# UNA BARRIERA NON È UNA BONIFICA

***di Marco Petrangeli Papini,*** *Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Chimica*



Da decenni, nei siti contaminati italiani, continuiamo a comportarci come se il pompaggio e trattamento delle acque di falda contaminata significasse bonificare un acquifero. L'equivoco è comodo: trasforma un problema complesso in un impianto da progettare e tenere acceso. Ma una barriera idraulica è, appunto, una barriera. Contiene la contaminazione, intercetta una parte della massa e protegge i recettori, senza eliminare le sorgenti né restituire in tempi ragionevoli la falda a una qualità compatibile con un uso illimitato. Se dopo venti o trent'anni il pompaggio è ancora necessario, forse non siamo davanti a una bonifica lenta, ma a un contenimento permanente che evitiamo di chiamare con il suo nome.



L'inefficacia del barrieramento idraulico come sistema di bonifica è riportata dalla letteratura tecnico-scientifica da oltre trent'anni. Già negli anni Novanta numerosi casi statunitensi evidenziavano come il solo pompaggio non riportasse gli acquiferi alla potabilità in tempi ragionevoli e come, in assenza di interventi sulle sorgenti, i tempi di raggiungimento degli obiettivi potessero essere dell'ordine di centinaia o migliaia di anni. Non sorprende quindi che negli Stati Uniti il ricorso esclusivo alle barriere idrauliche sia progressivamente diminuito mentre cresceva l'interesse per il trattamento in situ delle sorgenti e per i cosiddetti institutional controls, intesi non come rinuncia alla bonifica, ma come strumenti temporanei di protezione da affiancare a interventi attivi di riduzione delle sorgenti.

Chiunque abbia esperienza di siti storicamente contaminati sa bene come il raggiungimento degli obiettivi di bonifica delle acque di falda, comunemente valutati attraverso il rispetto delle CSC, sia spesso una chimera. Nei Siti di Interesse Nazionale, dove il trattamento è affidato quasi sempre a sistemi di Pump & Treat, i procedimenti conclusi per le acque sotterranee sono praticamente assenti; anche nei siti regionali il raggiungimento degli obiettivi è generalmente limitato alle situazioni più semplici e recenti.

Per comprendere il problema bisogna guardare al sottosuolo. Nei siti contaminati da lungo tempo, gli inquinanti penetrano progressivamente anche nelle zone meno permeabili dell'acquifero. Sebbene in tali zone l'acqua circoli poco, la diffusione molecolare continua per anni trasferendo contaminanti in limi, argille e fratture. Anche quando la sorgente principale viene rimossa, la contaminazione accumulata in queste matrici viene rilasciata lentamente verso le aree più permeabili attraversate dal flusso idrico. È il fenomeno della back diffusion, una retrodiffusione che mantiene le concentrazioni sopra le soglie per periodi estremamente lunghi. In queste condizioni aumentare il pompaggio non accelera significativamente il processo, poiché la cinetica è governata dal lento rilascio dei contaminanti dalla matrice solida.

Oggi disponiamo fortunatamente di tecnologie di bonifica in situ molto più efficaci, ma anche in questo caso i dati disponibili impongono realismo. Le applicazioni su numerosi siti mostrano riduzioni significative della contaminazione, ma il raggiungimento degli standard più restrittivi resta limitato da fattori quali eterogeneità geologica, distribuzione dei contaminanti e invecchiamento delle sorgenti.



Ciò non significa che le tecnologie siano inefficaci; significa piuttosto che la loro prestazione dipende dalle caratteristiche fisiche del sito e dalle condizioni iniziali. Pretendere sempre il medesimo risultato indipendentemente dal contesto significa ignorare l'evidenza.

Il paradosso emerge con chiarezza quando si passa dal concetto di concentrazione a quello di massa. Una barriera idraulica può trattare enormi quantità di acqua sotterranea con costi elevati, rimuovendo tuttavia quantità relativamente modeste di contaminante. Questi numeri non dimostrano che il pompaggio sia inutile, ma impongono di dichiarare correttamente che cosa si sta acquistando. Se si acquista protezione idraulica, tale protezione va valutata come misura di contenimento; se si parla di bonifica, allora il parametro centrale dovrebbe essere la riduzione delle sorgenti e la concreta possibilità di dismettere il sistema nel tempo.

**LA SOSTENIBILITÀ NON CONSISTE NEL MANTENERE ACCESO PER SEMPRE UN IMPIANTO ENERGIVORO PERCHÉ IL DATO MISURATO AL CONFINE DEL SITO NON SCENDE SOTTO UNA SOGLIA. CONSISTE NEL COMBINARE CONTENIMENTO OTTIMIZZATO, TRATTAMENTO MIRATO DELLE SORGENTI, MONITORAGGIO E CONTROLLI D'USO, DEFINENDO OBIETTIVI PROPORZIONATI AL RISCHIO E COMPATIBILI CON CIÒ CHE IL SOTTOSUOLO CONSENTE REALMENTE DI OTTENERE**

Il punto di partenza dovrebbe essere semplice: costi ed efficacia dipendono dagli obiettivi perseguiti e dal livello di conoscenza del sito. Troppo spesso, invece, l'intera strategia viene compressa in un solo numero, la concentrazione rilevata in un piezometro e confrontata con la corrispondente CSC. Si tratta certamente di un dato importante, ma non sufficiente a descrivere l'impatto ambientale né a stabilire se l'obiettivo sia realmente raggiungibile.

Per questo sarebbe più ragionevole affiancare alla concentrazione il concetto di flusso di massa, cioè la quantità di contaminante che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo. La stessa concentrazione può generare impatti molto diversi a seconda della velocità di movimento della falda. Ragionare sui flussi consente di valutare in modo più corretto il rischio ambientale associato alla migrazione della contaminazione, identificare le sorgenti che alimentano il pennacchio e verificare se il rischio per i recettori stia effettivamente diminuendo. La concentrazione può e deve rimanere un indicatore essenziale, soprattutto sotto il profilo sanitario, ma non può continuare a essere l'unico criterio di valutazione in sistemi governati da portate, eterogeneità geologiche e cinetiche lente.

La sostenibilità non consiste nel mantenere acceso per sempre un impianto energivoro perché il dato misurato al confine del sito non scende sotto una soglia. Consiste nel combinare contenimento ottimizzato, trattamento mirato delle sorgenti, monitoraggio e controlli d'uso, definendo obiettivi proporzionati al rischio e compatibili con ciò che il sottosuolo consente realmente di ottenere. Spendere risorse ingenti per estrarre quantità limitate di contaminante, sottraendole agli interventi sulle sorgenti, non è prudenza. È inefficienza travestita da rigore. La provocazione finale è semplice: smettiamo almeno di chiamare bonifica ciò che sappiamo essere soltanto contenimento.