

COMUNE DI MONZA

COMMITTENTE: ABITARE 23 s.r.l.

**INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN
EDIFICIO RESIDENZIALE SITO IN VIA I. NIEVO s.n.c. IN MONZA**



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

PREMESSA

A seguito dei colloqui intercorsi con ABITARE 23 s.r.l., è stata effettuata una indagine geognostica nel comune di Monza, via I. Nievo s.n.c., ove è prevista la realizzazione di un edificio residenziale con relativo piano interrato.

Lo scopo dell'indagine è quello di verificare la natura dei terreni di fondazione della struttura in progetto ed effettuare una caratterizzazione geotecnica degli stessi per una stima dei valori di capacità portante riferita anche ai cedimenti e di inquadrare il contesto geologico e geomorfologico in cui sarà inserita l'opera in progetto.

L'indagine si è svolta in ottemperanza alle normative di legge in materia (Norme riguardanti le indagini sui terreni, ecc. - D.M. 11.03.1988) e secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche dinamiche (S.C.P.T.) con attrezzatura standard.

E' stato effettuato inoltre un rilievo geologico e geomorfologico di un intorno significativo dell'area.

ALLEGATI

- planimetria (scala 1:500) con ubicazione delle prove penetrometriche.
- diagrammi delle prove penetrometriche.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame è situata a est del centro abitato di Monza, in una zona di pianura di origine fluvio-glaciale, collegata geneticamente all'anfiteatro morenico pleistocenico del lago di Como.

La zona è caratterizzata, a grande scala, da diversi ordini di terrazzi di genesi fluvio-glaciale costituitisi e sviluppatisi durante le diverse fasi glaciali quaternarie (Wurm, Riss, Mindel, dalla più recente alla più antica) e postglaciali oloceniche.

In particolare l'area in oggetto è impostata sul terrazzo noto in letteratura come "Diluvium Recente", derivato dall'evento glaciale wurmiano (Pleistocene Sup.), ma sono anche presenti, a breve distanza in direzione ovest, i depositi ed i terrazzi, più recenti, di origine fluvioglaciale, conosciuti in letteratura come "Alluvium Antico", ascrivibili alla fase postglaciale olocenica.

I depositi appartenenti al "Diluvium Recente" sono composti da un esteso terrazzo che costituisce il livello fondamentale della pianura, formato però in profondità anche da depositi fluvioglaciali appartenenti a glaciazioni precedenti, localmente inciso e rielaborato dai maggiori corsi d'acqua attualmente presenti.

Il rilevamento di campagna eseguito ha permesso di ipotizzare, in assenza di un sondaggio a carotaggio continuo, confermando i dati già noti in letteratura, grazie anche all'ausilio delle 6 prove penetrometriche eseguite per una profondità massima di metri 8.70 dal p.c. (vedi diagrammi allegati), le litologie di seguito esposte.

I depositi della zona in esame sono caratterizzati da una marcata eterogeneità e sono costituiti prevalentemente da sedimenti fluviali.

Vi è un livello superficiale di discreto spessore, circa 0.60 metri, di terreno agrario prevalentemente fine, rimaneggiato, scarsamente addensato: si fa però presente che vi potrebbero essere punti in cui tale materiale potrebbe risultare anche maggiore di quanto stimato con le prove penetrometriche.

Da quota -0.60 m circa a -3.50 m circa si ha uno strato di ghiaie sabbioso-limose, inglobanti livelli pluridecimetrici di sabbie, nell'insieme scarsamente addensate. A tale livello seguono, fino alla fine delle profondità investigate, limi sabbiosi debolmente ghiaiosi, inglobanti livelli discontinui di ordine pluridecimetrico di ghiaie e sabbie, localmente parzialmente cementate e ben addensate, ma nell'insieme scarsamente addensati, come nella prova n. 1, n. 2 e n. 3. Le prove si interrompono per la probabile presenza di un orizzonte di conglomerato poligenico medio-grossolano, parzialmente cementato ("Ceppo"), individuato nella zona di indagine a partire da una profondità di -4.80 m circa. In effetti le stratigrafie dei pozzi comunali circostanti l'area di intervento confermano la presenza di banchi conglomeratici e di ghiaie e sabbie, parzialmente cementate, al di sotto delle profondità raggiunte dalle prove penetrometriche effettuate, per parecchi metri.

I ciottoli, di dimensione anche decimetrica, ma più frequentemente centimetrica, sono di composizione prevalentemente cristallina e dotati, in genere, di un buon grado di arrotondamento e sfericità, e presentano un discreto grado di alterazione dovuto all'azione degli agenti meteorici.

I depositi in questione possono inoltre presentare, come evidenziato tra l'altro nell'esecuzione della prova penetrometrica n. 1 e n. 2, in un contesto di globale buona stabilità, locali fenomeni detti "occhi pollini" o "nespolini": si tratta di cavità, spesso riempite di materiale limoso-argilloso tenero, casualmente disposti nel volume dello strato, dalle dimensioni variabili da pochi dm a molti metri. La genesi delle cavità sembra da attribuire allo scioglimento di blocchi di ghiaccio originariamente inglobati nell'ammasso ghiaioso. Se talvolta le cavità tendono a disporsi presso un medesimo piano orizzontale, ciò non esclude che se ne possano anche trovare a quote sensibilmente diverse.

I depositi appartenenti alle unità più recenti sono simili litologicamente ai precedenti, ma presentano una minore frazione argillosa della matrice derivante da una minore alterazione dei clasti.

La genesi di questi depositi è legata al divagare meandriforme degli innumerevoli corsi d'acqua che, in epoca pleistocenica, e, successivamente olocenica, si dipartivano dalle lingue glaciali sempre più in fase di ritiro provenienti dal Triangolo Lariano.

I livelli a ghiaia prevalente, centimetrica e anche decimetrica, testimonianza inequivocabile di una energica dinamica fluviale, potrebbero rappresentare dei paleoalvei, forse dello stesso fiume Lambro, attualmente distante in direzione ovest: recenti studi lasciano supporre l'esistenza di una sua direttrice sepolta secondo l'asse Giussano-Seregno. Gli episodi di sedimentazione più fine, caratteristici di una dinamica fluviale più blanda, testimonierebbero l'effettivo carattere meandriforme dei corsi d'acqua che solcavano in epoca storica la pianura.

GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area in esame è contraddistinta da una morfologia tipicamente subpianeggiante, con una pendenza verso sud dell'ordine del 3-4 per mille, risulta stabile e non interessata da fenomeni geomorfici in atto.

Le originarie blande scarpate, di ordine metrico, che sottolineavano poco più a ovest il passaggio tra terrazzi di età diversa, sono state quasi del tutto obliterate dalla marcata antropizzazione del sito.

La circolazione idrica sotterranea della zona in oggetto ricalca grossomodo l'assetto idrogeologico dell'area nord milanese, ed è caratterizzata da un sistema di falde sovrapposte poste a differenti quote dal piano campagna, separate da livelli a spessore variabile di orizzonti prevalentemente argillosi. Tuttavia le falde acquifere più profonde, di tipo artesiano, possono essere talvolta in comunicazione (anche per interventi antropici non sempre corretti, quali ad esempio la non corretta esecuzione di pozzi per acqua) con quella più superficiale, di tipo freatico e non pare risentire degli apporti irrigui operati nelle aree a nord di quella considerata nella stagione primaverile-estiva.

I dati in nostro possesso, gentilmente forniti dalla Provincia di Milano-Assessorato all'Ambiente-Settore Ecologia-U.O. Tecnica Progetti Speciali, indicano, negli ultimi anni, una decisa tendenza all'innalzamento della falda più superficiale, che si è venuta a portare a profondità più vicine alla superficie topografica che non in passato: attualmente è presente ad una quota di circa -31.00 m dal p.c., ed è soggetta, come specificato in seguito, a discrete variazioni stagionali, mantenendo un'escursione annua generalmente inferiore ai due metri

In effetti i dati dei pozzi circostanti l'area in questione, indicano, per gli ultimi anni, una marcata, costante risalita dei valori di soggiacenza, fattore, questo, comune a tutta l'area nord del milanese. Tali valori si attestano mediamente, per quanto riguarda gli ultimi anni (2004), ad una quota di -31.00 m dal piano campagna.

E' comunque possibile individuare, con una certa continuità (dati antecedenti all'anno 2004), un livello di minima soggiacenza (circa - 30.00 m dal p.c.) attorno al mese di novembre, dicembre e gennaio, ed un livello di massima soggiacenza nei mesi di maggio e giugno (circa - 32.00 m dal p.c.).

Le prove penetrometriche hanno inoltre individuato la probabile presenza di una modesta falda superficiale, legata presumibilmente all'andamento delle precipitazioni meteoriche e sostenuta dall'orizzonte di natura presumibilmente conglomeratica, presente ad una profondità di -8.00 m circa.

NATURA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Sono state eseguite n.° 6 prove penetrometriche dinamiche standard (S.C.P.T.), spinte, fino a rifiuto, ad una profondità massima di circa -8.70 m dal p.c. nella zona riguardante la struttura in progetto.

Le prove penetrometriche risultano globalmente correlabili tra loro e appaiono sufficientemente rappresentative dei terreni presenti nella zona.

Assumendo come quota di riferimento il p.c. della prova penetrometrica n. 1, la successione stratigrafica dei terreni può essere ipotizzata e schematizzata come segue:

- Fino ad una profondità di circa -0.60 m è presente terreno agrario prevalentemente fine, rimaneggiato. Tale strato potrebbe possedere localmente uno spessore superiore. Tali terreni risultano poco consistenti e con caratteristiche geotecniche scadenti.

- Da quota -0.60 m circa a -3.50 m circa si ha uno strato di ghiaie sabbioso-limose, inglobanti livelli pluridecimetrici di sabbie, nell'insieme scarsamente addensate, che presentano mediocri caratteristiche geotecniche.

A tale livello si possono assegnare le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$	peso unitario del terreno
$c = 0 \text{ Kpa}$	coesione non drenata
$D_r = 31\%$	densità relativa (da Nspt)
$\Phi = 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio

- Da -3.50 m circa fino alla fine delle profondità investigate si ha un livello a limi sabbiosi debolmente ghiaiosi, inglobanti livelli discontinui di ordine pluridecimetrico di ghiaie e sabbie, localmente parzialmente cementate e ben addensate, ma nell'insieme scarsamente addensati, che presentano nell'insieme mediocri caratteristiche geotecniche.

A tale livello, che è quello ad essere interessato dalle opere fondazionali della struttura in progetto, si possono assegnare cautelativamente le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$	peso unitario del terreno
$c = 0 \text{ Kpa}$	coesione non drenata
$D_r = 31\%$	densità relativa (da Nspt)
$\Phi = 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio

I depositi in questione possono inoltre presentare, come evidenziato tra l'altro nell'esecuzione della prova penetrometrica n. 1 e n. 2, in un contesto di globale buona stabilità, locali fenomeni detti "occhi pollini" o "nespolini": si tratta di cavità, spesso riempite di materiale limoso-argilloso tenero, casualmente disposti nel volume dello strato, dalle dimensioni variabili da pochi dm a molti metri. La genesi delle cavità sembra da attribuire allo scioglimento di blocchi di ghiaccio originariamente inglobati nell' ammasso ghiaioso. Se talvolta le cavità tendono a disporsi presso un medesimo piano orizzontale, ciò non esclude che se ne possano anche trovare a quote sensibilmente diverse.

Le prove si interrompono per la probabile presenza di un orizzonte di conglomerato poligenico medio-grossolano, parzialmente cementato ("Ceppo"), individuato nella zona di indagine a partire da una profondità di -4.80 m circa. In effetti le stratigrafie dei pozzi comunali circostanti l'area di intervento confermano la presenza di banchi conglomeratici e di ghiaie e sabbie, parzialmente cementate, al di sotto delle profondità raggiunte dalle prove penetrometriche effettuate, per parecchi metri.

Per quanto concerne le modalità di scavo, si fa presente che è indispensabile realizzare, prima di iniziare il movimento terra, una serie continua di opere provvisorie di sostegno dei terreni adiacenti lungo il perimetro di scavo, per la critica vicinanza di proprietà e strade confinanti.

CAPACITÀ PORTANTE - CEDIMENTI

Per il calcolo della Pressione ammissibile dei terreni granulari ($c = 0, \Phi > 0$), riferita alla resistenza al taglio, si utilizza la formula di **Brinch-Hansen (1970)**.

$$P_{lim} = 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

$$P_{amm} = 1/F P_{lim} \quad F = 3 \text{ (D.M. 11/03/88)}$$

in cui:

F	= fattore di sicurezza
N_{γ}, N_q	= fattori di capacità portante funzione di Φ
$q = \gamma H$	= pressione in sforzi totali esistente nel terreno alla quota d'imposta della fondazione nei punti esterni all'area di carico
H	= profondità del piano di imposta delle fondazioni
B	= lato minore della fondazione
s_{γ}, s_q	= fattori di forma della fondazione
d_{γ}, d_q	= fattori funzione della profondità del piano di posa delle fondazioni

Si considera, secondo le indicazioni del progettista, un **piano di imposta delle fondazioni della struttura interrata pari a -3.80 m dal piano campagna**. Tenendo conto della quota di imposta delle fondazioni e della loro tipologia, si ottengono i seguenti valori di pressione ammissibile sul terreno:

- piano di imposta delle fondazioni a -3.80 m dal piano campagna

FONDAZIONI NASTRIFORMI

$$B = 1,50 \text{ m} \quad P_{amm} = 1,10 \text{ Kg/cm}^2 = 108 \text{ KPa}$$

$$B = 2,00 \text{ m} \quad P_{amm} = 1,20 \text{ Kg/cm}^2 = 118 \text{ KPa}$$

Tuttavia il criterio limitativo per il calcolo della capacità portante di un terreno è riferito ai cedimenti massimi verificabili. L'entità dei cedimenti assoluti può essere stimata utilizzando il metodo di **Burland-Burbidge (1983)**:

$$s = f_s \cdot f_h \cdot f_t \cdot (q' - 2/3 \sigma'_{vo}) \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

in cui:

q' = pressione efficace lorda (KPa)

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta delle fondazioni (KPa)

I_c = indice di compressibilità, funzione di N_{spt}

f_s, f_h, f_t = fattori correttivi di forma.

Il calcolo viene condotto tenendo conto, cautelativamente, di cedimenti differiti nel tempo (30 anni).

Nel calcolo dei cedimenti è stato limitato, dove necessario, il valore della Pamm ottenuto più sopra, sia allo scopo di riportare entro limiti di tollerabilità l'entità dei cedimenti stessi, sia per le incertezze derivate da un'indagine geognostica necessariamente puntiforme.

A titolo indicativo vengono riportati di seguito i valori dei cedimenti massimi verificabili relativi alle rispettive geometrie di fondazione e Pamm calcolate.

Piano di imposta delle fondazioni: -3.80 m

FONDAZIONI NASTRIFORMI

B = 1,50 m	Pamm = 0,90 Kg/cm² = 89 KPa	s = 20 mm
B = 2,00 m	Pamm = 0,90 Kg/cm² = 89 KPa	s = 24 mm

Considerate le penalizzanti caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, che da luogo, per le tipologie di fondazione e per i carichi considerati, a cedimenti massimi verificabili elevati, e la sua marcata eterogeneità litologica (si confrontino ad esempio la prova n. 1 e n. 2 con la prova n. 4 e n. 5), che potrebbe dar luogo a cedimenti di tipo differenziale, si consiglia vivamente di ricorrere ad una fondazione a platea.

Si evidenzia inoltre che nelle zone dei terreni di fondazione riguardanti le aree delle prove penetrometriche n. 1, n. 2 e n. 3 potrebbero rendersi necessari **locali interventi di bonifica litologica dei terreni di fondazione**, così come in altre zone dello scavo non indagate dall'indagine geognostica puntiforme, se verrà accertata in fase esecutiva l'esistenza di tasche di terreno con scarso grado di consistenza.

In tal caso la bonifica litologica deve essere realizzata mediante asportazione dei terreni poco consistenti per uno spessore massimo di 1 metro, che verranno sostituiti con opportuno materiale granulare grossolano, disposto in strati di circa 20/30 cm al massimo di spessore e successivamente accuratamente rullato e compattato. Si consiglia vivamente comunque, a operazioni di scavo concluse, una adeguata opera di vibro compattazione sull'intera superficie interessata dalle opere fondazionali prima della posa in opera delle stesse.

Si consiglia inoltre la massima cura nella posa in opera del magrone di sottofondo.

CONCLUSIONI

L'indagine geognostica effettuata ha permesso di ricostruire la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione riguardanti la realizzazione di un nuovo edificio in progetto in via I. Nievo s.n.c. nel comune di Monza.

I terreni in esame risultano costituiti essenzialmente da depositi di origine fluviale e fluvioglaciale, dalla marcata eterogeneità litologica, quali sabbie, limi e ghiaie, con grado di addensamento variabile in funzione delle sequenze granulometriche presenti e scarsamente crescente con la profondità. Le prove si interrompono per la probabile presenza di un orizzonte di conglomerato poligenico medio-grossolano, parzialmente cementato ("Ceppo"), individuato nella zona di indagine a partire da una profondità di -4.80 m circa. In effetti le stratigrafie dei pozzi comunali circostanti l'area di intervento confermano la presenza di banchi conglomeratici e di ghiaie e sabbie, parzialmente cementate, al di sotto delle profondità raggiunte dalle prove penetrometriche effettuate, per parecchi metri.

Da un punto di vista geomorfologico l'area risulta globalmente stabile.

Il livello piezometrico è attualmente presente (luglio 2008) a circa -31.00 metri dal piano campagna, ed è soggetto ad una discreta variazione.

Le prove penetrometriche hanno tuttavia individuato la probabile presenza di una modesta falda superficiale, legata presumibilmente all'andamento delle precipitazioni meteoriche e sostenuta dall'orizzonte di natura conglomeratica presente ad una profondità di -8.00 m circa.

E' stata condotta la verifica della capacità portante dei terreni e il calcolo dei cedimenti in funzione di diverse tipologie e geometrie di fondazione che potranno essere adottate nello studio progettuale.

Per quanto concerne le modalità di scavo, si fa presente che è indispensabile realizzare, prima di iniziare il movimento terra, una serie continua di opere provvisorie di sostegno dei terreni adiacenti lungo il perimetro di scavo, per la critica vicinanza di proprietà e strade confinanti.

Considerate le penalizzanti caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, che da luogo, per le tipologie di fondazione e per i carichi considerati, a cedimenti massimi verificabili elevati, e la sua marcata eterogeneità litologica (si confrontino ad esempio la prova n. 1 e n. 2 con la prova n. 4 e n. 5), che potrebbe dar luogo a cedimenti di tipo differenziale, si consiglia vivamente di ricorrere ad una fondazione a platea.

Si evidenzia inoltre che nelle zone dei terreni di fondazione riguardanti le aree delle prove penetrometriche n. 1, n. 2 e n. 3 potrebbero rendersi necessari **locali interventi di bonifica litologica dei terreni di fondazione**, così come in altre zone dello scavo non indagate dall'indagine geognostica puntiforme, se verrà accertata in fase esecutiva l'esistenza di tasche di terreno con scarso grado di consistenza.

Si raccomanda in fase esecutiva di verificare le ipotesi fatte nella presente indagine eseguita necessariamente per punti.

Si consiglia inoltre di porre particolare cautela nelle operazioni di scavo e di edificazione relative alla struttura interrata.

Si raccomanda inoltre la massima cautela nell'esecuzione di movimenti terra, al fine di ottenere fronti di scavo con inclinazioni compatibili con la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni, e comunque con un'inclinazione non superiore ai 45 gradi, inclinazione da non superarsi neanche temporaneamente. I fronti di scavo dovranno inoltre essere adeguatamente coperti con teloni impermeabili opportunamente fissati a monte, e si dovrà avere cura di non sovraccaricare il ciglio degli scavi stessi, ad esempio con il deposito di materiali.

Lo scrivente rimane a disposizione nella fase esecutiva.

Dott. Geol. Graziano Criniti

Milano, 01 luglio 2008

