FORTUNATO CASTELLINI

LE ACQUE FREATICHE ED I MOVIMENTI ANOMALI DEL SUOLO NEL RAVENNATE

In un precedente studio, si avanzava l'ipotesi che una delle cause che possono concorrere all'abbassamento del suolo nel territorio ravennate, e precisamente in quella parte del territorio medesimo ove le sabbie prevalgono nella composizione litologica del terreno, dovrebbe ricercarsi nel movimento della sabbia entro la falda freatica provocato, oltre che dal naturale e continuo scorrimento dell'acqua freatica, anche dall'alzamento e dall'abbassamento dell'acqua stessa in concomitanza col flusso delle maree.

Tale movimento, mi chiedevo in quella occasione, « ... oltre a provocare lo scorrimento dei granelli di sabbia, determinando un loro franamento negli interstizi e quindi un graduale anche se lento cambiamento di posizione e conseguente costipamento del terreno, può provocare una fuoriuscita di alcuni elementi dalla falda stessa; particolarmente in quei punti ove la continuità degli strati è interrotta da canali o tagli interessati dalle maree e quindi comunicanti col mare? ... » (1).

Il problema si pose allorquando si iniziarono nella primavera dello scorso anno, i lavori di sistemazione della via Trieste a Ravenna.

In quella occasione si osservò che metà della sede stradale (lato a nord) in prossimità dello scolo Lama e per un tratto di circa 150 metri, era notevolmente dissestata e più bassa di tutta la parte restante.

(1) L. VEGGI - A. RONCUZZI - F. CASTELLINI, *Studi idrogeologici dei territori padani inferiori* (Atti della Casa Matha, IV), Ravenna 1970, p. 59.

Ma, a differenza di altri analoghi cedimenti, fu notato che ai margini della zona abbassata non risultava alcun rigurgito di materiale e quindi nessun trasferimento di materiale stradale dalla corrente di traffico sui due lati (colmo e banchina).

Un sondaggio del terreno, effettuato fino ad attraversare la falda ed in tre punti diversi, scelti ai lati della strada stessa e formanti un triangolo con due vertici posti lungo l'asse della aiuola nord e col terzo in quella sud, diedero i seguenti risultati:

1) Sondaggio: aiuola nord lato Ravenna.

Da metri 0,00 a metri 0,80, terreno comune e poche macerie, quest'ultime in frammenti minuti: da metri 0,70 a metri 3,00 sabbia di colore scuro con frammiste diverse conchiglie della specie *Venus*, ecc., da metri 3,00 a metri 3,50 argilla plastica verdastra, mista a sabbia e sottili strati di sabbia.

2) Sondaggio: aiuola nord lato ponte Lama.

Da metri 0,00 a metri 0,90, terreno comune, da metri 0,90 a metri 1,40 terreno vegetale chiaro mediamente argilloso, da metri 1,40 a metri 3,50 argilla mista a sabbia con poca torba e sottili strati di sabbia.

3) Sondaggio: aiuola sud.

Da metri 0,00 a metri 1,00 terreno comune, da metri 1,00 a metri 1,45 terreno vegetale chiaro mediamente argilloso, da metri 1,45 a metri 3,50 argilla verdastra con poca torba e sottili strati di sabbia.

Apparve subito evidente che col primo sondaggio si era interessata la zona delle vecchie buche della fornace Brocchi, colmate in seguito con sabbia proveniente dal canale Candiano e che una di tali buche insisteva in parte sotto l'attuale sede stradale soggetta al movimento.

Il secondo e terzo sondaggio rivelarono stratificazioni di terreno analoghe a gran parte della zona posta a sud della via Trieste e riscontrate in occasione della costruzione di numerosi pozzi di acqua freatica.

Successivamente, nei punti accennati furono praticati tre fori circolari del diametro di cm 25 e profondi circa metri 4,00 adatti ciascuno ad ospitare un tubo di plastica del diametro di cm 12, della lunghezza di metri 3,00, opportunamente forato nella metà inferiore, drenato sul fondo e lungo i fianchi con ghiaia mista e rinterrato con terra sciolta nella parte superiore.

A distanza di qualche tempo si provvide a quotare la sommità dei tubi ed il marciapiede del ponte sullo scolo Lama con riferimenti a capisaldi I.G.M.

Successivamente, allorché si stimò che l'acqua di falda avesse ristabilito il suo livello naturale, disturbato in precedenza dalla costruzione dei pozzi, si iniziò la serie delle misurazioni, le quali, iniziate il giorno 25 aprile 1967, furono proseguite ininterrottamente fino a tutto il giorno 23 giugno e saltuariamente riprese nei mesi di novembre e dicembre.

Questi rilievi, effettuati in situazioni di massima e minima marea, di maree normali, in periodi di primo ed ultimo quarto di luna ed in periodi inoltre di pioggia e di particolari condizioni climatiche, diedero i seguenti risultati medi, i quali, tradotti in variazione dell'altezza della falda, furono rispettivamente di cm 4 e cm 2 per il pozzo n. 1 e per escursioni di maree massime di cm 30 e minime di cm 15; cm 1 e cm 2 per il pozzo n. 2 e per le medesime escursioni di maree; cm 1 e cm 2 per il pozzo n. 3.

In occasione di una pioggia prolungata, iniziata nella mattinata del 15 maggio 1967 e proseguita fino a tutto il giorno 16, la falda giunse ad una altezza di cm 107,60 (misura effettuata alle ore 8,20 del 17-5-67) per ritornare progressivamente dopo circa tre giorni, a cm 89,6 e riprendere così il suo vario andamento quotidiano, andamento però caratterizzato da una progressiva e costante diminuzione stagionale.

Apparve evidente che l'acqua freatica, contenuta in terreno molto sciolto e permeabile come quello del pozzo n. 1 (in misura minore per i pozzi 2 e 3) subiva l'influenza della alta e bassa marea, cioè la falda si alzava e si abbassava con l'alta e la bassa marea.

Nei giorni 15 e 16 giugno, si prelevarono dai pozzi diversi campioni di acqua, l'analisi dei quali diede: per l'acqua della falda, un contenuto in cloruro di sodio di g 0,85 per litro contro i g 15,6 dell'acqua della Lama; non solo, ma che due litri di acqua prelevati dal pozzo n. 1 nel corso di cinque giorni non consecutivi diedero un residuo di materiale solido (particelle di argilla e piccoli grani di sabbia) pari a g 3,22.

Si appurò in tal modo che l'aumento del livello della falda dipendeva, non da una penetrazione dell'acqua del mare negli strati permeabili del terreno in occasione delle maree, ma da un periodico accumulo maggiore o minore di liquido entro la falda

con una conseguente variazione di aumento di carico sui terreni sottostanti; maggiore velocità dell'acqua in quel punto e trasferimento di materiali solidi.

Tale aumento di carico e di velocità diminuiva, come risultò da numerosi rilievi effettuati, mano a mano che ci si allontanava dalla zona influenzata dalla marea fino a scomparire in prossimità della Statale Ravenna-Rimini.

Un fenomeno analogo a quello descritto, cioè di trasporto di materiale ad opera dell'acqua freatica, fu riscontrato a Pisa molto tempo fa.

Nella parte sud del campanile, s'era formata una polla d'acqua freatica della portata (misure eseguite dal dicembre 1910 al 23 dicembre 1911) variabile tra i litri 0,106 e 0,299 al minuto secondo. Tale acqua trascinava materie solide provenienti dal sottosuolo pari ad una quantità (nell'intervallo di tempo compreso tra il 6 aprile 1912 ed il 20 giugno 1923) di kg 2,786 con una media annua di g 248,50.

Che dire inoltre del cemento iniettato nei pressi del campanile, a consolidamento del terreno e visto uscire nell'Arno, cioè a circa un chilometro poco più?

L'accumulo del liquido ed il suo abbassamento giornaliero presupponeva una fuoriuscita dell'acqua dalla falda verso la Lama in ciò favorita dalla vicinanza dello scolo consorziale. Effettuati gli opportuni calcoli, si determinò la direzione della falda rilevando un andamento nord nord-ovest con spostamento nord contenuto mediamente entro un angolo di 60°.

Si verificava quindi, e ciò contrariamente alle supposizioni che volevano quale elemento di maggior richiamo della falda il cavo consorziale, un andamento dell'acqua freatica con direzione verso la parte terminale del canale Candiano.

Ciò apparve logico quando, effettuate numerose ricognizioni relative alla morfologia del terreno, confortate altresì da osservazioni dirette in occasione della costruzione di moltissime fognature, si constatò che tutta la zona è prevalentemente sabbiosa. Inoltre, se si considera che il tratto terminale del Candiano si allarga sí da formare un bacino di notevole superficie e capienza e che l'acqua di tale bacino si alza e si abbassa di livello, in occasione delle maree, più lentamente di qualsiasi altro punto considerato lungo il canale stesso od in corrispondenza dei cavi sfocianti nel medesimo, avremo, per questa ragione, un contatto più duraturo, se non addirittura permanente fra i due liquidi, dei

quali il meno denso passerà per osmosi a diluire quello piú denso sempre in grado quest'ultimo di rinnovarsi giornalmente e quindi di ricevere e di convogliare al mare l'acqua di falda.

Va detto tuttavia ed a conclusione di questa prima parte, che qualche volta l'andamento della falda ha assunto una direzione piú accentuata nord nord-est.

Questa diversa direzione ha coinciso però con giornate di pioggia la quale, con un momentaneo apporto maggiore di liquido congiunto a mutamenti di pressione atmosferica, può rompere un equilibrio preesistente, in ciò sollecitata anche da una aumentata quantità e velocità dell'acqua di falda.

Infine va considerato, nel complesso dei movimenti, il deflusso dell'acqua freatica che avviene lungo filetti, a volte anche macroscopici, formati in vicinanza ai manufatti di fognatura stradali i quali, costruiti con materiali compatti, non si amalgamano coi terreni ospitanti.

A questo proposito è stato direttamente osservato, in occasione di uno scavo in aderenza ad una fognatura (2), che il terreno in sinistra del manufatto (sinistra rispetto alla direzione dell'acqua) era nero per la presenza di sostanze organiche decomposte, mentre in destra presentava la sua naturale colorazione grigio chiara. Proseguendo nello scavo, si appurò che la zona nera era divenuta il recapito di acque domestiche e provenienti da un'altra fognatura non funzionante ed in piú punti manomessa e che le particelle organiche decomposte si erano inserite nei vuoti del terreno portate dall'acqua a distribuirsi lungo il manufatto stesso.

Oltre a ciò e congiuntamente ad un richiamo dell'acqua di falda ad orientarsi parallelamente alla fognatura, in vicinanza della medesima, abbiamo anche un aumento della velocità. Tale aumento si constatò, sempre da osservazioni dirette, quando nelle due vie E. Pazzi e Frignani a Ravenna, si completarono le opere di scolo.

Queste opere accelerarono l'abbassamento della falda stabilizzandolo a quote inferiori alle precedenti.

Nel mese di novembre dello scorso anno, si iniziarono altri rilievi nella zona del Lamone con lo scopo di osservare il comportamento della falda freatica in quella fascia di terreno, di

(2) Fognatura attraversante il fabbricato GESCAL di via T. Gulli, Ravenna.

recente formazione e contenuta: a nord dal nuovo alveo del fiume, a sud ed a ovest dalle valli, a est dal mare. Anche in quella occasione furono considerati tre vecchi pozzi posti ognuno ai vertici di un triangolo coi lati rispettivamente di metri 286, 380, 658.

I livelli dell'acqua, osservati sempre in concomitanza con le alte e basse maree, non diedero tuttavia risultati apprezzabili o tali da potere con essi determinare o stabilire un certa regolarità nel movimento della falda. Tale movimento, pur riscontrandosi assai mutevole, era di massima diretto principalmente verso il nuovo alveo del Lamone con andamento a volte normale ed a volte tangenziale all'asse del fiume. Inoltre, i diversi livelli, alternandosi continuamente tra di loro, con tendenza tuttavia ad un costante lento abbassamento, facevano supporre l'esistenza di tre bacini freatici distinti e separati.

Una serie di ottanta trivellazioni, eseguite dalla Romea fino al battente del mare ed in parallelo alla nuova strada, chiarirono il problema consentendo, oltre la completa conoscenza della successione stratigrafica superficiale del terreno (profondità metri 7):

- 1) la successione morfologica delle dune marine;
- 2) la localizzazione di vari e distinti depositi di acqua freatica.

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Alla base dei depositi, troviamo il fondo marino costituito da sabbia grossa e compatta la quale, da profondità varianti dai metri 7 ai metri 2, arriva bruscamente in superficie a circa 600 metri dal battente del mare a costituire l'ultima fascia di spiaggia.

Sopra tale fondo e fino al piano di campagna, abbiamo, in successione longitudinale ed alternate tra di esse, sabbie sciolte impregnate in molti punti di acqua, facilmente attraversabili dalla sonda, ed argille, alcune pure, altre più o meno sabbiose. Nel punto di contatto tra i depositi superficiali ed il fondo marino, sono state riconosciute ed in qualche punto esaminate numerose ed a volte notevoli lenti di torba di litorale e di valle contenenti discreta quantità di gas.

La falda freatica corre pressoché orizzontale con leggera pendenza verso mare ad una profondità media, dal piano di campagna, di circa metri 0,70 fatta eccezione per i dossi e per le depressioni ove la troviamo, in questo ultimo caso, quasi in superficie e con andamento, peraltro limitato ad alcune zone, opposto a quello normale.

SUCCESIONE MORFOLOGICA DELLE DUNE

Premesso che nell'ambito di nuove e future ricerche, si tenterà di stabilire con l'esame mineralogico e chimico delle sabbie dei depositi superficiali e profondi, la loro provenienza, l'andamento di correnti di erosioni, di trasporto e di deposito che si sono verificate e si verificano ancora oggi, si può fin d'ora sulla base del profilo stratigrafico stabilire di massima una certa successione nella formazione della duna.

Partendo dalla Romea e fino a circa 1.200 metri ad est, si riconosce nel dosso sabbioso compatto, in parte eroso, la linea di spiaggia esistente al IV secolo o poco più oltre già individuata e localizzata per intero dall'ing. Roncuzzi (3). Sopra tale dosso, troviamo le sabbie sciolte che forse sottendono alla fase di deposito successivo alla demolizione, come dice sempre il Roncuzzi, del grande delta cuspidato dell'Eridano.

La nuova linea di spiaggia, che in quel punto non differisce gran che dalla precedente, è delimitata forse da una depressione verso terra che man mano si accentuerà per i consueti fenomeni di subsidenza.

In questa depressione troviamo il vecchio alveo del Pirotolo del quale si hanno notizie fin dal 943, quando all'arcivescovo Pietro fu richiesto l'uso della pesca dal luogo detto *Perutulus* fino al mare. E ancora nel 1088 il Monastero di Palazzolo concede in enfiteusi terre e paludi nel Pirotolo vicino ad un canale.

Negli anni infine 1487-1489 si nota in calce a due calmieri che i pesci di acqua dolce catturati nel Pirotolo dovevano avere lo stesso prezzo dei pesci d'acqua salata. In quel momento quindi, si può dire che il Pirotolo assunse le caratteristiche di canale di bonifica e di recapito delle acque dolci sparse nell'entroterra convogliandole al mare attraverso il Fossatone.

Queste caratteristiche le manterrà fino all'impaludamento di nuovi terreni posti, sia ad ovest dell'attuale Romea, sia ad est della stessa; quando cioè si renderanno necessarie altre opere idrauliche che segneranno anche l'inizio del completo interrimento del nostro canale. Ancor oggi il Pirotolo si intravede nella bassa ricolma di canna e posta a circa 400 metri dalla Romea, parallela ad essa.

(3) Cfr. L. VEGGI - A. RONCUZZI, *Considerazioni sulle antiche foci padane e sul Po di Primaro*, in questo stesso volume.

I sondaggi, rivelando in quel punto argilla purissima e molto plastica, ne hanno potuto stabilire la profondità e la larghezza aggirantesi, la prima, dai metri 6 ai metri 7; la seconda, dai metri 20-25 alla base, a circa 80-90 alla sommità.

Questa massa di argilla, inserita in una formazione sabbiosa, divide la falda in due parti configurando due bacini ben distinti e comunicanti tra di loro in superficie e nei periodi in cui la falda è molto alta.

Proseguendo verso il mare, si ritrovano altre zone di argilla portata dai fiumi o da canali a colmare nuove depressioni delimitate dalla successione dei cordoni sabbiosi ed accentuate dai soliti fenomeni di subsidenza.

Anche qui la falda raggiunge notevoli spessori riproponendo la possibilità dell'esistenza di vasti bacini freatici in gran parte impermeabili e non sempre comunicanti tra di loro se non in superficie, sia per la presenza di argilla ai bordi dei bacini stessi, sia per la presenza della torba ed argilla sul fondo.

Tuttavia, un certo incremento alla falda può derivare, sempre nella sua parte piú alta, dai canali di acqua salmastra, che scorrono a lei piú prossimi e che spesse volte mantengono livelli discretamente alti.

Le piallasse inoltre e tutti gli altri piccoli ristagni, numerosissimi nella zona e comunicanti col mare, possono influenzare essi pure la falda con un periodico e costante alternarsi dei carichi dipendenti dalle minori o maggiori altezze delle maree.

Una tale influenza, come s'è visto, si dimostra però relativa a motivo forse della vasta superficie bagnata, della loro limitata profondità ed impermeabilità che non permette il determinarsi di pressioni notevoli e la mescolanza dei liquidi come nel caso considerato a Ravenna anche se in alcune limitate zone freatiche si sono riscontrate percentuali notevoli di cloruro di sodio, superiori a quelle dell'acqua di mare in prossimità della spiaggia e dei due canali Taglio e Baccarini.

Ora questa situazione di equilibrio, iniziata e determinata nel corso degli ultimi secoli, è stata rotta con l'immissione del Lamone in mare.

La nuova opera idraulica, tagliando in profondità l'alternanza delle sabbie e delle argille, potrebbe agire nei seguenti modi:

- 1) facilitare la possibilità di comunicazione tra i bacini freatici limitrofi determinando, in virtù anche del nuovo regime

idraulico, una loro convergenza verso il fiume (come in precedenza è stato già accennato),

2) sconvolgere l'andamento della falda deviandone in parte le pendenze,

3) aumentare la sua velocità con un conseguente trasporto o movimento di materiale solido maggiore,

4) sovvertire o mutare i rapporti coi bacini tradizionali.

In parte, questi nuovi rapporti sono già discretamente evidenziati ed anche le conseguenze che da ciò ne stanno derivando cominciano ad essere visibili.

Oggi la superficie di terreno invasa dall'acqua di mare è notevolmente aumentata e la permanenza del liquido si protrae più a lungo esercitando più a lungo una maggiore pressione sugli strati sottostanti.

È mutata la configurazione e la delimitazione degli isolotti di canna palustre posti in corrispondenza della confluenza del Taglio con uno dei canali di collegamento delle piallasse, modificandosi nel contempo ed in quel punto la larghezza dei canali stessi.

È iniziata e prosegue tuttora, anche se parzialmente ostacolata da nuove e recenti opere di difesa, l'erosione del litorale a nord del Lamone, erosione valutabile, dall'anno 1961 all'anno 1965, pari ad una superficie di m² 15.000 circa con una larghezza massima di metri 50 presso la foce del fiume per annullarsi, dopo circa 300 metri lungo il litorale e riprendere subito, interessando da quel punto l'abitato di Casalborsetti.

In contrapposto al fenomeno erosivo, abbiamo a sud quello opposto. Nello stesso periodo di tempo, la spiaggia ha guadagnato al mare una fascia di terreno della larghezza variabile tra i metri 30 e 40 circa, cui corrisponde però un abbassamento di una discreta zona di pineta compresa tra il mare e la strada di Marina Romea.

Quali altre sorprese ci riserverà inoltre la realizzazione delle nuove opere portuali nella zona?

L'inalveamento del Lamone entro la sua cassa di colmata con la interruzione parziale, in prossimità del ponte della Romea, dei nuovi argini atta a convogliare le acque dopo il deposito delle torbide? Ed infine, la bonifica idraulica dei terreni a nord del nuovo tratto del fiume?

Le risposte non sono facili; è tuttavia da considerare, per trarre motivo di preoccupazione, quanto è già accaduto in una

zona dalle caratteristiche simili alla nostra: quella dei Tomboli nel litorale toscano.

Dopo la bonifica di una vasta superficie paludosa a sud dell'Arno ed in prossimità della sua foce (anni 1910-1920), si verificò un abbassamento della costa, interessando tale abbassamento l'abitato di Marina di Pisa che si vide anche sottrarre dal mare gran parte del suo litorale.

In contrapposto, si iniziò un progressivo insabbiamento della foce dell'Arno al punto che il cantiere navale, che costruiva piccole navi per la marina militare, cessò verso il 1935 la sua attività, ostacolata ed impedita dai nuovi e più alti fondali del fiume.

Le zone esaminate, forse quelle che presupponevano caratteristiche e situazioni di falda particolari, si limitano alle due ora illustrate.

Attualmente sono in corso altri rilievi ed altri ancora verranno effettuati in seguito, con lo scopo, non solo di avvalorare e possibilmente confermare una ipotesi che già fin d'ora presuppone nel movimento delle acque freatiche una delle cause che concorrono, anche se in misura limitata all'abbassamento del terreno nella sua parte più superficiale, ma di approfondire una migliore conoscenza di tutta una complessa realtà fisica dei nostri terreni che nel passato erano spesso e superficialmente classificati come terreni senza problemi.