

CONSEGUENZE DEL DETERIORAMENTO DELLE PROPRIETA' DELL'ACQUIFERO SUL PROFILO DI DEPRESSIONE DEI POZZI

A cura di V.Francani

Vincenzo.francani@polimi.it

Indice

1	<i>PREMESSA</i>	2
2	<i>GLI STUDI PRECEDENTI</i>	2
3	<i>ANALISI DEGLI ABBASSAMENTI PER UN POZZO INTASATO</i>	4
4	<i>CONCLUSIONI</i>	5
5	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	6

1 PREMESSA

Si è più volte osservato che l'efficienza di un pozzo, valutata sulla base della portata specifica, tende con il tempo a ridursi per effetto della parziale ostruzione dei filtri che produce sensibili perdite di carico nelle sue immediate adiacenze. La valutazione dell'entità del decadimento della resa conseguente alla chiusura dei filtri, viene compiuta con l'applicazione di relazioni idonee ad approssimare il rapporto portata-abbassamento.

Quando invece intorno al pozzo in esercizio si accumula materiale fine che viene a circondare l'opera di captazione perché ivi richiamata dall'erosione sotterranea, la funzionalità del pozzo viene a mancare secondo un processo evolutivo differente, che si vuole esaminare in questa trattazione.

2 GLI STUDI PRECEDENTI

Custodio (1983) ha osservato che i pozzi danno luogo con il tempo alla creazione di un anello di materiale fine determinato da un fenomeno simile all'erosione sotterranea: le sabbie molto fini e i limi in particolare possono essere rimossi dalla loro posizione naturale perché la piezometria delle acque affluenti al pozzo supera il gradiente critico, e si accumulano nell'acquifero riducendone la permeabilità.

Si viene così a creare intorno al pozzo un anello caratterizzato da una sensibile frazione limoso-sabbiosa fine, che può essere almeno parzialmente rimosso con tecniche da porre in atto quando si manifestano i sintomi del progressivo venir meno dell'efficienza del pozzo.

Questo tipo di degrado infatti avviene progressivamente e quindi può essere studiato e prevenuto attraverso test sperimentali che verificano la riduzione nel tempo della portata specifica.

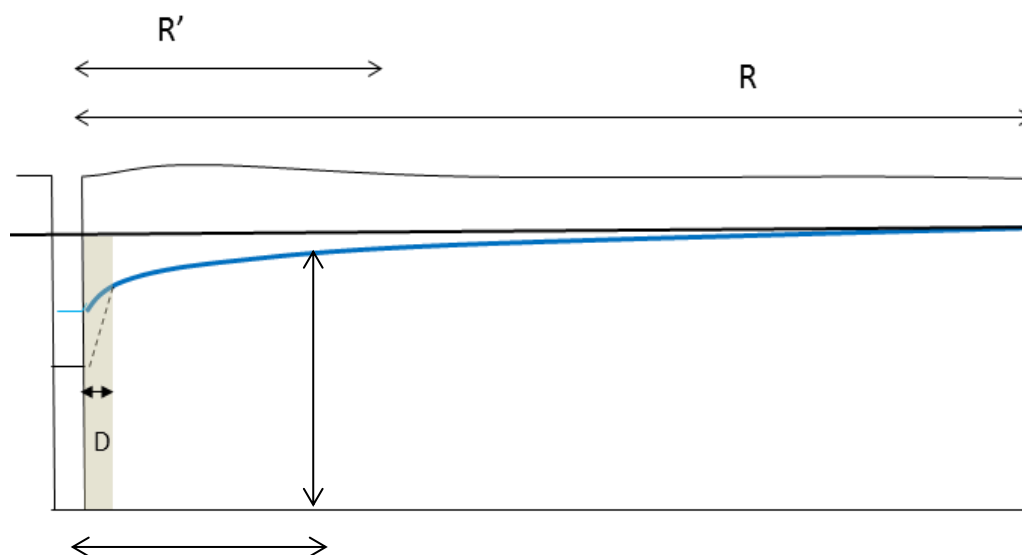


Figura 1 : alla distanza D dal pozzo, corrispondente allo spessore della zona intasata, il livello piezometrico normale e quello dovuto all'intasamento tornano identici, secondo la soluzione (1)

Secondo Custodio (2005), tale inconveniente determina anche una sensibile differenza nel profilo piezometrico dinamico del pozzo “normale” rispetto a quello che si otterrebbe da un’ identica opera di captazione quando l’acquifero è assoggettato al tipo di degrado descritto.

Custodio stabiliva che nel pozzo l’abbassamento S_p può essere determinato tramite la relazione:

$$S_p = H - y = \left(\frac{Q}{2\pi b} \right) \left[(1/k') \ln(R/P) + (1/k'') \ln(P/r) \right] \quad (1)$$

nella quale y [m] è il livello piezometrico alla distanza x [m] dal pozzo, H [m] il livello piezometrico originario alla distanza R [m] (raggio d’influenza) dal pozzo, P [m] lo spessore dell’anello in cui si sono accumulate le particelle fini a partire dal rivestimento del pozzo, r il raggio della captazione, k' e k'' la permeabilità originaria dell’acquifero [m/s] e quella dell’anello interessato dall’intasamento [m/s] rispettivamente come indicato nella Figura 2.

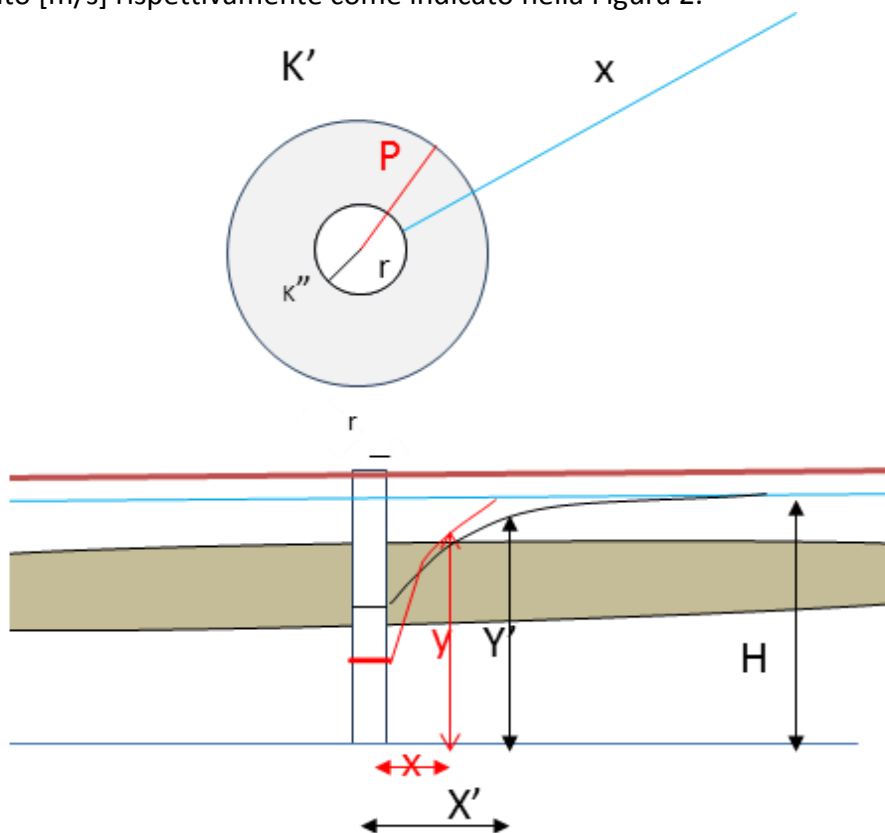


Figura 2: i profili piezometrici del pozzo intasato (in rosso) e del pozzo normale (nero). Si nota come nel primo caso il valore di S_p sia maggiore a parità di distanza dall’asse del pozzo, e il raggio d’influenza sia minore (relazione 2). In alto si nota la distribuzione concentrica dei valori di permeabilità intorno al pozzo dovuta all’intasamento, con k'' minore di k' . In grigio è rappresentata la zona danneggiata dall’intasamento. Y' rappresenta le altezze piezometriche in assenza di intasamento

In sostanza, si osserva che da questa relazione si può ricavare il valore dell’altezza piezometrica y , infatti:

$$y = H + \left(\frac{Q}{2\pi b} \right) \left[(1/k') \ln(R/P) + (1/k'') \ln(P/r) \right] \quad (2)$$

che corrisponde correttamente al principio per il quale al cambiare della permeabilità, il gradiente idraulico subisce una variazione inversa, in modo da rispettare la continuità della portata fra la zona esterna e quella interna all'anello di terreno di permeabilità ridotta.

Si hanno quindi due tratti: uno con cadente maggiore all'interno dell'area intasata, e un con cadente minore ma identica a quella che esisteva nelle condizioni di omogeneità pre-esistenti all'intasamento. Il raggio d'influenza del pozzo rimane quindi immutato rispetto alle condizioni di normalità, se non si cambiano le portate estratte, come presentato nella figura 1.

La differenza di abbassamento fra le condizioni normali e quelle determinate dall'intasamento è data da :

$$S_p - S_{p_omogeneo} = \left(\frac{Q}{2\pi b} \right) \left(\frac{(k''-k') \ln(P/r)}{k'k''} \right) \quad (3)$$

3 ANALISI DEGLI ABBASSAMENTI PER UN POZZO INTASATO

Le osservazioni dirette sui profili piezometrici dei pozzi tuttavia indicano un comportamento meno lineare della piezometria: in particolare, il raccordo fra il vecchio e il nuovo profilo piezometrico raramente viene a coincidere con la periferia della zona intasata e gli abbassamenti all'esterno della zona intasata si riducono molto rispetto a quelli del profilo piezometrico precedente all'intasamento.

I profili piezometrici vengono infatti ad assumere un andamento simile a quello rappresentato nella figura 2, dove si osserva in particolare che la cadente piezometrica del pozzo intasato è sempre più elevata di quella del pozzo in condizioni normali.

Una spiegazione del fatto può essere collegata con le conseguenze sulla permeabilità dell'intasamento. Se, come spesso si verifica, si viene a costituire un anello di terreno meno permeabile intorno al pozzo, diminuisce la permeabilità media complessiva dell'acquifero, e questo può avere un'incidenza sensibile sulla piezometria.

Il profilo piezometrico, può come è noto variare in funzione della permeabilità, tanto che Bear (1979) annette la validità della nota relazione che esplicita tale dipendenza:

$$R = 1,5 \sqrt{\left(\frac{Tt}{S} \right)}$$

Si nota che , se la permeabilità media si riduce di un ordine di grandezza, il raggio d'influenza subisce una sensibile contrazione.

Se ad esempio la T dell'acquifero omogeneo è $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, e la T media diminuisce di un ordine di grandezza per la comparsa del cilindro a permeabilità minore, il raggio d'influenza si riduce di quasi cinque volte.

Ad esempio in condizioni semistazionarie, con valore del tempo t circa $3 \cdot 10^5 \text{ s}$ (oltre tre giorni), e con coefficiente di immagazzinamento 10^{-4} , 10 m di spessore dell'acquifero, variando progressivamente la permeabilità equivalente da 10^{-3} a 10^{-4} m/s , otteniamo i valori di R riprodotti nel grafico.

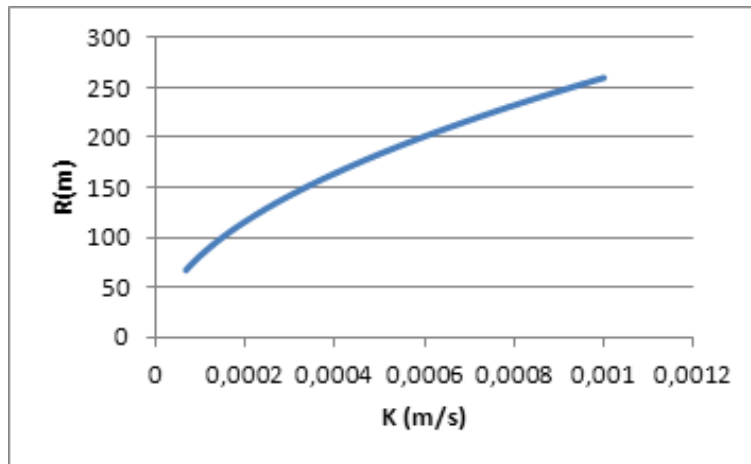


Figura 3: Variazione del raggio d'influenza in funzione della permeabilità

Si nota che R passa da 260 m circa per $k = 0,001$ a 60 m per $k = 0,01$.

La ricostruzione del profilo piezometrico, utilizzando il nuovo raggio d'influenza e applicando la relazione (1), mostra un sensibile aumento della cadente piezometrica che si traduce in abbassamenti elevati entro la zona intasata e minori di quelli del pozzo in condizioni normali al di fuori di essa, come avviene nella maggior parte dei casi osservati nella pratica.

La soluzione proposta rispetta il principio della continuità della portata, ed appare aderente alle condizioni che si notano nella realtà, ma corrisponde a uno schema (quello di un anello di minore permeabilità) non facilmente comprovabile, che non rappresenta l'unica struttura possibile in caso di intasamento, ad esempio non riproduce il caso di un riempimento del pozzo fino all'altezza dei filtri.

Il tema appare di particolare interesse pratico e teorico, ed è auspicabile che la raccolta dei dati sulle prove di pompaggio e la loro elaborazione consenta di ottenere soluzioni più precise e applicabili a un maggior numero di casi di quella presentata.

4 CONCLUSIONI

Da quanto emerso dalle considerazioni precedentemente esposte, si può dedurre che vi sono almeno due ipotesi valide sulla forma che il profilo piezometrico del pozzo intasato viene ad assumere quando una porzione cilindrica dell'acquifero e del dreno intorno al pozzo vedono diminuire la loro permeabilità nel corso dell'esercizio dell'opera.

Infatti, per quanto rimanga in linea teorica valida la relazione di Custodio, nella pratica appaiono molto diffusi casi in cui la soluzione più idonea appare quella che risponde alla funzione descritta da Bear, che tiene conto della trasmissività complessiva dell'acquifero, la cui applicazione comporta la riduzione di R quando la permeabilità viene diminuendo.

Alle aree che rimangono comprese entro il nuovo raggio d'influenza R' potrà applicarsi la relazione che descrive il profilo piezometrico sostituendo R' all'originario raggio d'influenza.

Con il passaggio di R al valore R' , il profilo piezometrico al di fuori dell'area a minore permeabilità risulta superiore a quello dell'acquifero omogeneo, mentre nel pozzo gli abbassamenti sono superiori.

Si riscontra quindi una certa "inerzia" dell'acquifero nell'area esterna al pozzo nel rispondere, durante le prove di pompaggio, alle sollecitazioni derivanti dai prelievi: con l'acquifero omogeneo

si ottengono infatti a parità di distanza, abbassamenti maggiori di quanto non avvenga nel medesimo acquifero soggetto a intasamento.

Come si può osservare, questa analisi comporta due risultati:

- viene confermato che i profili piezometrici di un pozzo funzionale e di uno soggetto a intasamento dell'acquifero sono differenti; le prove eseguite per determinare la trasmissività portano quindi a determinare valori differenti nei due casi, ovviamente inferiori nel caso dei pozzi intasati;
- e' possibile ricostruire, ripetendo le prove nel tempo, l'evoluzione del degrado del pozzo e le sue conseguenze sulla sua efficienza.

Il caso della formazione di un anello poco permeabile è uno degli schemi di intasamento possibili; il tema appare di particolare interesse pratico e teorico, ed è auspicabile che la raccolta dei dati sulle prove di pompaggio e la loro elaborazione consenta di ottenere soluzioni più precise e applicabili a un maggior numero di casi di quella presentata

5 BIBLIOGRAFIA

Bear J. (1979) – Hydraulics of Groundwater, McGraw Hill, New York

Custodio E.& Llamas M.R. (1983) – Hidrologia Subterranea , ed.OMEGA, Madrid

Custodio E (2005) Coastal Aquifers as important natural hydrogeological structures. In: Bocanegra E, Hernandez M, Usunoff E (eds) Groundwater And human development. IAH, Selected Papers no.6., Balkema, Lisse, The Netherlands, pp 15–38