

Interferenze tra **parcheggi interrati** e contesto geologico

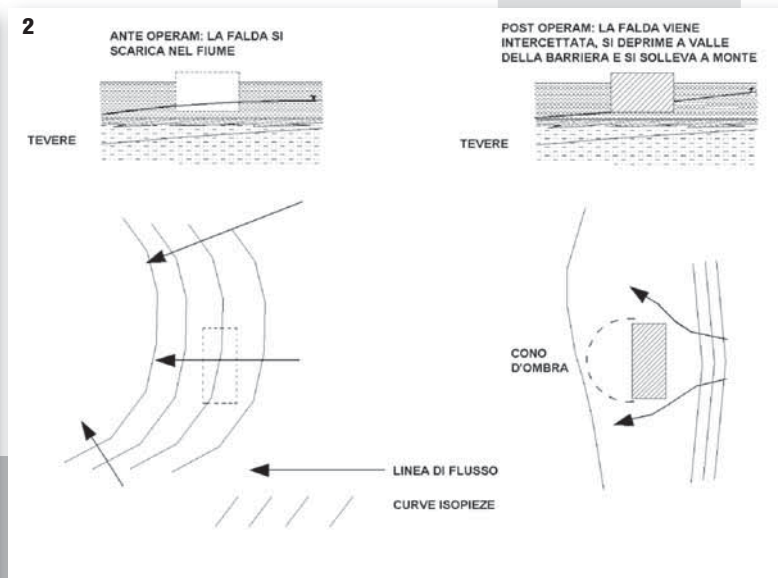
LA COSTRUZIONE DI PARCHEGGI INTERRATI INTERCETTA TALVOLTA LA FALDA, MODIFICANDO LA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA, CON EFFETTI SULLO STATO DI ADDENSAMENTO DEI TERRENI ACQUIFERI E RIPERCUSSIONI SULLA STABILITÀ DEGLI EDIFICI COINVOLTI. IL CASO DEL PARCHEGGIO DI LARGO PEROSI A ROMA.

Giuseppe Gisotti
Leonardo Lombardi
Liborio Rivera
SIGEA Società Italiana
di Geologia Ambientale

con
Pierfranco Ventura
professore all'Università
La Sapienza



Parcheeggi



1. Schema delle opere provvisorie di cantiere nella progettazione sottofalda. Paratia 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

In genere 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 intercettino la locale falda acquifera. L'area romana, dove sono stati costruiti o si vuole localizzare i parcheggi sotterranei, è caratterizzata dalla presenza di terreni di riporto e di riempimento 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 relativamente notevoli (fino a 10-15 metri e a luoghi 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 e 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, 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, con oscillazioni piezometriche direttamente legate alle fasi idrauliche del Fiume Tevere (falda di subalveo).

Queste due falde sono drenate dal Tevere, raccordandosi con il suo livello idrico, e logicamente si scaricano nel fiume defluendo al di sotto dei muraglioni. Tuttavia la presenza dei muraglioni 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 alluvionali; invece nel periodo invernale e in condizioni meteorologiche critiche, la risalita del livello piezometrico della falda delle sabbie fluviali può determinare 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 Marzio 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.

In periodi di siccità i livelli piezometrici a tergo dei muraglioni sono localizzati in corrispondenza della parte basale di tali strutture, determinando una relativamente facile filtrazione delle falde verso il Tevere. Invece, in condizioni meteorologiche critiche, risalendo i livelli di falda, la struttura dei muraglioni rende più difficoltosa la dissipazione delle pressioni interstiziali (effetto diga) con conseguente accentuazione delle risalite delle falde e migrazione del livello piezometrico verso monte.

Gli effetti dei parcheggi interrati sugli equilibri idrogeologici locali

Nella costruzione di un parcheggio interrato, la prima operazione è quella di realizzare un perimetro di paratie di pali, allo scopo di contrastare la spinta delle terre. Nel caso in cui le paratie vadano a intercettare la falda acquifera, si eseguono le operazioni di aggotamento necessarie a 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, facendo affidamento sulla situazione idrogeologica locale e sulle esperienze maturate in numerose situazioni simili a quel-

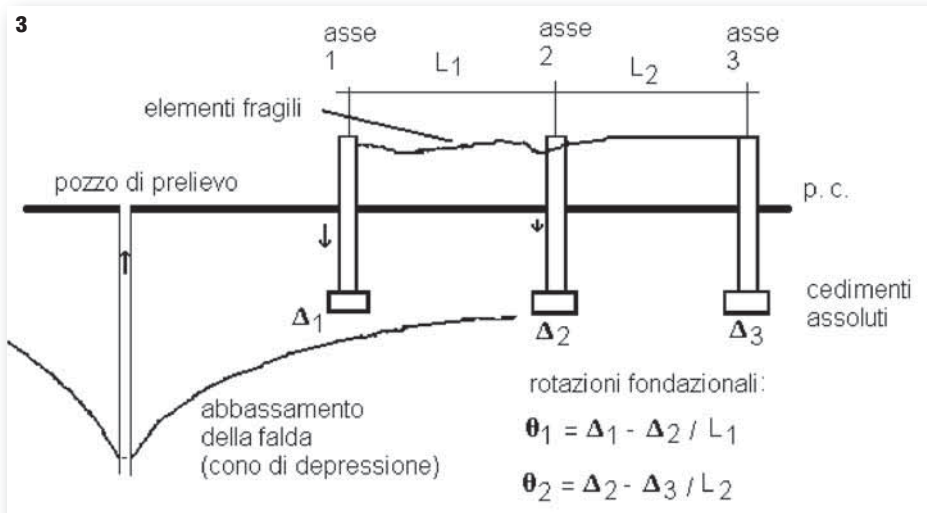
la in esame, si verifica la modifica delle linee di deflusso sotterraneo, ossia un "rigonfiamento" della falda acquifera a monte dell'ostacolo rappresentato dal parcheggio e una depressione della stessa falda a valle dell'ostacolo (cosiddetto "cono d'ombra") (fig. 2). Per effetto del citato innalzamento 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, neanche quella più superficiale situata nei riporti, pertanto in caso di sollevamento artificiale della falda, l'acqua di falda impregna i terreni di fondazione esercitando una spinta idrostatica sul fabbricato.

Dewatering

In fase di cantiere e/o in quella di esercizio del parcheggio, in ragione della geometria locale della falda, 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:

- *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;
- *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 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 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.

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) e 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, continuano a manifestarsi i danni.

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 con-

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 (tavolati), in funzione dei valori di distorsione angolare impressi alle strutture



4. Via Volterra, 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'aggottamento, il livello dell'acqua rimane inalterato

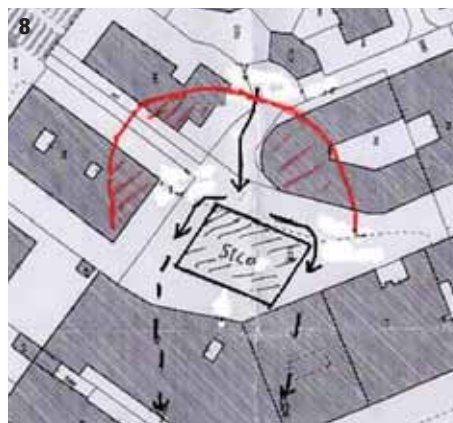
6. Via Volterra 26. Aprile 2010. Lesioni sui muri della scala a pianterreno. Lesioni negli stessi siti erano presenti anche nel 2001, ma si nota nell'intervallo un incremento, seppur lieve, delle aperture

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

tinuano 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 sospesa presente nei terre-



ni di riporto: 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 vaso 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, ed è quindi corretto affermare che la falda in parola deviata dalla paratia incontra nel suo percorso il sito della palazzina.

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 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.

Pertanto la causa del fenomeno di dissesto citato risiede nella costruzione delle paratie e successivamente della struttura scatolare, che ha deviato e sollevato la locale falda idrica subsuperficiale, profonda 4-5 m. Sembra evidente che a livello progettuale ed esecutivo non sono state effettuate le verifiche preliminari al galleggiamento (*UPL uplift*) e al sifonamento (*HYD hydraulic*).

La responsabilità del fenomeno di dissesto è dell'Impresa, in quanto, pur facendo eseguire una indagine geognostica, non ha preso in seria considerazione i problemi di in-

terazione tra il parcheggio e i fabbricati adiacenti e in particolare l'effetto dell'opera sulla falda subsuperficiale nel sito e del conseguente disturbo della superficie e direzione di flusso della falda. Né l'Impresa può addurre a sua scusante l'ignoranza della presenza della falda citata, in quanto dalla letteratura tecnica e scientifica che riguarda la geologia della città di Roma (ad esempio il noto lavoro del prof. ing. Ventriglia) e dalle numerose relazioni geologico-tecniche relative all'area in esame (ad esempio quella del dr. Maino, abitante nella palazzina limitrofa e già Direttore del Servizio Geologico d'Italia) si evince chiara-

mente la presenza di tale falda a qualche metro di profondità.

È evidente che un'area già nel passato sede di un reticolo idrografico (torrenti, "marrane", ecc.) denso e articolato, successivamente "tombato" da una urbanizzazione talvolta intensiva, un'area quindi altamente critica, non poteva essere trattata in modo superficiale, alla stregua di un'area senza problemi geomorfologici e idrogeologici, e meritava di essere soggetta a indagini geologico-geotecniche e studi preventivi molto più accurati, volti a valutare l'impatto ambientale della nuova infrastruttura.

Via G. Sacchi, Colle del Gianicolo

Parcheggio sotterraneo di 10 piani, profondo 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 intestato sui terreni di riporto e sui detriti colluviali, poggianti sui depositi alluvionali del Tevere. Presenza di modesta falda acquifera nei riporti, che veniva intercettata e deviata dalla nuova opera (fig. 8). Nella parte inferiore l'opera intercettava la falda nei depositi alluvionali, a circa 14 m s.l.m., che si scarica nel Tevere.

Realizzate 4 paratie di pali che isolavano lo spazio dove realizzare i piani del parcheggio. Durante i lavori di costruzione 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. Siamo nel caso descritto dalla fig. 3.

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

Progetto Parcheggio interrato Largo Perosi (Roma)

Il progetto prevede la struttura di 3 piani e profonda 9 metri.

L'area si trova a poche decine di metri dal Tevere, da cui è separata dal Lungotevere e dai Muraglioni (fig 11).

Un banco di terreni di riporto, circa 13-14 m di spessore, costituiti da una matrice di sabbia e limo, in cui sono inclusi materiali delle più diverse dimensioni; questi riporti, dotati di permeabilità variabile da luogo a luogo, contengono una modesta falda "sospesa", situata a fra i 5 e i 7 metri di profondità rispetto al piano di campagna costituito dal pavimento di Largo Perosi; questa falda è alimentata dalle acque di pioggia, dalle sorgenti ora sepolte sotto la coltre dei riporti e dalle perdite degli acquedotti e dei sistemi fognari (fig 12); al di sotto sono presenti sabbie fluviali, depositate dal Tevere, per uno spessore di circa 14 metri; sono terreni permeabili e contengono la falda acquifera principale, che si trova alla profondità di circa 13 metri (6 m come quota assoluta); questa falda è alimentata dalle stesse fonti precedenti ed è in connessione idraulica con la corrente del Tevere, per cui in periodo di magra alimenta il Tevere e in periodo di piena viene alimentata dal Tevere, costituendo così la "falda di subalveo" del fiume; a partire da 27 metri di profondità sono presenti argille fluviali, anche esse depositate dal Tevere; sono dotate di bassissima permeabilità e quindi localmente costituiscono l'acquicluda, cioè il substrato impermeabile per la falda contenuta nelle sabbie.

Sono da tenere presenti le oscillazioni delle due falde citate, per cui in seguito alla variazione delle precipitazioni e quindi del livello delle acque del fiume le loro superfici possono subire innalzamenti o abbassamenti di alcuni metri.

Considerate le esperienze inerenti strutture simili realizzate a Roma, è lecito prevedere pesanti interferenze dei lavori di cantiere e della presenza del manufatto sul deflusso della falda contenuta nei terreni di riporto.

In generale, con la modifica delle linee di flusso sotterraneo, si verificherebbe un "rigonfiamento" della falda acquifera a monte dell'ostacolo costituito dal parcheggio e una depressione della stessa falda a valle dell'ostacolo (cosiddetto "cono d'ombra").

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

Di conseguenza i prevedibili effetti sono i seguenti:

- allagamento di scantinati e in genere di ambienti interrati e seminterrati dei fabbricati, progettati e costruiti senza prevedere di essere un giorno immersi nella falda acquifera;
- variazione delle pressioni interstiziali nei riporti (terreni altamente eterogenei, specialmente per la granulometria) e quindi anche del relativo stato tensionale efficace, con re-



lativi cedimenti differenziali dei terreni di fondazione dei fabbricati limitrofi e quindi lesioni di tali edifici.

Ciò è particolarmente vero per il fabbricato del Liceo Virgilio, costruito nel 1600, al quale si è aggiunto un corpo di fabbrica più recente (fig 13). Come si sa, il contatto fra due corpi di fabbrica realizzati in tempi diversi è una condizione di estrema vulnerabilità nei riguardi della variazione delle pressioni interstiziali nei terreni di fondazione.

Lo sviluppo verticale del progetto di parcheggio non solo andrebbe a interferire con la falda nei riporti, ma anche con la falda di subalveo del Tevere, in quanto il livello piezometrico di questa è situato a -9 metri dal piano campagna. Inoltre nel progetto non si prevede il fenomeno delle piene con elevato tempo di ritorno: in caso di piena con tempo di ritorno duecentennale l'opera sarebbe parzialmente sommersa dalla falda di subalveo.

Considerazioni e raccomandazioni per il parcheggio di Largo Perosi

Gli elaborati progettuali del parcheggio di cui si è a conoscenza non hanno tenuto conto del problema dell'influenza escursionale della falda del Tevere e più in particolare delle condizioni geologiche e geotecniche assai scadenti dei terreni di sedime, in parte evidenziate nella Relazione Geologica Integrativa richiesta per cercare di eliminare le incompletezze e insufficienze di quella presentata con il progetto. Infatti, nella prima Relazione Geologica di gennaio 2007 il livello statico della falda è indicato nei terreni di riporto alla profondità di 5-7 m dal p.c., mentre nella seconda Relazione Geologica Integrativa di luglio 2008 il livello piezometrico si attesta alla profondità di 10-11 m dal p.c. e ciò in completo disaccordo con quanto affermato precedentemente. Dal punto di vista geotecnico le fondazioni dei parcheggi e in particolare quelle di Largo Perosi, poggiano su terreni di riporto di qualità assai scadente e quindi soggetti a cedimenti differenziali anche notevoli e di difficile valutazione. I sottostanti terreni alluvionali recenti del Tevere risultano ancora caratterizzati da elevata compressibilità con cedimenti differenziali quando sottoposti a carichi anche modesti, di entità assai variabile e a lungo termine.

Alla pagina precedente

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

9. Via G. Sacchi, palazzina al n. civico 20. Lesione che interessa l'intera facciata

10. Particolare della figura precedente

11. Largo Perosi, scavo archeologico. Sullo sfondo il Lungotevere di Sangallo, il filare di platani, il Tevere

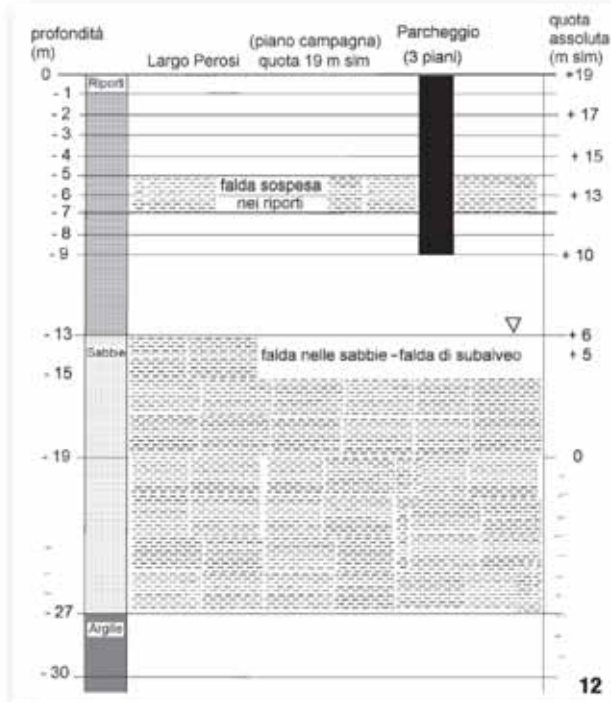
12. Sezione idrogeologica schematica di Largo Perosi

13. Liceo Virgilio, 2010. Contatto di corpi di fabbrica realizzati con materiale diverso e in tempi diversi (1600-1900?). Massimo rischio di lesioni o distacco dei corpi in seguito a cedimenti differenziali del terreno di fondazione

Dalle suddette considerazioni di ordine idrogeologico e geotecnico sull'area interessata dalle opere interrato emerge la necessità di assicurare la stabilità degli edifici limitrofi quale il Liceo Virgilio che appare il più direttamente influenzato dagli scavi in oggetto.

Di seguito, si espongono le raccomandazioni degli scriventi allo scopo di poter procedere all'esecuzione delle opere in sicurezza e senza il timore di rischi non controllati alla stabilità degli edifici e in particolare al Liceo Virgilio, dotato di fondazioni insufficienti:

- nell'area di Largo Perosi e di via S. Filippo Neri non risultano eseguite indagini geognostiche e piezometriche, in particolare in prossimità del Liceo Virgilio, tali da appurare le specifiche caratteristiche geotecniche e idrogeostratigrafiche dei terreni di fondazione del parcheggio. I progettisti hanno assunto parametri geotecnici dei terreni troppo ottimistici e posti a base dei calcoli strutturali delle opere;
- in un progetto di una certa rilevanza e 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;
- le operazioni di costruzione dei parcheggi sotterranei posizionati a una distanza inferiore ai 5 metri dagli edifici, e previsti a una profondità di 9 metri circa dal p.c., verrebbero a interferire con la quota piezometrica: eventuali variazioni del livello di falda porterebbero a innescare fenomeni di consolidazione degli strati più permeabili, con conseguenti pericolosi fenomeni di subsidenza esaltati, in particolare, per l'edificio più prossimo agli scavi quale il Liceo Virgilio;
- opere di contenimento quali pali o paratie più o meno ravvicinate agli edifici comportano quindi sempre problematiche idrogeologiche quali:



1. drenaggio 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 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 e approfondite. Esse dovrebbero tenere conto delle possibili incertezze relative al livello della falda e dell'escursione stagionale della stessa. Si dovrebbero correlare le modificazioni della piezometrica con i cedimenti indotti e gli effetti sui singoli edifici e in particolare sullo stabile Liceo Virgilio;
- verbali in contraddittorio dello stato di fatto di tutti gli edifici interferenti con lo scavo.

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