko (Kg/cm ³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Navfac 1971-1982 | 1,81 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Navfac 1971-1982 | 5,41 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Navfac 1971-1982 | 11,93 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

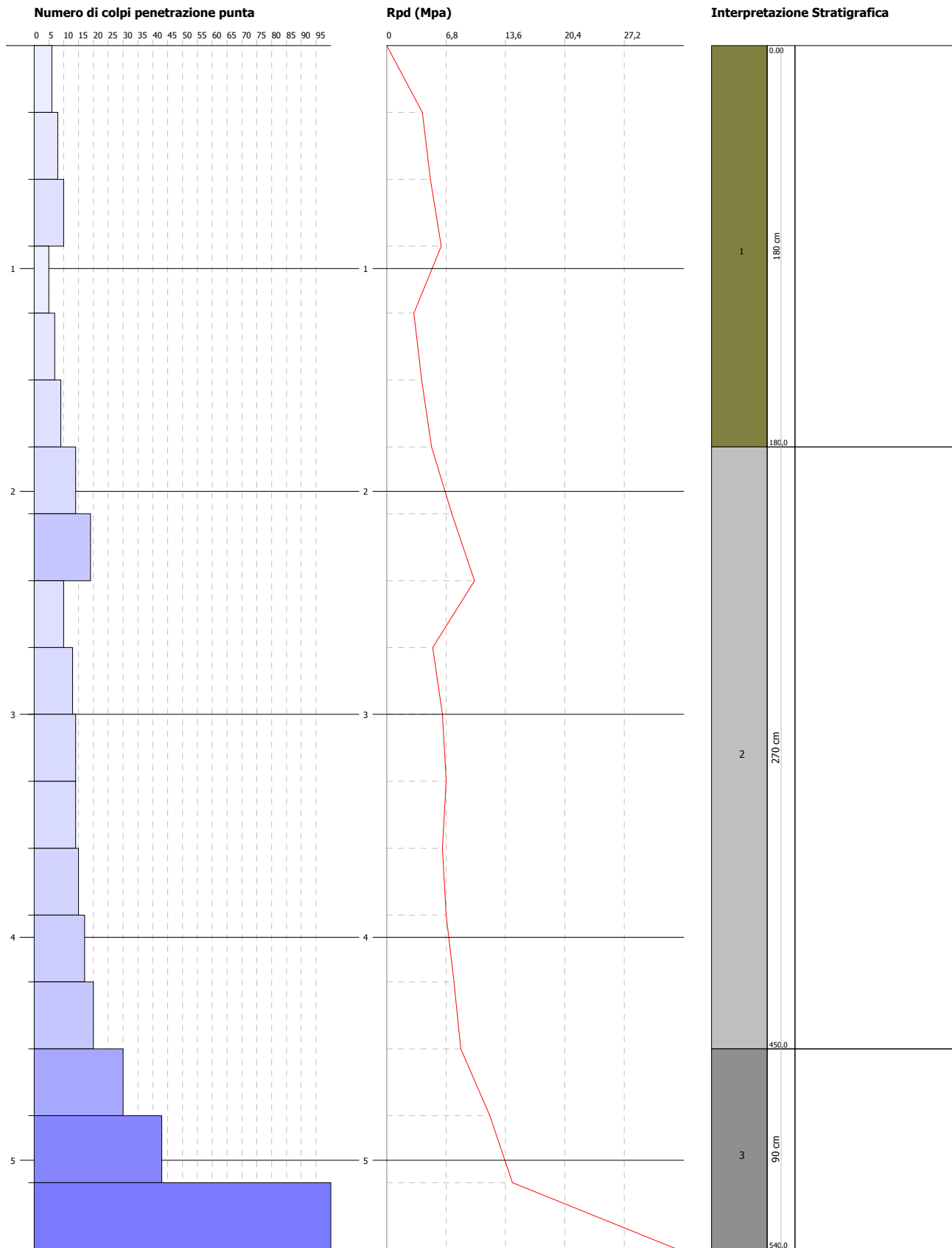
| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 8,64 | 1,50 | 8,64 | Robertson 1983 | 1,69 |
| Strato 2 | 28,6 | 4,20 | 28,6 | Robertson 1983 | 5,61 |
| Strato 3 | 113,99 | 5,10 | 113,99 | Robertson 1983 | 22,36 |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Restaura Srl
 Cantiere : Villa Sottocasa
 Località :

Data :28/09/2011

Scala 1:25



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Gibbs & Holtz 1957 | 44,23 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Gibbs & Holtz 1957 | 51,89 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Gibbs & Holtz 1957 | 82,39 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Sowers (1961) | 31,78 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Sowers (1961) | 35,62 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Sowers (1961) | 57,07 |

Modulo di Young

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Bowles (1982) Sabbia Media | 13,97 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Bowles (1982) Sabbia Media | 20,69 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Bowles (1982) Sabbia Media | 58,26 |

Modulo Edometrico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 5,41 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 8,17 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 23,60 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENT E ADDENSATO |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENT E ADDENSATO |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Meyerhof ed altri | 18,04 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Meyerhof ed altri | 20,69 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Meyerhof ed altri | 24,52 |

Peso unità di volume saturo

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (KN/m³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 19,02 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |

| | | | | | |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|

Modulo di Poisson

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | (A.G.I.) | 0,33 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | (A.G.I.) | 0,3 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | (A.G.I.) | 0,14 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 73,61 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 142,21 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 500,84 |

Velocità onde

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Ohta & Goto (1978) Limi | 105,157 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Ohta & Goto (1978) Limi | 151,173 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Ohta & Goto (1978) Limi | 207,965 |

Modulo di reazione Ko

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko (Kg/cm ³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Navfac 1971-1982 | 2,83 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Navfac 1971-1982 | 5,21 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Navfac 1971-1982 | 11,93 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

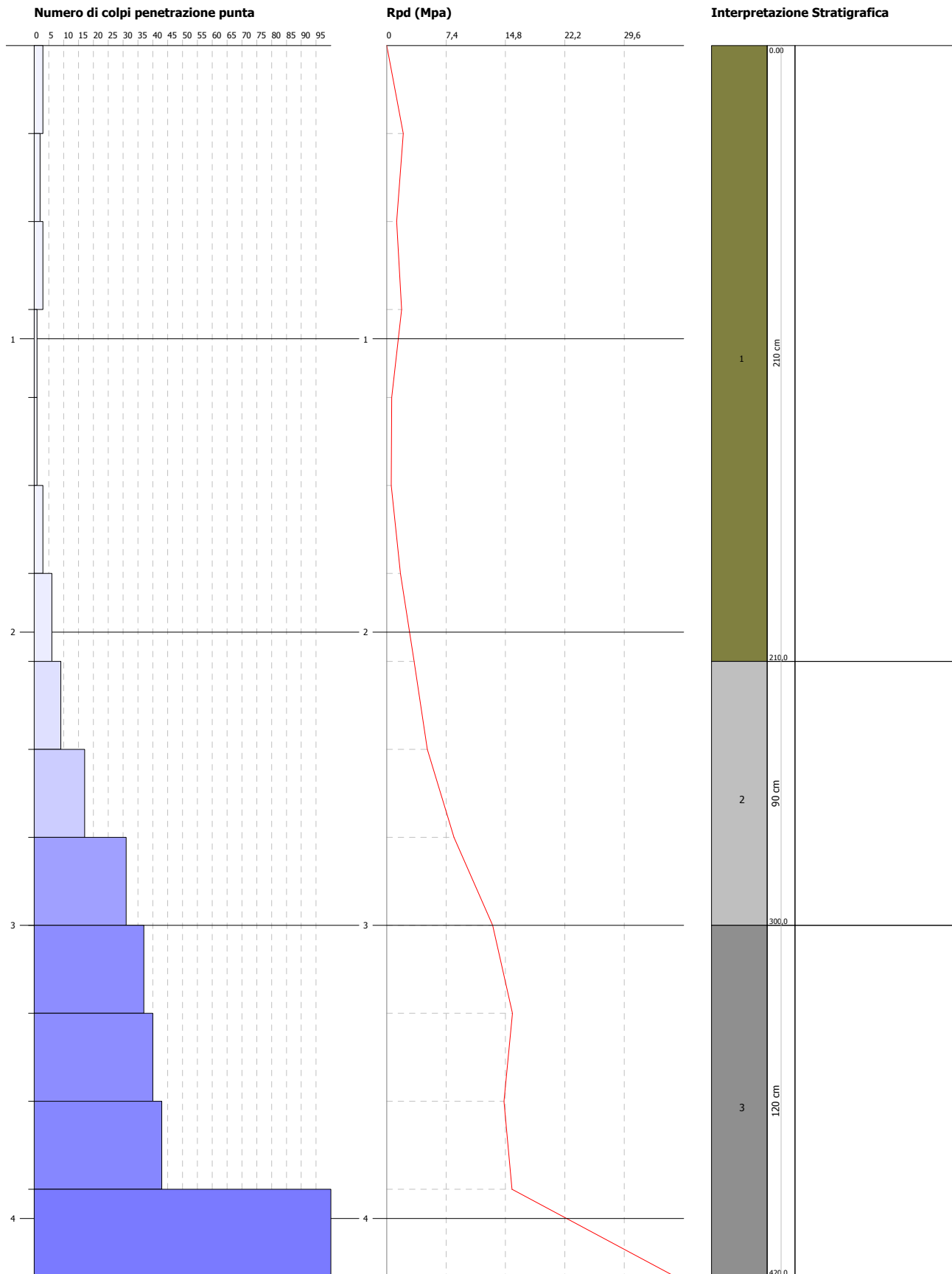
| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 13,5 | 1,80 | 13,5 | Robertson 1983 | 2,65 |
| Strato 2 | 27,2 | 4,50 | 27,2 | Robertson 1983 | 5,33 |
| Strato 3 | 103,81 | 5,40 | 103,81 | Robertson 1983 | 20,36 |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Restaura Srl
Cantiere : Villa Sottocasa
Località :

Data :28/09/2011

Scala 1:19



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Gibbs & Holtz 1957 | 23,25 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Gibbs & Holtz 1957 | 61,74 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Gibbs & Holtz 1957 | 87,88 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Sowers (1961) | 29,37 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Sowers (1961) | 37,58 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Sowers (1961) | 55,72 |

Modulo di Young

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Bowles (1982) Sabbia Media | 24,12 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Bowles (1982) Sabbia Media | 55,90 |

Modulo Edometrico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 3,68 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 9,58 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 22,63 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Classificazione A.G.I. 1977 | POCO ADDENSATO |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Classificazione A.G.I. 1977 | ADDENSATO |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Meyerhof ed altri | 15,00 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Meyerhof ed altri | 21,28 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Meyerhof ed altri | 24,52 |

Peso unità di volume saturo

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (KN/m³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 18,53 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |

| | | | | | |
|----------|----|------|----|-------------------------|-----|
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |
|----------|----|------|----|-------------------------|-----|

Modulo di Poisson

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | (A.G.I.) | 0,34 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | (A.G.I.) | 0,29 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | (A.G.I.) | 0,15 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 28,28 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 176,37 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 479,00 |

Velocità onde

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|----------|------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Ohta & Goto (1978) Limi | 90,846 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Ohta & Goto (1978) Limi | 150,998 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Ohta & Goto (1978) Limi | 193,969 |

Modulo di reazione Ko

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko (Kg/cm ³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Navfac 1971-1982 | 0,96 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Navfac 1971-1982 | 6,17 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Navfac 1971-1982 | 11,93 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

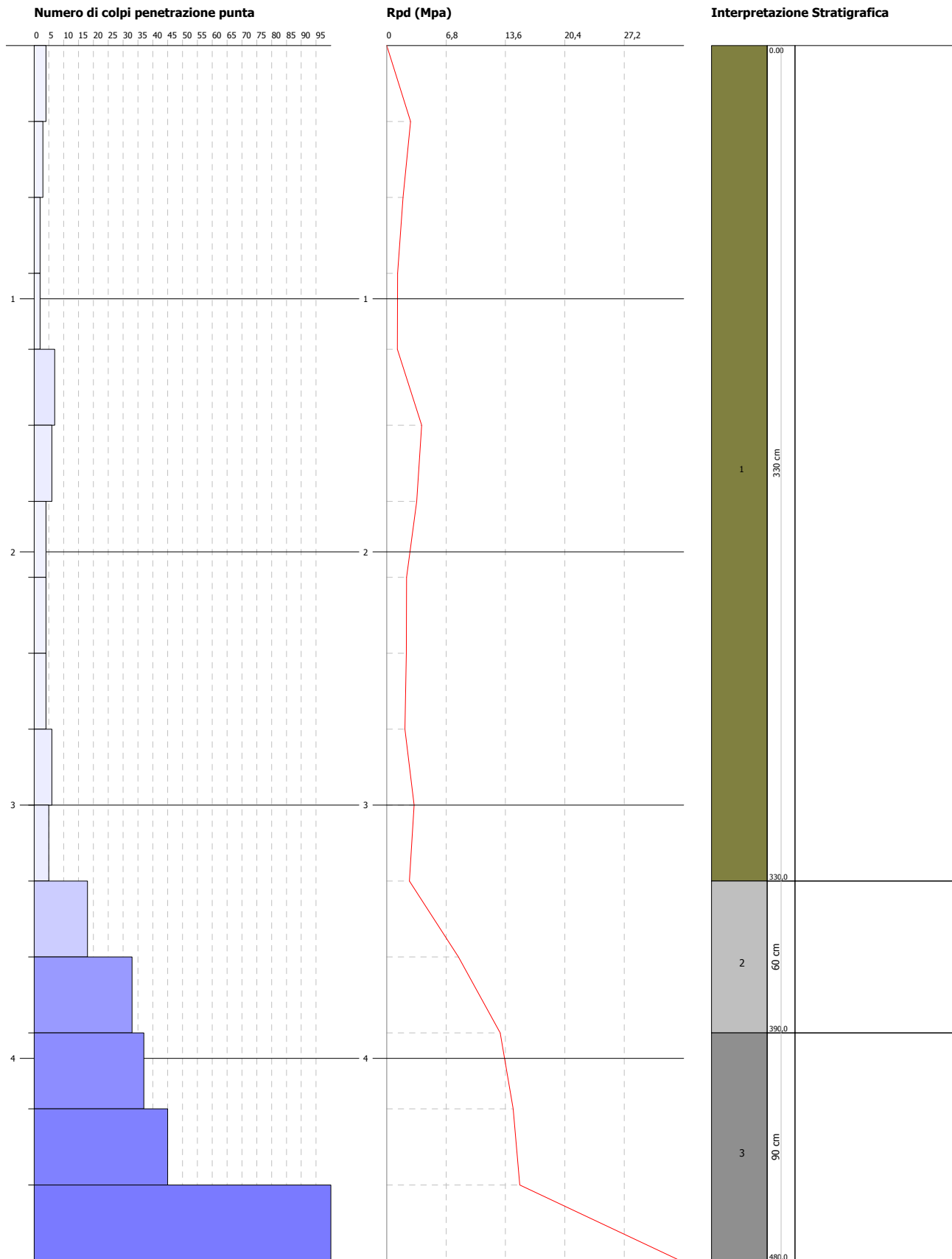
| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 4,88 | 2,10 | 4,88 | Robertson 1983 | 0,96 |
| Strato 2 | 34,2 | 3,00 | 34,2 | Robertson 1983 | 6,71 |
| Strato 3 | 99 | 4,20 | 99 | Robertson 1983 | 19,42 |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Restaura Srl
 Cantiere : Villa Sottocasa
 Località :

Data :28/09/2011

Scala 1:22



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Gibbs & Holtz 1957 | 29,91 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Gibbs & Holtz 1957 | 65,77 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Gibbs & Holtz 1957 | 88,4 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Sowers (1961) | 30,15 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Sowers (1961) | 40,85 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Sowers (1961) | 58,58 |

Modulo di Young

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Bowles (1982) Sabbia Media | 29,86 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Bowles (1982) Sabbia Media | 60,90 |

Modulo Edometrico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 4,24 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 11,94 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 24,69 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Classificazione A.G.I. 1977 | POCO ADDENSATO |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Classificazione A.G.I. 1977 | ADDENSATO |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (KN/m³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Meyerhof ed altri | 16,18 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Meyerhof ed altri | 21,77 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Meyerhof ed altri | 24,52 |

Peso unità di volume saturo

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (KN/m³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 18,63 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |

| | | | | | |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | --- |
|----------|--------|------|--------|-------------------------|-----|

Modulo di Poisson

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | (A.G.I.) | 0,34 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | (A.G.I.) | 0,26 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | (A.G.I.) | 0,13 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 43,37 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 232,56 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 525,29 |

Velocità onde

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Ohta & Goto (1978) Limi | 107,241 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Ohta & Goto (1978) Limi | 169,817 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Ohta & Goto (1978) Limi | 204,63 |

Modulo di reazione Ko

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko (Kg/cm ³) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Navfac 1971-1982 | 1,60 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Navfac 1971-1982 | 7,62 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Navfac 1971-1982 | 11,93 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Mpa) |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 7,69 | 3,30 | 7,69 | Robertson 1983 | 1,51 |
| Strato 2 | 45,9 | 3,90 | 45,9 | Robertson 1983 | 9,00 |
| Strato 3 | 109,21 | 4,80 | 109,21 | Robertson 1983 | 21,42 |

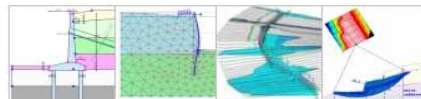
RESTAURA SRL

Relazione geologica e geotecnica preliminare a supporto nuovo intervento edilizio nel comune di Vimercate

Ottobre 2011

Elaborato : **Tavole**

Il professionista: Dott. Geol. Paolo Natale Mantica



Ingegneria Civile e Geotecnica

Ing. Andrea Riva

www.andreariva.it

mail@andreariva.it

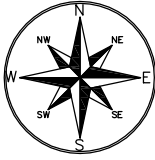
**Studio di Geologia - Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia
ambientale, bonifiche**

Geol. Paolo Mantica – Geol. Michela Innocenti

geo-tecnica@virgilio.it

SEDE OPERATIVA: Viale Romagna, 36 20900 Monza

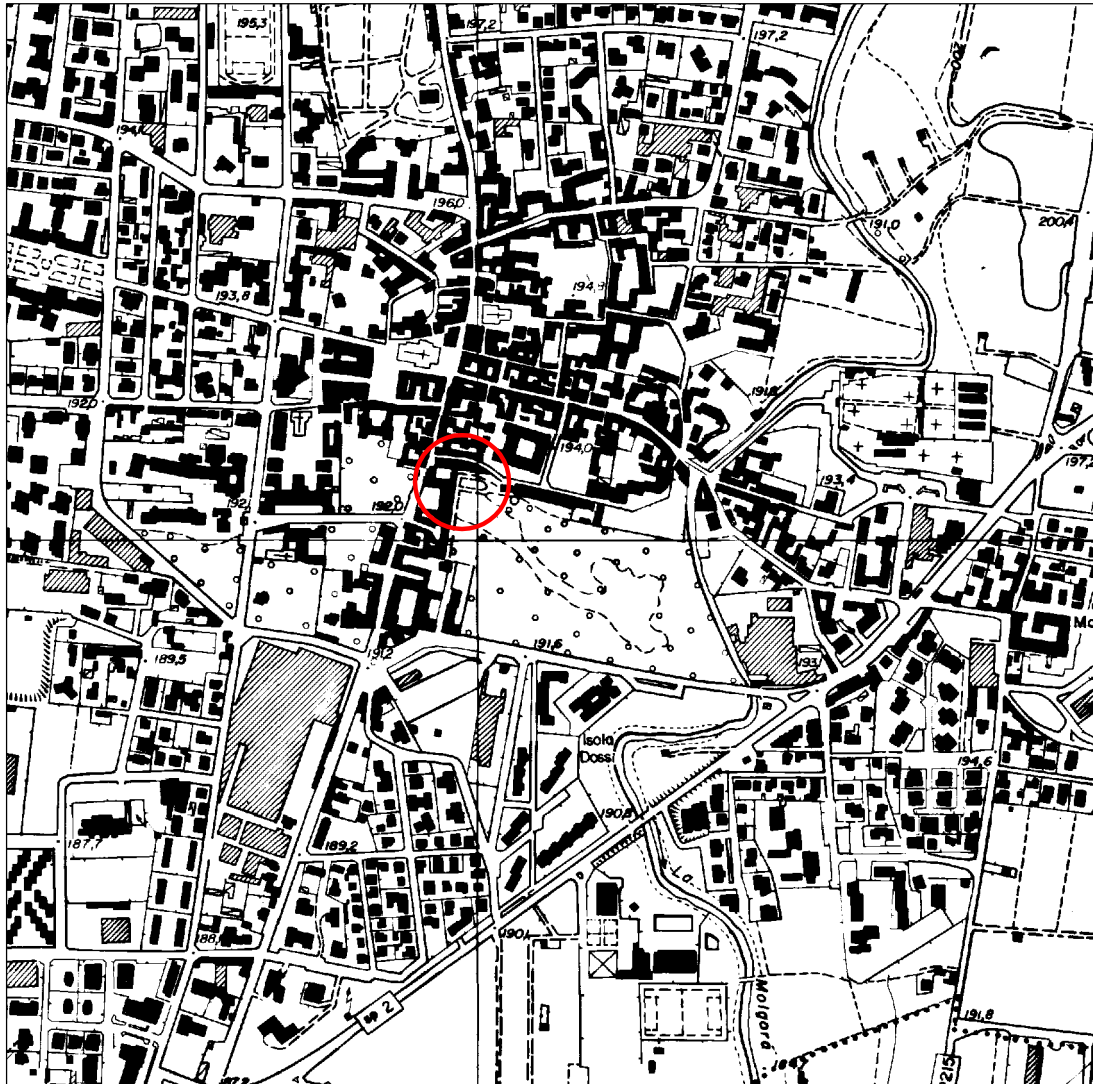
Tel. Fax 039/9731327



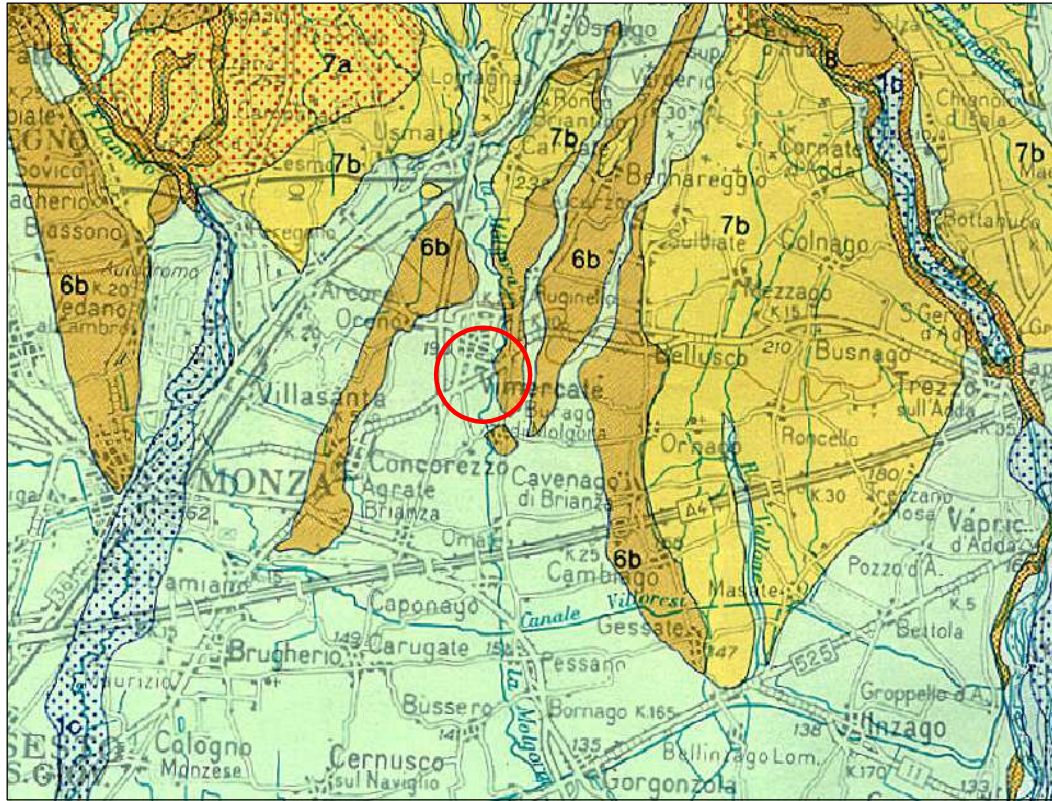
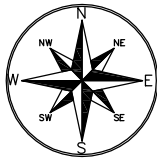
Studio di Geologia

Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia ambientale, bonifiche
Ingegneria Civile e Geotecnica

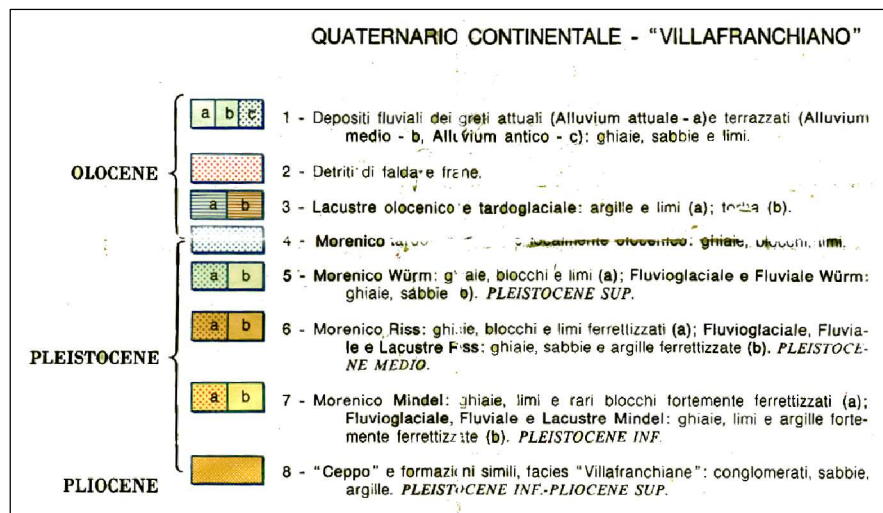
Geol. P.N. Mantica – Geol. M. Innocenti – Ing. A.Riva

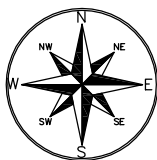


scala 1:10.000



Carta geologica
 scala grafica





Studio di Geologia

Indagini geognostiche, geotecnica, idrogeologia, geologia ambientale, bonifiche

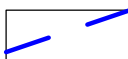
Ingegneria Civile e Geotecnica

Geol. P.N. Mantica – Geol. M. Innocenti – Ing. A.Riva



Tratto da Carta geologica dello Studio geologico a supporto del PGT

Carta idrogeologica
scala 1:10.000



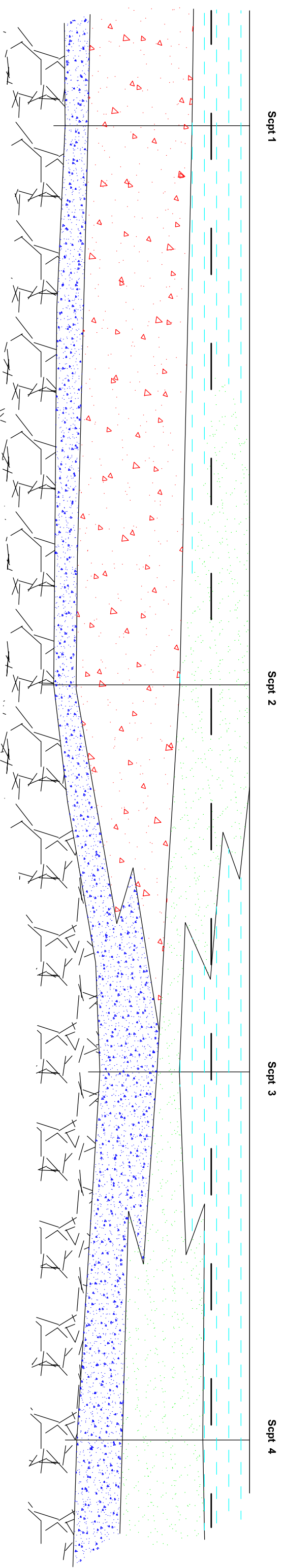
Curve isopiezometriche (marzo 2009)



Direzione di deflusso falda idrica

W







E



Sezione geotecnica
 scala 1:100

PARAMETRI GEOTECNICI

| STRATO | γ (t/m^3) | φ ($^\circ$) | E (kg/cm^2) | Cu |
|--------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----|
| 1 | 1.65-1.70 | 25-27 | 22-45 | — |
| 2 | 1.70-1.75 | 28-29 | 60-90 | — |
| 3 | 1.75-1.8 | 31-33 | 150-200 | — |
| 4 | 1.80-1.85 | 35-38 | 300-350 | — |
| 5 | >1.9 | >38 | >350 | — |

-  Orizzonte A: molto sciolto
Nspt=3-4
-  Orizzonte B: sciolto
Nspt=6-8
-  Orizzonte C: moderatamente addensato
Nspt=15-17
-  Orizzonte D: molto addensato
Nspt=39-50
-  Orizzonte E: molto addensato
Nspt>100 Rifiuto
-  Piano posa fondazione