

# Al supermercato in pompa magna



*Ristrutturazione di un edificio dell'Esselunga per costruire un parcheggio sotterraneo. Drenaggio dei terreni per la realizzazione delle fondazioni*

**L'**esigenza di offrire un comodo parcheggio ai propri clienti ha spinto la Società Esselunga s.p.a., titolare della catena degli omonimi centri commerciali, a realizzare per il proprio supermercato di Piazza Ovidio a Milano un parcheggio sotterraneo a due piani in grado di offrire complessivamente 200 posti auto. Una simile esigenza ha richiesto inevitabilmente la ristrutturazione dell'intero edificio, che è stato previsto in progetto con n° 2 piani fuori terra più n° 2 piani interrati. La realizzazione dell'opera è stata affidata alla Società G.I.P.I.F. s.r.l. di Milano, con l'impegno a consegnare il nuovo centro commerciale in 14 mesi a partire dalla data di assegnazione dei lavori. Il periodo di chiusura del supermercato doveva infatti risultare il minore possibile per non creare disagi alla clientela abituale. Temporaneamente e tramite un efficiente servizio gratuito di pulman la clientela è stata accompagnata in un supermercato della stessa catena, posto nelle vicinanze.

La realizzazione delle fondazio-

ni del nuovo edificio ha richiesto l'esecuzione di uno scavo di circa 4.900 m<sup>2</sup>, profondo 10,2 m. dal piano stradale. Per un'area di dimensioni ridotte (30,0 m. x 16,0 m.) gli sbancamenti sono stati ulteriormente approfonditi sino a quota - 12,1 m. La presenza nelle immediate vicinanze di numerosi edifici ha reso necessario sostenere il fronte di scavo, lungo il perimetro dell'area, con diaframmi continui in calcestruzzo armato. I diaframmi, eseguiti prima della realizzazione degli scavi ed attestati a quota - 18,0 m., sono stati realizzati mediante asportazione di terreno con benna mordente in presenza di fanghi bentonitici.

## **INQUADRAMENTO IDRO- GEOLOGICO DEL SITO**

Il sottosuolo dell'area interessata dai lavori è stato oggetto di un'indagine geotecnica accurata, che ha

consentito la ricostruzione della successione stratigrafica dei terreni, delincandone caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Fino alla massima profondità di investigazione (- 25,3 m.), il terreno è risultato essere costituito sommarariamente da sabbie e ghiaie in matrice limosa, con ciottoli sparsi. Lo stato di addensamento dei terreni è risultato da medio a elevato.

Il livello freatico è stato individuato invece a quota - 8,5 m. dal piano strada, con variazioni stagionali poco rilevanti.

Nel corso dell'indagine geognostica sono state eseguite alcune prove di permeabilità a "carico variabile", con i seguenti risultati:

Quota prova	K medio
- 5,00 m	1,27 E-04 m/sec
- 7,90 m.	2,26 E-05 m/sec
- 12,50 m.	2,04 E-05 m/sec

## IL DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DRENANTE E LE MODALITÀ DI INTERVENTO

Nella fase di studio preliminare sono state prese in esame le seguenti problematiche:

### • La stima delle portate di filtrazione.

Le portate necessarie a garantire l'abbattimento e il controllo del livello di falda al di sotto della quota di fondo scavo progettuale, sono deducibili per via teorica, noti i seguenti parametri: profondità di scavo, livello della falda e coefficiente di permeabilità "K" dei terreni. Nel caso specifico, il battente di falda da deprimere e controllare per tutta la durata dei lavori è risultato essere pari a 2,0 m., salvo un'area di dimensioni ridotte dove il battente ha raggiunto il valore di 4,0 m. Per quanto concerne invece il coefficiente di permeabilità, si è ritenuto di dover utilizzare il valore medio più elevato, attribuendolo per comodità a tutta la successione stratigrafica. Generalmente, il metodo seguito per il calcolo delle portate di filtrazione è quello della rete di filtrazione, anche se, per

una stima sommaria, offre sufficienti indicazioni il diagramma sotto riportato. E' buona norma raffrontare i risultati ottenuti per via teorica con quelli verificati nelle esperienze di cantiere, maturate in aree limitrofe.

Infatti, i modelli teorici utilizzati si fondano su alcune premesse relative alle caratteristiche fisiche dei terreni (omogeneità, isotropia, continuità), difficilmente riscontrabili in natura, dove invece le condizioni reali risultano essere più complesse e meno soggette a esemplificazioni di calcolo. La formula utilizzata è stata la seguente:

$$Q = K \cdot h \cdot \beta$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità espresso in m/sec

h = battente idraulico da abbattere (m)

$\beta$  = coefficiente adimensionale legato alle dimensioni dello scavo e alla profondità della paratia.

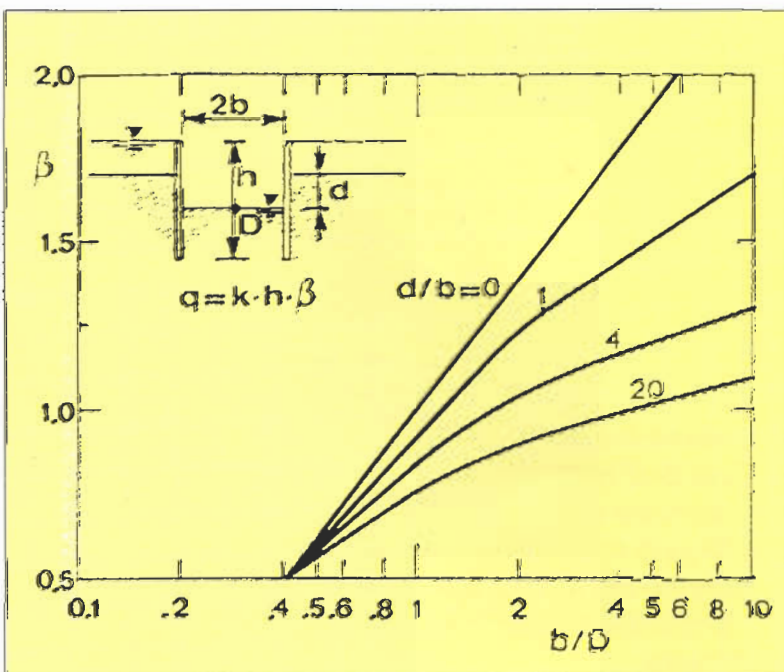
Le valutazioni di calcolo hanno consentito di stimare, in condizioni di regimazione della falda, una portata di emungimento complessiva pari a circa 8.000. litri/minu-

to. Tale portata consente l'abbattimento ed il controllo di circa 4,0 m. di battente d'acqua. Tuttavia, considerando il regime transitorio, si è valutato di dover evacuare inizialmente una portata superiore del 30% circa, pari quindi a 10.000 litri /minuto. Considerate le portate da smaltire, il dislivello geodetico e le perdite di carico distribuite e localizzate dell'impianto *wellpoint*, si è ritenuto di utilizzare n°5 elettropompe centrifughe autoadescanti Varisco mod. J150-2 con le seguenti prestazioni e caratteristiche tecniche:

- bocche: 6" (150 mm)
- giri al minuto della pompa: 1.250
- accoppiamento: a mezzo cinghie e pulegge a un motore elettrico di potenza nominale pari a 15 Kw
- portata nominale: 5.000 litri minuto
- prevalenza totale: 26,0 m.

Nel caso specifico si è stimato che il punto di lavoro della pompa, rispetto alla curva di prestazione, fosse nella zona di massimo rendimento. L'afflusso dell'acqua dai terreni alle pompe è stato garantito

Portata di filtrazione nel caso di uno scavo nastriforme in un mezzo poroso di spessore infinito (lancellato)





da collettori di aspirazione e manicrotti flessibili, collegati a circa n° 200 *wellpoints* della lunghezza di 5,0 m., di diametro 1"1/4, corredati con un filtro per ghiaia. Il numero dei *wellpoints* da impiegare è stato ottenuto dalla relazione tra la portata totale prevista e quella ottenibile con un singolo *wellpoint* infisso in un terreno di pari permeabilità, collegato ad un impianto nel quale si registra in aspirazione una depressione di 0,6 bar.

### • Modalità di installazione degli impianti.

Per quanto concerne le modalità di installazione delle attrezzature, la successione degli interventi è stata la seguente:

- sbancamento generalizzato su tutta l'area di cantiere fino a quota - 8,0 m. ca. dal piano strada (quota prossima al livello di falda);
- installazione di un anello di impianto *wellpoint*, con disposizione perimetrale rispetto allo scavo, con l'obiettivo di abbassare il livello di falda sino a quota - 10,0 m;
- installazione di un ulteriore anello di impianto *wellpoint*, a partire da quota - 10,0 m., per il drenaggio dello scavo più profondo (- 12,1 m.);
- scavo delle trincee per la posa delle tubazioni drenanti e successivo disinserimento degli impianti *wellpoints*.

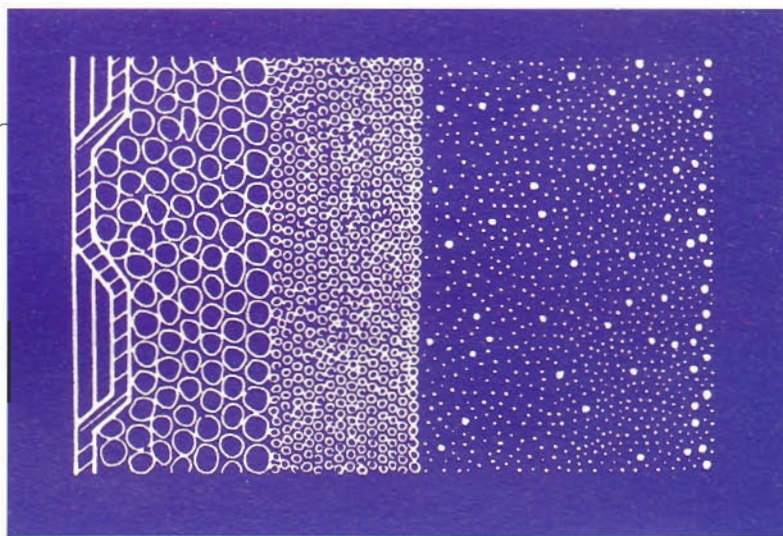
Il programma lavori è stato redatto in stretta collaborazione con

il Direttore Lavori dott. ing. Pietro Del Favero la cui collaborazione, disponibilità ed esperienza, sono risultate importanti ai fini della buona riuscita dell'intervento. L'infissione dei singoli *wellpoints* è avvenuta con il tradizionale sistema ad iniezione d'acqua, impiegando una motopompa di infissione Varisco modello Jetting J70 - 250 ad alta prevalenza (Hmax = 70 m. a 3.000 giri/minuto Qmax = 1.300 litri/min.). Tuttavia, dato l'alto grado di consistenza dei terreni già riscontrato nel corso dell'indagine geognostica, si è ricorsi in aggiunta all'impiego di una trivellata oleodinamica. Questa, dotata di un auger della lunghezza di 5,0 m. e del diam. di 250 mm., è stata azionata da un escavatore idraulico e applicata al suo braccio. L'azione della trivella è stata quella di disarticolare i terreni favorendo le operazioni di infissione ed accelerando i tempi di installazione dell'impianto. Inoltre, l'infissione nel terreno di alcuni *wellpoints* è avvenuta con l'impiego di un apposito vibratore pneumatico, collegato ad un motocompressore di prestazioni adeguate. La scelta delle più corrette modalità di installazione è stata presa dopo aver eseguito una prova preliminare di infissione e pompaggio, realizzata in cantiere da un Operatore Tecnico della Varisco Wellpoint. A questo proposito va fatto notare che i suggerimenti del

personale tecnico di cantiere, rappresentano un valido contributo per l'individuazione delle migliori modalità di installazione degli impianti. Tutto ciò in virtù della vasta esperienza operativa maturata da tale personale nel corso degli anni. Dalla prova di infissione preliminare si è stabilito di utilizzare *wellpoints* equipaggiati con filtri per ghiaia. Questo tipo di filtro non solo è più robusto, e quindi più adatto ad essere impiegato in terreni sabbioso-ghiaiosi, ma è soprattutto in grado di garantire portate più elevate. Infatti, essendo privo della rete tessuta con maglia 2,5 mm. x 1,0 mm., tipica dei filtri generalmente impiegati nel drenaggio di terreni sabbiosi, le perdite di carico localizzate risultano inferiori. Ciò comporta un aumento delle portate emungibili dai singoli micropozzi. Un altro aspetto affrontato è stato quello relativo al problema dell'asportazione dei fini, dal momento che i filtri per ghiaia sono caratterizzati da n° 32 fori di diametro 8 mm. A questo proposito va chiarito che attorno al punto di captazione si forma un dreno naturale di terreno selezionato dal punto di vista granulometrico e tale da impedire l'asportazione della componente fine presente nei terreni. Il fenomeno è prodotto dalla velocità dell'acqua che, aumentando progressivamente in prossimità del filtro, incrementa la propria "capacità di trasporto solido". In questo

modo, a ridosso delle pareti del filtro si dispone la componente del terreno a granulometria maggiore, seguita dalla componente media e fine. La selezione appena descritta, si forma nell'arco di qualche minuto dall'inizio delle operazioni di pompaggio come è possibile constatare dalla progressiva riduzione della torbidità delle acque di scarico delle pompe. Per consentire le operazioni di scavo e di movimento terra all'interno dell'area di lavoro, considerata anche la presenza della rampa di accesso al cantiere, si è stabilito di installare gli impianti *wellpoints* a ridosso delle paratie. Questa soluzione ha consentito da un lato di collocare le tubazioni di scarico delle pompe nelle immediate vicinanze dei collettori fognari, utilizzati per lo smaltimento temporaneo delle acque pompate dal sottosuolo, dall'altro di garantire la sicurezza degli scavi. Infatti, nel moto di filtrazione dell'acqua dall'esterno all'interno della paratia, la forza di filtrazione può annullare il peso del terreno, dando vita a fenomeni di sollevamento del fondo scavo soprattutto nelle zone a ridosso della paratia. L'impiego degli impianti *wellpoints* lungo i diaframmi consente di incrementare il coefficiente di sicurezza, riducendo la pressione dell'acqua al di sotto dello scavo. Infine, le modalità di installazione degli impianti sono state vincolate dal progetto che richiedeva la continuità strutturale tra la platea di fondazione e i diaframmi perimetrali. Per evitare che il sistema di drenaggio costituisse un ostacolo alla realizzazione della platea di fondazione, si è ricorsi alla posa di una trama di tubazioni drenanti poste al di sotto del fondo scavo. Raggiunto il fondo scavo di progetto, in condizioni drenate, sono state realizzate al di sotto dello stesso alcune trincee di sezione 1,0 m. x 1,0 m., disposte sia lungo il perimetro dello scavo che trasversalmente ad esso.

All'interno di tali trincee è stata quindi collocata una coppia di tubazioni drenanti in PVC di diam. 125 mm, corrugate, microfessurate e ricoperte da un'apposita garza di



*Dreno naturale*

*nylon* antintasamento. Le trincee sono state colmate con ghiaio monogranulare di diam. 3 - 4 cm. e, mediante raccordi speciali, le tubazioni drenanti sono state collegate alle pompe. L'impiego di una coppia di tubazioni drenanti in ogni singola trincea è stato motivato principalmente da ragioni di sicurezza, essendo necessario garantire la piena efficienza e la massima portata del sistema drenante anche in una fase delicata dei lavori, come quella dei getti. Per la stessa ragione, le diverse tubazioni drenanti collocate nel sottosuolo sono state collegate tra loro, consentendo in tal modo sia una migliore distribuzione delle portate alle diverse pompe che una efficace azione drenante dei terreni, anche in caso di guasto di una delle elettropompe.

### IMPIANTO DI EMERGENZA

Essendo previsto un funzionamento ininterrotto (24 ore su 24 ore) del sistema drenante, per un periodo di tempo pari ad almeno 3 mesi, il cantiere si è dotato di un impianto di emergenza. In particolare, in caso di mancanza provvisoria di energia elettrica, è stato installato un gruppo elettrogeno insonorizzato ad intervento automatico. Il dimensionamento dello stesso (100 KVA - 80 KW a cos $\phi$  0,8) ha potuto essere contenuto nei valori di potenza prossima a quella installata con le pompe, pari a circa 60 KW. Ciò è stato possibile grazie all'adozione di temporizzatori montati all'interno dei quadri elettrici delle pompe, in grado di permettere

all'atto del passaggio di alimentazione elettrica da rete a gruppo elettrogeno, l'avviamento e l'inserzione di ogni singola pompa ad intervalli di circa 60 secondi l'una dall'altra.

### CONSIDERAZIONI FINALI

L'abbattimento e il controllo del livello di falda, ottenuti con l'impiego degli impianti *wellpoints* e successivamente del drenaggio orizzontale, hanno rappresentato nel caso specifico una soluzione efficace ed affidabile per le esigenze progettuali e di cantiere. Il pompaggio limitato ai terreni situati nei primi 4-5 metri di profondità, ha prodotto una deformazione limitata, temporanea e superficiale della piezometrica, senza interessare gli strati più profondi. Inoltre la flessibilità degli impianti *wellpoints* ha consentito di infittire o diradare i punti di emungimento delle acque di falda, in funzione delle diverse condizioni di permeabilità riscontrate nel corso dei lavori.

La metodologia di drenaggio applicata si è presentata inoltre come una alternativa tecnicamente interessante ed economicamente conveniente, rispetto ad altre soluzioni di trattamento geotecnico del terreno con iniezioni cementizie di impermeabilizzazione.

**DOTT. ANDREA IVIS**

*(Area manager Varisco Wellpoint)*