

# Effetti sulla falda acquifera della messa in asciutto di un rio

di Graziano Miglioranza

**N**ell'ambito dell'intervento integrato dell'Insula dei Frari è stata condotta un'indagine di campo finalizzata a verificare l'incidenza del prosciugamento dei rii sulla falda acquifera superficiale. Questo fenomeno può infatti creare le premesse per cedimenti differenziali nel terreno sottostante l'edificato che si trova nelle immediate adiacenze dei rii stessi. L'indagine è stata svolta in un'area limitata situata in prossimità della riva meridionale del Rio di S.Agostin. Tale indagine ha dato luogo ad una relazione tecnica, appositamente richiesta da Insula Spa ai sensi di tre norme: D.M. 11/3/1988 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni), Legge n° 183 del 1987 sulla difesa del suolo e D.M.24/5/1988 riguardante la tutela delle acque. Più in dettaglio, l'indagine si proponeva di:

- illustrare le caratteristiche geologiche dei terreni del sito;
- valutare l'incidenza che i lavori di manutenzione ed in particolare la messa in asciutto del rio esercitano sulla falda ed eventualmente in via indiretta sui fabbricati;
- fornire eventuali indicazioni tecniche per mitigare gli effetti dannosi che potrebbero verificarsi.

## Indagine piezometrica

A tale scopo veniva innanzitutto avviata un'indagine piezometrica, attraverso la posa di n°7 piezometri a tubo aperto fino alla profondità di 3 metri, di n°3 alla profondità di 6 metri ed attraverso un sondaggio geognostico fino alla profondità di 12 metri. I fori per l'installazione dei piezometri sono stati eseguiti con il metodo della perforazione a distruzione, utilizzando un carotiere semplice da 98 mm. La disposizione dei piezometri è stata finalizzata alla determinazione sia dell'estensione del cono di influenza, causato dall'emungimento del canale, sia

Piezometri da 3mt (n°)	Distanza dalla banchina (m.)
1	1,30
2	2,30
3	4,33
4	7,55
5	11,82
6	39,10
7	40,77
Piezometri da 6mt (n°)	Distanza dalla banchina (m.)
1	3,39
2	7,59
3	40,72

della variazione della quota piezometrica al variare del livello idrico dello stesso, con particolare attenzione alle porzioni prospicienti ai fabbricati. A tal fine si sono disposti 7 piezometri in Campiello S.Agostin (5 da tre metri e 2 da sei a distanze crescenti dal limite della riva), mentre gli altri 3 sono stati sistemati in Campo S.Agostin a circa trenta metri di distanza, in prossimità del fabbricato posto tra i due campi.

Grazie a questa disposizione è stato possibile verificare l'influenza che il carico esercitato dalle costruzioni produce sulla falda e quantificare, qualora presenti, gli abbassamenti del livello piezometrico che si generano al di sotto dei fabbricati e che potrebbero essere responsabili di eventuali cedimenti differenziali.

I piezometri sono stati inoltre realizzati in modo tale da fornire informazioni diversificate circa le condizioni idriche sotterranee.

Quelli da 3 m sono stati infatti impermeabilizzati nell'ultimo metro, attraverso l'introduzione nel foro di uno strato di bentonite (di circa 10 cm) e di cemento per la restante parte. Quelli da 6 m sono stati impermeabilizzati negli ultimi tre metri con procedura analoga alla precedente. In tal modo si è inteso studiare separatamente i comportamenti della falda superficiale e delle eventuali falde più profonde presenti.

## Situazione stratigrafica

Il terreno di studio dell'area indagata è di epoca geologicamente recentissima, quaternaria, successiva all'ultima glaciazione Wurmiana, inseribile in quel periodo geologico conosciuto come Olocene. La descrizione stratigrafica effettuata in sito in base all'esame visivo ha evidenziato una netta prevalenza della componente sabbiosa, la quale, fatta eccezione per la presenza di due orizzonti a dominanza argillosa e limosa tra i - 5 m e i -7 m, e per la locale presenza di livelletti argillosi, contraddistingue quasi integralmente il terreno studiato.

**Orizzonte A:** Sabbia da media a fine di colore grigio, poco addensata e monogranulare, con frequenti frammenti di conchiglie e pezzi di mattone, generalmente ghiaiosa o debolmente ghiaiosa localmente contraddistinta da una componente fine limoso - argillosa.

**Orizzonte B:** Argilla grigia, da poco consistente a moderatamente consistente, generalmente debolmente sabbiosa con

frequenti resti di conchiglie (localmente rari).

**Orizzonte C:** Limo da debolmente argilloso a argilloso consistente, di colore marrone chiaro, generalmente con una debole presenza sabbiosa, frequente presenza di frammenti di conchiglie.

**Orizzonte D:** Sabbia fine monogranulare, sciolta, da color marrone chiaro tendente al giallo a grigia, generalmente contraddistinta da una componente fine limosa, debolmente argillosa, con frequenti resti di conchiglie.

Partendo dai suddetti orizzonti litologici sono stati valutati una serie di parametri geotecnici per almeno quattro livelli (A1, A2, L1, S1).

### **Aspetti idrogeologici**

Dalle indagini svolte si è potuto ricostruire l'andamento della falda freatica e risalire alla natura dei terreni che fungono da serbatoio. L'uniformità di risultati evidenziata dalle misure effettuate sui piezometri da 3 m e da 6 m, correlata all'analisi stratigrafica, ha inoltre consentito di determinare lo spessore dell'acquifero.

Infine, la ricostruzione delle oscillazioni della falda al variare del livello dell'acqua nel canale, ha mostrato come tali fluttuazioni interessino esclusivamente l'orizzonte sabbioso, il quale occupa, salvo brevi interruzioni, i primi 5-6 m della colonna stratigrafica.

L'interessamento esclusivo dello strato sabbioso riduce la possibilità che si verifichino dei cedimenti differenziali.

Dalle misurazioni effettuate con l'utilizzo di una sonda elettrica (freatimetro) nei giorni immediatamente precedenti il prosciugamento del canale, si è potuto appurare che la falda superficiale risente delle oscillazioni del livello di Rio di S. Agostin prodotte dalla marea e che tale influenza si propaga con notevole velocità all'interno del corpo idrico.

L'indagine ha consentito di determinare, inoltre, l'estensione del cono d'influenza prodotto dalle oscillazioni di marea e il livello medio della falda. Si può quindi affermare che il raggio del cono di influenza è di circa 11 m, ma che già a 7 m dal limite della banchina la falda risente in modo trascurabile delle oscillazioni del livello del canale. Inoltre, il livello piezometrico medio si trova a una quota di - 57 cm rispetto il piano campagna. In più, le misure effettuate sui piezometri di Campo S. Agostin mostrano un abbassamento della falda, seppur minimo (1-2 cm), passando dal piezometro adiacente il fabbricato a quello immediatamente successivo e posto a una distanza di circa 1 m. Infine, si può notare una corrispondenza tra le misure effettuate sui piezometri da 3 m e su quelli da 6 m. Ciò fornisce delle utili informazioni circa la potenza del terreno interessato dalla falda superficiale.

Dall'indagine è emerso che le variazioni di marea producono oscillazioni medie della falda ad una distanza di metri 7-8 dal canale e pertanto si potrà ritenere che siano le maggiori responsabili dei cedimenti superficiali all'interno dei fabbricati adiacenti ai canali in presenza di presidi permeabili.

Ricordiamo che le mura perimetrali portanti sono normalmente sottofondate con pali in legno sui quali poggiano le tavole che sono la base da cui partono le fondazioni degli edifici.

I pavimenti e tutti i muri interni che invece non sono stati costruiti con queste tecniche sono soggetti a fenomeni di assestamento per consolidazione del terreno sottostante.

Detto fenomeno è minimo nei primi strati sabbiosi ma, avendo constatato che nei mesi considerati si sono avuti mediamente n° 47 cicli con variazioni di m 1.10 d'acqua e n° 55 cicli con variazioni di m 0.50 d'acqua, si può immaginare che in tempi lunghi queste oscillazioni abbiano potuto produrre un effetto considerevole, provocando più lesioni che non il cedimento progressivo di Venezia a causa dell'effetto di consolidazione degli strati argillosi profondi.

### **Aspetti geotecnici**

L'elevata permeabilità dell'orizzonte sabbioso, associata alla notevole pendenza della superficie piezometrica, e dunque all'alto gradiente idraulico che si instaura in prossimità del canale, potrebbe causare in condizioni di mancanza di un argine continuo o nel caso che questo sia gravemente lesionato, un sensibile trasporto di materiale, che preso in carico dall'acqua verrebbe scaricato nel Rio di S. Agostin. Si potrebbero così creare degli scavernamenti all'interno dello strato sabbioso, i quali si ripercuoterebbero sulle porzioni superficiali ingenerando dei cedimenti che potrebbero manifestarsi nel basculamento dei masegni delle calli e delle fondamenta. Questi effetti sarebbero tuttavia limitati alle zone adiacenti ai canali (2-3 m), in quanto, come visto, il cono di influenza prodotto dalle oscillazioni del livello dell'acqua è abbastanza limitato.

Il terreno, nello spessore interessato dall'abbassamento di falda per azione del prosciugamento del Rio di S. Agostin è molto aperto con una permeabilità elevata, dell'ordine dei  $10^{-3}$  m/s.

Come già evidenziato nelle stratigrafie, l'oscillazione della falda avviene all'interno di uno strato sabbioso con ghiaia moderatamente addensata.

Lungo questo strato per effetto della permeabilità i tempi di ritorno sono abbastanza brevi se non immediati e pertanto, un abbassamento del canale legato alle oscillazioni della marea oppure al prosciugamento del rio è istantaneo.

Se le rive subito a ridosso del canale sono in buono stato e non permettono, in collegamento all'oscillazione della falda un trasporto di materiale fine, allora gli assestamenti sono contenuti, legati al

riequilibrio dei granuli all'interno della sabbia. Questo fenomeno è variabile a seconda delle differenti situazioni che si manifestano. In particolare come giustamente evidenziato da K. Terzaghi-R.B. Peck (Geotecnica, 1967): *“Quando il livello della falda subisce variazioni periodiche, il cedimento può assumere una certa ampiezza, dato che ogni giorno l'incremento temporaneo della pressione efficace ne provoca un aumento. È possibile evidenziare questo fenomeno con prove di laboratorio entro recipienti dalle pareti indeformabili. L'ampiezza dell'incremento del cedimento diminuisce con l'aumentare del numero dei cicli e tende ad annullarsi; ma il cedimento finale è parecchie volte maggiore di quello prodotto dal primo ciclo”.*

Pertanto il contributo di assestamento legato all'oscillazione della falda in relazione all'escursione di marea è di gran lunga maggiore di quello relativo al prosciugamento del rio.

### **Conclusioni**

I risultati ottenuti consentono di affermare che il cono di influenza, generato dalle oscillazioni del livello del canale, è di limitate dimensioni e che quindi la perturbazione generata dalle maree sul corpo idrico è ristretta alla zona adiacente al canale. Il raggio di influenza è stato valutato di circa 7 m; infatti oltre questa distanza la depressione piezometrica si riduce a qualche centimetro, non sufficiente a creare perturbazioni sui livelli sovrastanti.

Si è inoltre evidenziato un modesto influsso dei carichi esercitati dai fabbricati sulla falda, la quale risulta, dalle misure effettuate sui piezometri n°6 e n°7, solo leggermente depressa (1-2 cm) passando dal piezometro vicino all'edificio che divide le due zone monitorate, a quello immediatamente successivo. Questo fenomeno è legato a una riduzione poco marcata dell'indice dei vuoti ( $e$ ) dello strato sabbioso, a causa dei carichi a cui è sottoposto, con conseguente limitata risalita del livello idrico.

La ridotta compressibilità dell'orizzonte sabbioso, evidenziata dalle misure sopra descritte, fornisce un utile elemento per affermare l'impossibilità che si verifichino dei cedimenti differenziali sugli edifici, in quanto minimi sono gli assestamenti a cui il terreno può essere soggetto.

È utile ricordare che il calcolo dei cedimenti provocati dalla oscillazione della falda ottenuto in corrispondenza del primo piezometro, ha messo in rilievo un assestamento del terreno pari a circa 1 mm ad una quota di 1.50 m sotto il piano campagna. Ciò porta ad escludere che l'abbattimento della falda per il prosciugamento del Rio di S. Agostin possa causare cedimenti sulle fondazioni delle case adiacenti, in

quanto nel caso di paramenti murari in buono stato di conservazione e con mantenuta funzione impermeabilizzante, l'escursione di marea non riesce ad innescare quel trasferimento di materiale che è la principale causa degli assestamenti riscontrabili nel terreno retrostante i muri di sponda e i muri di fondazione.

Diversamente nel caso di paramento spondale ammalorato con conseguente perdita della funzione impermeabilizzante, ogni ciclo di marea comporta un rifluimento di materiale fine, che causa, data la sommatoria degli eventi, svuotamenti e cedimenti con probabile riscontro sulle strutture che si affacciano sui canali. In ultima analisi, quando il rio viene prosciugato, si palesano gli effetti di danni già provocati nel tempo dai cicli di marea. Pertanto è assolutamente necessario, nel periodo di messa in asciutto, intervenire ripristinando le condizioni di impermeabilità delle strutture spondali sia con iniezioni di intasamento e consolidamento previa sigillatura della parete esterna, sia, nei casi di grave deterioramento, con la totale ricostruzione.



Carotaggi in Campiello S. Agostin

# *Sui disagi in Rio della Frescada*

di Giancarlo Adorno

**L**a condotta umana deve seguire il principio del “*neminem laedere*” e la conseguenza è che, ogni fatto colposo che cagiona ad altri un danno ingiusto, obbliga chi ha commesso il fatto a risarcire il danno (art. 2043 c.c.). La valutazione dei danni dovuti ai danneggiati si deve poi determinare comprendendo la perdita subita, i cosiddetti danni diretti come il mancato guadagno, cioè il *lucrum* cessante.

Orbene, nel giugno 1998, perdurando i lavori di scavo e di restauro delle fondamenta del Rio della Frescada da oltre quattro mesi, con notevole disagio per i cittadini ivi abitanti e con evidente danno per i pubblici esercizi ivi esistenti (un negozio di abbigliamento, un albergo, un ristorante, un bar, una trattoria, un panificio) che subivano uno sviamento della clientela, si è formato un comitato spontaneo per protestare per le lungaggini dei lavori, dato che l'impresa appaltatrice non lavorava con l'assiduità che il caso imponeva. Inoltre, in Consiglio Comunale veniva denunciato, con l'interrogazione di due Consiglieri dell'opposizione, che i lavori di scavo del Rio della Frescada erano in “totale abbandono”, rilevando i disagi ed i danni causati ai cittadini ed alle attività commerciali in loco e lo stato igienico del Rio, descritto come “una fogna a cielo aperto con decine di pantegane in perlustrazione”. L'Ufficio di Relazioni Esterne di Insula, con un comunicato stampa, rispondeva agli attacchi sostenendo che “a seguito della

messa in asciutto e dello scavo del Rio, è emersa una serie di dissesti alle sponde di pertinenza pubblica e privata superiore alle aspettative, tali da comportare un'opera di completo rifacimento”.

Veniva annunciata, poi, una serie di indagini geognostiche, per prevenire danni sui fabbricati, e la temporanea chiusura della fondamenta della Frescada, prevedendo la fine dei lavori per l'ottobre successivo.

La protesta innestata, sfociava in un incontro tra l'allora Assessore ai Lavori Pubblici, Claudio Orazio, i responsabili di Insula, Paolo Gardin e Michele Regini, ed il Comitato dei cittadini e degli esercenti, rappresentato dall'avv. Giancarlo Adorno, il quale sosteneva che, in base al Regolamento Comunale, approvato con delibera consiliare n° 214 del 7.10.96, l'art. 3 prevede che i commercianti con attività precluse a causa di lavori pubblici, protrattisi per oltre sei mesi, possano ottenere la riduzione delle tasse comunali, nella fattispecie la TARSU e la TOSAP.

Da parte di Insula veniva assicurata una pronta ripresa dei lavori, la derattizzazione delle rive, oltre un supporto alla richiesta di sgravi sulle tasse comunali, interessando l'Ufficio del Commercio e l'Ufficio dei Tributi.

I lavori si prolungarono ben oltre il termine previsto da Insula e il disagio finale è stato il rifacimento del Ponte, in ghisa, della Donna Onesta che ha provocato, addirittura, il blocco del traffico pedonale dal Sestiere di S.Polo al Sestiere di Dorsoduro per quel tratto. Se è vero che Insula appoggiò la

richiesta di agevolazione sui tributi locali a seguito dei lavori di pubblica utilità, è ben vero che, nonostante gli interessati inoltrassero all'Ufficio Tributi la domanda di sgravio, a tutt'oggi, non c'è stata alcuna risposta!

Il discorso non si ferma qui. Molti edifici prospicienti il Rio della Frescada hanno avuto, sia perché il Rio è stato tenuto a secco per molti mesi, sia per i lavori di rifacimento della fondamenta, notevoli danni strutturali, fessurazioni ai pavimenti ed ai muri. Nonostante sia stato denunciato ciò ad Insula, ed i relativi tecnici abbiano verificato l'entità dei danni, a tutt'oggi questi non sono stati risarciti e sembra che alcuni proprietari di immobili intendano adire le vie legali. Quindi, sia il danno emergente, cioè i danni veri e propri ai fabbricati, sia il *lucrum* cessante, cioè il diminuito guadagno nel periodo interessato dai lavori, non sono ancora stati risarciti con gli sgravi fiscali promessi. Speriamo che questo intervento, del quale sono grato ad Insula, possa servire a smuovere le acque e ad attivare una Pubblica Amministrazione che deve sempre essere al servizio del cittadino titolare non solo di diritti, ma di interessi legittimi, quando ormai la questione della risarcibilità degli stessi è stata risolta, in senso positivo, dalla storica sentenza n° 500/99 delle Sezioni Unite della Cassazione Civile, che stabilisce la possibilità del Giudice ordinario di conoscere anche della illegittimità del provvedimento amministrativo ai fini della condanna dell'Amministrazione al risarcimento del danno.

*Riceviamo dall'Avv. Adorno e volentieri pubblichiamo questo Suo intervento.*

*Insula, pur non condividendo del tutto la ricostruzione dei fatti né alcune delle tesi giuridiche ivi sostenute, lo considera un importante contributo al dibattito con i cittadini su un tema certamente delicato. In tal senso, essa è intenzionata ad approfondire l'argomento in uno dei prossimi Quaderni.*