

## **1. PREMESSA**

La presente relazione ha come obiettivo la valutazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche di un'area sita in Torino, in Via Thures 11, in cui è prevista la demolizione della scuola dell'infanzia esistente, e l'edificazione di una nuova.

Al fine di caratterizzare l'area di futura edificazione, sono state condotte alcune indagini in sito che hanno permesso di accertare la natura dei terreni di fondazione e di definire i parametri geotecnici necessari per valutare i carichi ammissibili e l'entità dei cedimenti.

Le indagini sono consistite nella realizzazione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, finalizzati in particolare a valutare lo spessore dei terreni di riporto e l'eventuale presenza di livelli di suolo sepolti o di livelli alterati.

Sono inoltre state realizzate n. 6 prove S.P.T. in foro, al fine di stimare i parametri geomeccanici dei terreni di fondazione.

L'esposizione dei risultati emersi dalle indagini, nonché le analisi, le elaborazioni ed i calcoli relativi alle opere di fondazione saranno l'oggetto dei successivi paragrafi della presente relazione.

## **2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA**

L'area in oggetto è ubicata in comune di Torino, ad una quota di circa 280 m s.l.m., in un'area collocata a circa 1,8 km di distanza dall'alveo della Dora Riparia (Fig. 1).

Da un punto di vista geomorfologico, l'area in esame si presenta sostanzialmente tabulare.

L'area del futuro intervento appartiene al terrazzo rissiano, che costituisce il livello fondamentale della pianura.

Il terrazzo rissiano è inciso dai corsi d'acqua attuali, come si può osservare in prossimità dell'alveo della Dora Riparia, dove è presente un'evidente scarpata, alta circa 10 m, al di sotto della quale si estende una stretta fascia di depositi alluvionali recenti.

Nelle vicinanze dell'area non sono presenti corsi d'acqua naturali o artificiali degni di nota.

L'area non ricade all'interno di aree esondabili.

Per quanto riguarda la geologia, la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 56 "Torino", indica come, nell'area in esame, il litotipo affiorante sia costituito da "Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati" attribuibili al "Fluvioglaciale e fluviale Riss", di età pleistocenica superiore.

I depositi alluvionali del Riss poggiano, a loro volta, su dei depositi ghiaioso-sabbiosi, sempre di origine fluviale o fluvioglaciale, di età pleistocenica media o inferiore (fluvioglaciale Mindel).

I depositi alluvionali del Riss e del Mindel sono caratterizzati, nell'area in esame, dalla presenza di livelli più o meno intensamente cementati.

Recenti studi di dettaglio (S. Lucchesi, 2001)<sup>1</sup> hanno messo in evidenza come lo spessore complessivo dei depositi ghiaioso-sabbiosi fluviali o fluvioglaciali quaternari, nell'area in esame, sia pari a circa 60 m.

Tale ricostruzione ben si accorda con quanto si può osservare sulla stratigrafia di un pozzo industriale ubicato a circa 600 m a Sud/Est del sito in esame (Fig. 2).

Alla base dei depositi fluviali quaternari compaiono i depositi del complesso Villafranchiano.

Tali depositi, di ambiente continentale fluviolacustre, hanno un'età compresa tra il Pleistocene inferiore e il Pliocene superiore.

Dal punto di vista litologico, i depositi villafranchiani si caratterizzano per l'alternanza di sedimenti grossolani di ambiente fluviale (sabbie e ghiaie) e di sedimenti fini di ambiente lacustre e palustre (limi e argille, sovente con livelli torbosi).

La falda freatica è collocata, nell'area in esame, ad una profondità di oltre 25-30 m dal piano campagna.

---

<sup>1</sup> S. Lucchesi, 2001: "Sintesi preliminare dei dati di sottosuolo della pianura piemontese centrale". GEAM Geoingegneria Ambientale e Mineraria, Rivista dell'Associazione Georisorse e Ambiente, A. XXXVIII, n° 2-3, 2001

### **3. INDAGINE GEOGNOSTICA**

Nell'area in cui dovrà essere edificato il nuovo edificio scolastico è presente, al momento attuale, il vecchio edificio scolastico, ancora in uso, che dovrà successivamente essere demolito.

Il lato Ovest dell'area in esame si trova allo stesso livello della adiacente Via Thures, mentre i lati Sud e Est sono mediamente sollevati di circa 80-100 cm rispetto alle aree adiacenti.

L'area dove sorgerà il nuovo edificio scolastico è sostanzialmente pianeggiante. Al fine di accertare la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, e di accertare la presenza di eventuali strati di terreno di riporto, sono stati realizzati, in data 17/03/2006 n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino a 5 m di profondità

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state realizzate n. 6 prove penetrometriche S.P.T. in foro.

L'ubicazione delle indagini effettuate, in rapporto con l'edificio scolastico in progetto, è illustrata in Fig. 3.

La presenza di un edificio scolastico tuttora in uso nell'area interessata dalla futura edificazione, ha condizionato il piano d'indagine, considerato che non era possibile realizzare i sondaggi all'interno dell'edificio.

Le indagini sono state pertanto realizzate all'esterno dell'attuale scuola.

### 3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

L'ubicazione dei due sondaggi realizzati è illustrata in Fig. 2, mentre in allegato alla presente relazione è riportata la documentazione fotografica.

I sondaggi sono stati eseguiti con sonda Atlas cingolata, con avanzamento a rotazione a carotaggio continuo, diametro  $\phi = 130$  mm, rivestimento con tubazione  $\phi = 152$  mm.

I terreni prelevati nel corso dell'esecuzione del sondaggio sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici (vedere foto 2 e 3).

I fori di sondaggio, a lavori ultimati, sono stati riempiti e sigillati alla sommità con cemento.

Le indagini hanno consentito di ricostruire la stratigrafia dell'area nei primi 5 metri del sottosuolo, come illustrato graficamente nelle Figg. 4 e 5.

Dall'alto verso il basso, si riconoscono i seguenti strati:

- terreni di riporto costituiti da materiali di demolizione (principalmente frammenti di laterizi) in matrice limoso-sabbioso-ghiaiosa, sino ad una profondità compresa tra 1,0 e 1,2 m circa;
- limo nocciola o marroncino, mediamente compatto (loess), sino alla profondità di circa 1,5-1,7 dal piano campagna.
- ghiaie sabbiose con ciottoli arrotondati,  $\phi$  max = circa 15 cm, a partire dalla profondità di circa 1,5-1,7 m. Lo strato ghiaioso si presenta leggermente alterato e di colore merroncino-nocciola alla sommità, per circa 30-40 cm. Al di sotto di tale quota le ghiaie sono di colore grigio e normalmente assai addensate.

### 3.2 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

La prova S.P.T. consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica di diametro pari a 51 mm, con angolo al vertice di 60°, infissa nel terreno mediante percussione su una apposita testa di battuta, da parte di un maglio del peso di 63,5 kg, lasciato cadere da un'altezza di 76 cm. (Foto 4).

La procedura operativa consiste nel misurare il numero di colpi di maglio necessari a far avanzare la punta per tre tratti, ciascuno della lunghezza di 15 cm.

Il numero di colpi corrispondente all'avanzamento dei primi 15 cm non viene computato, in quanto il terreno è potenzialmente disturbato dalle operazioni di carotaggio.

Nei calcoli viene invece considerata la somma dei valori relativi ai 2 avanzamenti successivi (Nspt).

Se il numero di colpi per ogni avanzamento è superiore a 50, la prova viene conclusa (prova a "rifiuto").

La prova S.P.T., attraverso delle correlazioni empiriche, fornisce un'indicazione sul grado di addensamento dei terreni e sulla sua deformabilità.

Nel caso in esame, sono state eseguite n. 6 prove S.P.T., a profondità comprese tra 1,5 e 4,5 m, nell'ambito dei terreni ghiaioso-sabbiosi.

I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

Sondaggio S1:

-1,5 m	Nspt = 31
-3,0 m	Nspt = 57
-4,5 m	Nspt = 86

Sondaggio S2

-1,7 m	Nspt = 20
-3,0 m	Nspt = 52
-4,5 m	Nspt = Rifiuto

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'indagine stratigrafica e la prova penetrometrica hanno messo in evidenza che il sottosuolo è caratterizzato, sino a 1,5-1,7 m di profondità, da materiali di riporto e terreni limosi, di caratteristiche geotecniche scadenti o mediocri.

A partire da 1,5-1,7 m dal piano campagna compare il terreno naturale costituito da delle ghiaie sabbiose con ciottoli, parzialmente alterate nei primi 40-50 cm, fresche e assai addensate al di sotto.

In base a considerazioni geologiche di carattere generale (vedi cap. 2), si evince che il terreno ghiaioso-sabbioso è presente con continuità sino alla profondità di circa 60 m.

L'assenza di falda idrica sino ad almeno 25-30 m di profondità, consente di escludere la possibilità di fenomeni di liquefazione dei terreni.

Le prove S.P.T. eseguite nello strato ghiaioso-sabbioso hanno fornito dei valori medio-elevati a profondità comprese tra 1,5 e 2 m, ( $N_{spt}$  medio = 25) mentre a profondità superiori si sono osservati dei valori molto elevati ( $N_{spt}$  superiori a 50 o rifiuto).

Come descritto al prossimo capitolo, le fondazioni dell'edificio in progetto saranno posate sul terreno naturale ghiaioso-sabbioso.

Per la determinazione dei parametri geomeccanici dei terreni di fondazione, si terrà prudenzialmente conto dei risultati delle prove S.P.T. effettuate in prossimità della quota di imposta della fondazione, ovvero a quote comprese tra 1,5 e 2 m di profondità.

Come riferimento verrà pertanto assunto il valore  **$N_{spt} = 25$**

Il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi$  dei terreni viene eseguito in due fasi:

- verrà innanzi tutto calcolato, con BAZARAA, il valore della Densità Relativa  $D_R$ , tramite la relazione  $D_r = (N_{spt}/20 \cdot (3,25 + \sigma_{v0}))^{1/2}$ , dove  $\sigma_{v0}$  è il carico verticale unitario registrato a metà dello strato considerato.
- successivamente, dalla Densità Relativa  $D_R$  si otterrà l'angolo di attrito interno dei terreni, seguendo le indicazioni suggerite da MAYERHOF:

$$\Phi = 25 + 25 \cdot D_R$$

Per lo strato ghiaioso-sabbioso addensato ( $N_{spt} = 25$  e  $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ ) si ottiene:

$$D_r = 0,59$$

$$\phi' = 40^\circ$$

$\phi'$  rappresenta l'angolo di resistenza al taglio di picco.

Nei problemi di stabilità di una fondazione è tuttavia più opportuno prendere in considerazione l'angolo di resistenza al taglio a volume costante  $\phi_{cv}$ .

Considerata la natura dei terreni e i valori di  $N_{spt}$  osservati si assumerà:

$$\phi_{cv} = \underline{\underline{35^\circ}}.$$



## 5 CARATTERISTICHE DELLE OPERE DI FONDAZIONE

Vista la buona natura litologica e geomeccanica dei terreni, è certamente possibile trasmettere al sottosuolo i carichi previsti con delle fondazioni dirette.

Nel caso in esame, il progetto prevede la realizzazione di una fondazione diretta costituita da travi rovesce, di larghezza pari a 0,9 m, incrociate in un reticolo la cui maglia è mediamente ampia circa 4 m.

La base della fondazione dovrà, in ogni caso, appoggiarsi sui terreni ghiaioso-sabbiosi non alterati, collocati mediamente ad una profondità di 1,8-2 m.

## 6 CALCOLO DEI CEDIMENTI

Nota l'angolo di resistenza al taglio  $\phi_{cv}$ , il calcolo del carico limite a rottura viene eseguito secondo le indicazioni di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = 0,5 \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot B + q' \cdot N_q \quad \text{dove:}$$

$\gamma$  = peso di volume del terreno =  $1,8 \text{ t/m}^3$

$B$  = larghezza della fondazione =  $0,9 \text{ m}$

$N_\gamma$  = fattore di capacità portante dipendente da  $\phi_{cv} = 48,03$

$N_q$  = fattore di capacità portante dipendente da  $\phi_{cv} = 33,30$

$q'$  = pressione del terreno sovrastante la fondazione =  $3,24 \text{ t/m}^2$

$$q_{lim} = 147 \text{ t/m}^2 = 14,7 \text{ kg/cm}^2$$

Applicando un coefficiente di sicurezza pari a 3, si ottiene un carico ammissibile pari a:

$$q_{amm} = q_{lim}/3 = 4,9 \text{ kg/cm}^2$$

Nei terreni sabbiosi e ghiaiosi, la progettazione deve tenere conto, più che del carico limite derivato dal carico a rottura, dell'entità dei cedimenti.

Il progetto in esame prevede la costruzione di un edificio ad un piano fuori terra, fondato ad una profondità di 1,8 m dal piano campagna.

In base a quanto previsto dal progetto, i carichi applicati alle fondazioni saranno inferiori a  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ .

Il calcolo dei cedimenti verrà pertanto effettuato considerando un carico massimo pari a  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ .

I cedimenti totali  $S$  si possono prevedere con la correlazione proposta da BURLAND e BURBIDGE secondo cui:

$$S_{imm} = f_s \cdot f_H \cdot (\sigma_{vo} \cdot B^{0,7} \cdot l_c / 3 + (q - \sigma_{vo}) \cdot B^{0,7} \cdot l_c)$$

$$S \text{ differito nel tempo} = S_{imm} \cdot f_t$$

nella quale, considerando la geometria della fondazione:

$f_s$  = fattore di forma della fondazione = 1,4

$f_H$  = fattore che tiene conto dello spessore dello strato comprimibile = 1

$\sigma'_{vo}$  = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione, prima che venga eseguito lo sbancamento = 31,75 KPa (con  $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ )

$l_c$  = indice di compressibilità =  $1,706 / N_{scpt}^{1,4} = 0,0188$  (assumendo prudenzialmente un  $N_{scpt}$  medio della zona di influenza della fondazione pari a 25)

$B$  = larghezza della fondazione = 0,9 m

$q$  = carico applicato = 147 KPa

$f_t$  =  $1 + R_3 + R \log(t/3) = 1,5$  dopo 30 anni

Il cedimento immediato risulta essere pari a:  $S_{imm} = 3 \text{ mm}$ .

Tenendo conto delle deformazioni differite nel tempo, dopo 30 anni tale cedimento diventa:

$$S = f_t \cdot 3 = 4,5 \text{ mm}$$

Tutte le considerazioni esposte in questa relazione nascono dall'analisi delle caratteristiche litologiche e geomeccaniche riscontrate in 2 punti dell'area che sarà occupata dal futuro edificio.

Sarà compito della Direzione Lavori verificare, in fase di sbancamento, che le caratteristiche stratigrafiche qui descritte (in particolare per quanto riguarda la quota alla quale compaiono i terreni naturali ghiaioso-sabbiosi) siano estrapolabili a tutta la zona interessata dalle opere di fondazione.

Il Professionista  
Ing. Giuliano Gabrieli

Torino, il 12/04/2006

## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



Foto 1: Sonda in fase di carotaggio



Foto 2: Sondaggio S1



Foto 3: Sondaggio S2



Foto 4: Prova S.P.T.