

INTERFERENZE TRA PARCHEGGI INTERRATI E CONTESTO GEOLOGICO A ROMA

Giuseppe Gisotti*

Vengono evidenziate alcune esperienze a Roma riguardanti la costruzione di parcheggi interrati che intercettano la falda acquifera e le relative modificazioni della circolazione idrica sotterranea, con effetti sullo stato di addensamento dei terreni acquiferi, che si ripercuotono sulla stabilità degli edifici coinvolti.

1. - INTRODUZIONE. I PARCHEGGI INTERRATI E LA SITUAZIONE IDROGEOLOGICA - GEOTECNICA A ROMA

I parcheggi interrati si snodano per una lunghezza di qualche decina di metri e con una altezza che può variare dai 6 ai 30 metri. Quindi sono dei corpi del tutto impermeabili in cemento armato e calcestruzzo, vere e proprie dighe sepolte laddove intercettano la locale falda acquifera.

L'area romana è caratterizzata dalla presenza di terreni di riporto messi in posto per processi naturali o antropici in seguito alle bimillennarie vicissitudini della città. Tale contesto fa sì che i riporti abbiano localmente spessori rela-

tivamente notevoli (fino a 10-15 metri e a luoghi anche più di 20 metri), siano granulometricamente molto eterogenei e che siano dotati di permeabilità varia: in genere contengono una modesta falda acquifera. Di solito, inferiormente ai riporti, sono presenti i depositi alluvionali del Tevere, costituiti da un primo spessore di qualche decina di metri di sabbie più o meno limose, permeabili e quindi acquifere e, sotto le sabbie, da argille fluviali, praticamente impermeabili.

Pertanto dal punto di vista idrogeologico lungo i settori bordieri del Fiume Tevere ed a tergo dei Muraglioni, si individuano due falde, quelle più superficiali, che sono dall'alto verso il basso:

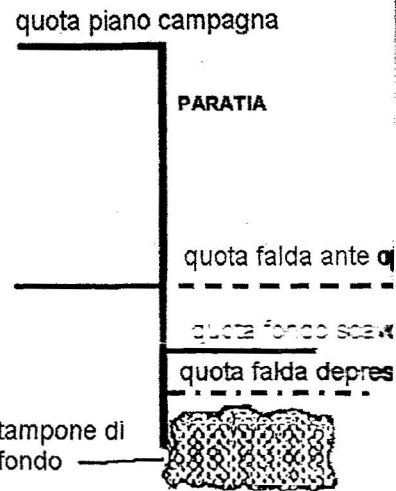
- una modesta falda presente nei riporti che è alimentata, oltre che dagli apporti meteorologici, anche da perdite delle reti idriche e fognarie e dalle emergenze idriche (sorgenti) ormai sepolte dall'attività antropica, localizzate ai piedi delle colline plio-pleistoceniche che bordano la valle tiberina a est;

- una falda indifferenziata, libera o in pressione, con caratteri di multifalda contenuta negli orizzonti più permeabili delle formazioni alluvionali tiberine; spesso le oscillazioni piezometriche sono direttamente legate alle fasi idrauliche del Fiume Tevere (falda di subaereo).

Queste due falde sono drenate dal Tevere, raccordandosi con il suo livello idrico, e logicamente vengono drenate dal fiume defluendo al di sotto dei Muraglioni; tuttavia la presenza di questi spesso determina un "effetto diga" che limita e modifica l'andamento della piezometrica, soprattutto in condizioni di piena del Tevere stesso.

La falda dei riporti in condizioni meteorologiche normali o di magra, è caratterizzata da livelli piezometrici più elevati rispetto a quelli della falda dei depositi

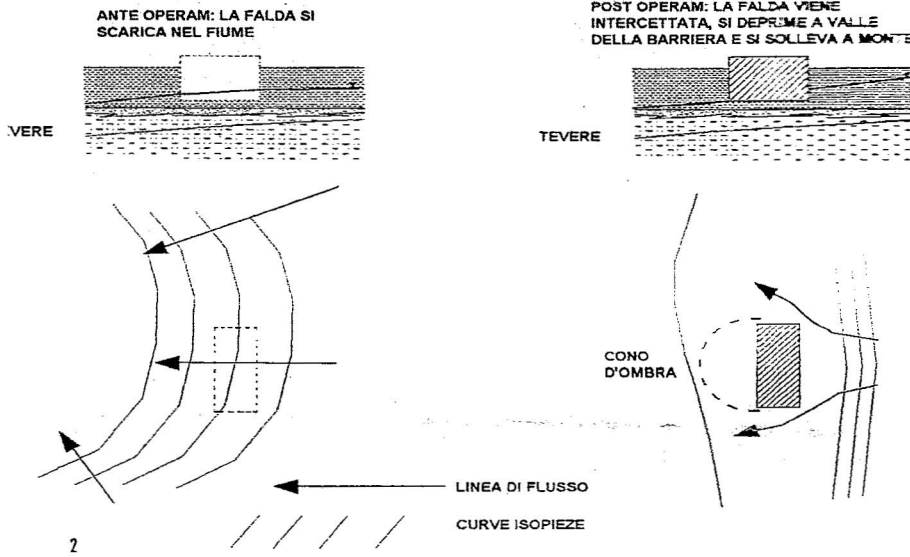
PROGETTARE SOTTOFALDA



alluvionali; invece nel periodo invernale ed in condizioni meteorologiche critiche, la risalita del livello piezometrico della falda delle sabbie fluviali può terminare un unico livello piezometrico. Le escursioni idriche previste, pur con notevoli differenze fra varie zone, sono dell'ordine di 3-6 metri; per esempio, una misura della profondità della falda relativa al Lungotevere Mario ha fornito un valore di -12 metri dal piano campagna nel periodo estivo e un valore di -9 metri dal p.c. nel periodo invernale.

2. - I POSSIBILI EFFETTI DEI PARCHEGGI INTERRATI SUGLI EQUILIBRI IDROGEOLOGICI LOCALI E SUI FABBRICATI CONTIGUI

Nella costruzione di un parcheggio interrato, la prima operazione è quella di realizzare un perimetro di paratia allo scopo di contrastare la spinta delle terre. Nel caso in cui le paratie vadano intercettare la falda acquifera, si eseguono le operazioni di aggotamento necessarie ad impedire l'ingresso dell'acqua nell'area di lavoro e di rendere asciutto il fondo scavo (Fig. 1).



Effetto diga

Man mano che si realizza il sistema delle paratie perimetrali e la "struttura scatolare", si viene a formare un "effetto diga", che modifica gli equilibri idrogeologici esistenti, con molto probabili aumenti delle escursioni positive delle falde.

Infatti si verifica la modifica delle linee di deflusso sotterraneo, ossia un "rigonfiamento" della falda acquifera a monte dell'ostacolo rappresentato dal parcheggio ed una depressione della stessa falda a valle dell'ostacolo (cosiddetto "cono d'ombra") (Fig. 2).

Per effetto del citato innalzamento della falda, le acque sotterranee vanno a saturare i terreni di fondazione dei fabbricati situati ai bordi del parcheggio.

Merita evidenziare che di solito i fabbricati limitrofi ai parcheggi interrati di Roma sono antichi e comunque con fondazioni poco profonde, che non raggiungono la falda acquifera, spesso neanche quella più superficiale situata nei riperti, pertanto in caso di sollevamento artificiale della falda, l'acqua di falda impregna i terreni di fondazione esercitando una spinta idrostatica sul fabbricato che non era stato progettato per sostenere tale spinta.

Dewatering

In fase di cantiere e/o in quella di esercizio del parcheggio, in ragione della geometria locale della falda, di solito viene effettuato un abbassamento artificiale della falda per tenere asciutta la struttura scatolare, ossia si esegue il *dewatering* (prelievo di acqua dal sottosuolo tramite pozzi: la falda si abbassa e intorno al pozzo si forma un cono di depressione).

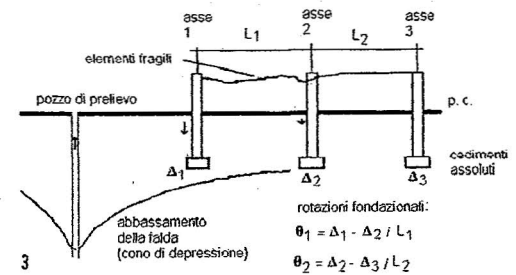
In conseguenza dei due modi di operare, innalzamento o viceversa abbassamento della falda, gli effetti prevedibili sono:

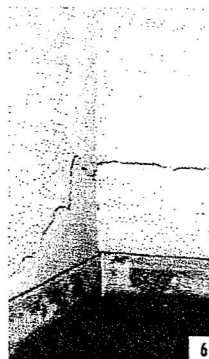
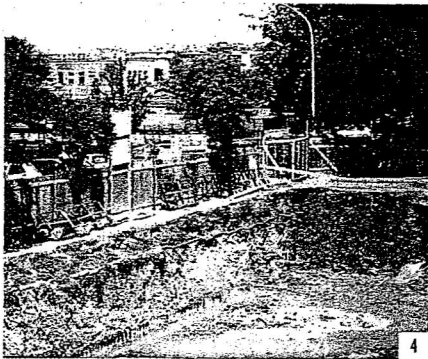
- I) *allagamento di scantinati* e in genere di ambienti interrati e seminterrati dei fabbricati contigui, progettati e costruiti senza prevedere di essere un giorno immersi nella falda acquifera;

- II) *modificazione delle pressioni interstiziali* in terreni altamente eterogenei: in questo secondo caso può verificarsi: a) con l'effetto diga sopra menzionato, la falda si solleva e va ad impregnare terreni fino ad allora asciutti, per cui si desta una distribuzione piezometrica molto differenziata artificiale che modifica lo stato delle tensioni efficaci (pressione cui sono sottoposti i granuli a contatto fra loro) dei terreni di fondazione, con cedimenti differenziali e possibili lesioni nei fabbricati soprastanti; b) con l'abbattimento

1. Schema delle opere provvisorie di cantiere nella progettazione sottofalda. Paratie di pali prima operazione per realizzare un parcheggio interrato. Nello scavo a cielo aperto, col pompaggio si deprime la falda acquifera al di sotto della quota di scavo. Si realizza anche un tampone di fondo atto a eliminare o ridurre la filtrazione dell'acqua risalente all'interno del perimetro delle paratie, in modo da prosciugare la superficie ed eseguire in sicurezza le necessarie sigillature tra i pannelli di paratia
2. Effetto diga. Innalzamento della falda a monte della struttura interrata e depressione a valle
3. Cedimenti delle pilastrate di edificio contiguo a parcheggio interrato in costruzione. Curva di depressione della falda causata da un pozzo di prelievo = dewatering (ad es. per evitare infiltrazioni nella struttura scatolare di un parcheggio interrato). La variazione dei parametri geotecnici, al variare del battente idrostatico, può determinare cedimenti diversi delle pilastrate con conseguenti fessurazioni negli elementi fragili (tovolati), in funzione dei valori di distorsione angolare impressi alle strutture

della falda (*dewatering*) per tenere all'asciutto la struttura scatolare, anche in questo caso ne deriva una variazione dello stato tensionale efficace, fenomeno che, al variare del battente idraulico, può determinare cedimenti diversi delle pilastrate, con conseguenti fessurazioni negli elementi fragili delle strutture, in funzione dei valori di distorsione angolare impressi alle strutture stesse (Fig. 3).





Per quanto si sa, nei progetti dei parcheggi dell'area romana e dei relativi Studi d'Impatto Ambientale, la problematica in esame non è stata sempre presa in considerazione in modo esaustivo ed efficace. I frequenti danni al patrimonio edilizio e in genere ambientale derivanti dalla costruzione di tali opere dimostrano quanto sopra affermato.

3. - CASI DI STUDIO

- **Via Volterra - angolo via Melloni, Quartiere Ostiense, nell'ansa del Tevere.** Parcheggio interrato, previsti 2 piani, poi ridotti ad 1 in seguito ai problemi di dissesto degli edifici circostanti. Lavori iniziati nel 2001 e terminati nel 2003.

Si può notare una relazione temporale causa-effetto tra la realizzazione della paratia di pali (Fig. 4) ed il manifestarsi dei fenomeni di dissesto, che hanno colpito l'adiacente palazzina di via Melloni 26 (e anche la palazzina contigua). Il sito del parcheggio si trova di fronte alla Vasca Navale.

I primi danni si sono manifestati fin dalle prime fasi della costruzione della paratia di pali. Successivamente, a parcheggio ultimato, i danni continuano a manifestarsi.

I danni consistono in: a) un allagamento del vano ascensore della palazzina di via Melloni 26, da parte delle acque sotterranee, che malgrado l'aggettamento e ogni tentativo di mantenerle depresse continuano a permanere alla stessa quota (Fig. 5); b) numerose lesioni della tromba delle scale e in alcuni appartamenti (Fig. 6). Recentemente (aprile 2010) in una delle autorimesse condominiali ha cominciato a manifestarsi un

abbassamento di 3-4 cm della pavimentazione (Fig. 7).

A parte la chiara dipendenza temporale, per cui il fenomeno, mai manifestatosi prima, si è verificato qualche giorno dopo il completamento della paratia perimetrale, si evince l'influenza sostanziale dell'opera sul fenomeno. Infatti, la paratia ha intercettato la falda idrica presente nei terreni di riporto a 4-5 metri di profondità: questa, incontrando il diaframma impermeabile, si è sollevata (in parole povere, è il caso del "rincollo", per cui costruendo una diga blocchiamo la corrente fluviale per realizzare un invaso artificiale), ha aggirato ai fianchi lo sbarramento e, sempre sopraelevata rispetto al livello indisturbato, ha raggiunto il terreno di fondazione della contigua palazzina di via Melloni. Siamo nel caso descritto nella Fig. 2. Il flusso della falda va nella direzione est-ovest (ossia verso il centro del meandro del Tevere che racchiude ad ovest l'area fra viale Marconi e la Vasca Navale), ed è quindi corretto affermare che la falda in parola deviata dalla paratia incontra nel suo percorso il sito della palazzina in parola.

Col suo sollevamento la falda ha impregnato il terreno di fondazione della palazzina, per cui la spinta idrostatica agendo su terreni a diversa granulometria ha fatto sì che questi trasmettessero pressioni diverse alle fondazioni del fabbricato, con conseguenti fessurazioni del manufatto. Inoltre il recente fenomeno di un abbassamento localizzato del pavimento di una autorimessa condominiale, a parcheggio realizzato, è da interpretarsi come causato ad un locale aumento di pressione dell'acqua filtrante nel terreno, che pone in movimento i granuli più fini e li sposta nella direzione del flusso, con ciò creando un abbassamento localizzato della soprastante pavimentazione.

4. Via Volterra, anno 2001, durante le prime fasi della costruzione del parcheggio. Si nota la paratia che ha intercettato e sollevato la falda, la cui direzione di flusso (verso il Tevere) è ortogonale alla paratia

5. Via Volterra n. 26. 2001-2010. La fossa dell'ascensore invasa dall'acqua di falda: malgrado l'aggettamento, il livello dell'acqua rimane inalterato

6. Via Volterra 26. Aprile 2010. Lesioni sui muri della scala a pianterreno. Lesioni negli stessi siti erano presenti anche nel 2001, ma si nota nell'intervallo un incremento, seppur lieve, delle aperture

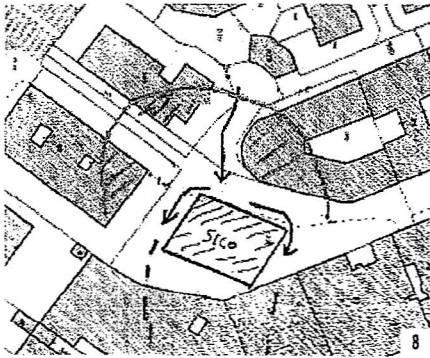
7. Via Volterra n. 26. Aprile 2010. Abbassamento di parte della pavimentazione del garage, a fianco di un pilastro. Viene interpretato come effetto del fenomeno di sifonamento delle particelle limoso-sabbiose da parte del flusso idrico sotterraneo localmente accelerato. Questo fenomeno non era presente nel 2001

- **Via G. Sacchi, Colle del Gianicolo** Parcheggio sotterraneo di 10 piani, alto 30 metri. Iniziato nel 1999, con alcune sospensioni dei lavori, terminato nel 2006.

Colpite dai dissesti statici 4 palazzine adiacenti allo scavo, in particolare la palazzina di via G. Sacchi 16.

Parcheggio interrato sui terreni di riporto e sui detriti colluviali, poggianti su depositi alluvionali del Tevere. Presenza di modesta falda acquifera nel riporto che veniva intercettata e deviata da nuova opera (Fig. 8). Nella parte inferiore l'opera intercettava la falda nei depositi alluvionali, a circa 14 m s.l.m., che scarica nel Tevere.

Realizzate 4 paratie di pali che isolavano lo spazio dove realizzare i piani del parcheggio. Durante i lavori di costruzi



della struttura scatolare di calcestruzzo, si verificavano forti infiltrazioni di acqua, che attraversava le paratie o che veniva dal fondo dello scavo. Pertanto allo scopo di tenere depressa l'acqua di falda, l'impresa ha effettuato pompaggi continui per oltre 1 anno; ciò ha creato un cono di depressione che coinvolgeva i terreni sui quali erano fondati gli edifici circostanti, modificando lo stato tensionale efficace dei terreni acquiferi e quindi un cedimento differenziale dei citati terreni, che si è trasmesso agli edifici. Le fondazioni di tali edifici sono state soggette a pressioni interstiziali diverse con conseguenti dissesti statici degli stessi (Fig. 8). Siamo nel caso descritto dalla Fig. 3.

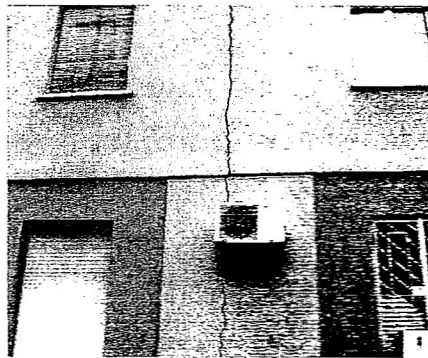
Le Figg. 9 e 10 illustrano alcune lesioni sopra accennate.

4. - CONSIDERAZIONI RIGUARDANTI I PARCHEGGI SOTTERRANEI

Dalla esperienza relativa ai parcheggi sotterranei costruiti finora a Roma si possono evincere alcune problematiche generali applicabili a tali opere.

Le preventive indagini geognostiche e piezometriche necessarie per appurare le specifiche caratteristiche geotecniche e idrogeostratigrafiche dei terreni di fondazione dei parcheggi sono spesso carenti, incomplete, superficiali. Per cui i progettisti assumono talora parametri geotecnici dei terreni troppo ottimistici e posti a base dei calcoli strutturali delle opere.

In un progetto di una certa rilevanza ed in particolare di un'opera in sotterraneo in area urbana, si ritiene di fondamentale importanza la conoscenza esatta non solo della profondità della falda ma anche delle sue variazioni stagionali che



devono essere controllate e monitorate mediante l'installazione di piezometri per un tempo minimo di 12 mesi.

Opere di contenimento quali pali o paratie più o meno ravvicinate agli edifici comportano sempre problematiche idrogeologiche quali:

1 - drenaggi della falda causati dai lavori di scavo e quindi subsidenze del terreno a monte dello sbancamento con cedimenti dei fabbricati;

2 - possibili sifonamenti dei livelli di terreno più sabbioso e limoso presenti negli strati dei terreni di riporto e della formazione alluvionale del Tevere;

3 - possibile sbarramento del flusso di falda dovuto alla profondità di infissione delle paratie con risentimento negativo sulla stabilità - dove già precaria - delle fondazioni degli edifici più vicini.

In ultima analisi il progettista dovrebbe eseguire:

- uno studio del campo dei cedimenti con una corretta procedura d'analisi. Lo studio deve contenere la suddivisione in classi di rischio degli edifici in considerazione del loro effettivo stato e dei cedimenti indotti dallo scavo. Questo dovrà contenere esplicitamente la previsione quali-quantitativa dei danni per singolo edificio, il cedimento assoluto massimo ammissibile, il cedimento differenziale massimo ammissibile e le rispettive soglie di attenzione;

- un completo progetto di "Monitoraggio degli edifici esistenti in corso d'opera e durante la vita della stessa". Detto piano dovrebbe contenere le specifiche degli strumenti da posizionare (mire ottiche, fessurimetri, inclinometri) con l'indicazione delle frequenze delle letture;

- lo studio dell'interazione con le falde presenti con calcolazioni complete ed approfondite. Esse dovrebbero tenere

8 - Nella prima fase di costruzione del parcheggio a valle di via G. Sacchi l'opera ha funzionato da barriera idraulica, facendo divergere il flusso della falda (freccie). Successivamente il cono di depressione della falda emunta ha determinato cedimenti differenziali dei terreni di fondazione degli edifici, con conseguenti dissesti statici. In rosso viene delimitata l'area influenzata dei cedimenti.

9 - Via G. Sacchi, palazzo di n. civico 20. Lesione che interessa l'intera facciata.

10 - Particolare della figura precedente.

conto delle possibili incertezze relative al livello della falda e dell'esecuzione stagionale della stessa. Si dovrebbero correlare le modificazioni della piezometrica con i cedimenti indotti e gli effetti sui singoli edifici limitrofi;

- verbali in contraddittorio dello stato di fatto di tutti gli edifici interferenti con lo scavo, ossia l'attuazione del Testimoniale di Stato.

Solo al termine di queste corrette procedure di analisi sarà possibile stabilire il grado di interazione delle opere interrate con gli edifici circostanti, anche in considerazione del fatto che tali edifici sono dotati spesso di fondazioni insufficienti.

*SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale
www.sigeaweb.it - con la collaborazione di
Leonardo Lombardi, Liborio Rivera, Pierfranco
Ventura