



IV CONGRESSO
NAZIONALE

Origine e dinamica della contaminazione da ferro, manganese, arsenico ed ammonio in acque sotterranee superficiali, il caso di Cremona

Marco Rotiroli⁽¹⁾, Tullia Bonomi⁽¹⁾, Letizia Fumagalli⁽¹⁾, Andrea Azzoni⁽²⁾, Barbara Pisaroni⁽²⁾, Giuseppina Demicheli⁽²⁾

(1)Università degli Studi di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze dell' Ambiente e del Territorio

(2)Provincia di Cremona - Settore Agricoltura e Ambiente, Via Dante 124, Cremona.

Il presente lavoro, che nasce all'interno di una collaborazione scientifica tra l'Università di Milano-Bicocca e la Provincia di Cremona, ha l'obiettivo di definire delle ipotesi su origine e dinamica della contaminazione da Fe, Mn, As e NH_4^+ che interessa le acque sotterranee del sistema acquifero multistrato presente nel territorio cremonese, ponendo particolare attenzione alla porzione superficiale del sistema, più esposta ad eventuali interferenze di tipo antropico.

L'area specifica oggetto di studio è ubicata in prossimità della confluenza tra Adda e Po e comprende un territorio di circa 50 km², esteso principalmente intorno all'area urbana di Cremona. L'acquifero indagato è quello superficiale, compreso tra i primi 25-30 m di profondità, di tipo freatico, può essere oggetto di locali confinamenti dovuti alla presenza di una coltre argillosa-limoso superficiale. Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata dalla presenza di due unità principali (Bassi, 2001): (a) *alluvioni attuali e medio recenti* (Olocene) di tipo sabbioso e limoso con frequenti deposizioni torbose, sono distribuite nella parte meridionale dell'area in prossimità del fiume Po; (b) *fluviale Wurm* (Pleistocene) di tipo sabbioso e limoso-argilloso, è distribuita nella parte settentrionale dell'area e costituisce il Livello Fondamentale della Pianura. Il passaggio tra le due

unità è ben evidenziato dalla presenza di un orlo di scarpata morfologica che taglia l'area di studio da est verso ovest.

La metodologia applicata ha previsto (a) la raccolta dei dati storici chimici e piezometrici e delle informazioni litostratigrafiche, (b) la loro organizzazione in banche dati specifiche e sistemi informativi territoriali, (c) la realizzazione di un modello 3D della struttura dell'acquifero, (d) la definizione ed esecuzione di una campagna di misure idrochimiche e piezometriche, (e) l'analisi delle caratteristiche idrodinamiche con la ricostruzione del deflusso all'interno del sistema, (f) l'analisi spaziale e temporale dei dati chimici raccolti, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche e della struttura litologica e tessiturale dell'acquifero, (g) l'elaborazione di un modello concettuale idrogeochimico con ipotesi sui meccanismi e le origini della contaminazione.

Il modello 3D realizzato ricostruisce la distribuzione tessiturale dei depositi che costituiscono l'acquifero, ed è stato ottenuto tramite interpolazione tipo ordinary kriging dei valori percentuali dei termini fini (argille, limi, torbe) medi (sabbie) e grossolani (ghiaie, ciottoli), derivanti dalla codifica numerica delle informazioni litostratigrafiche raccolte.

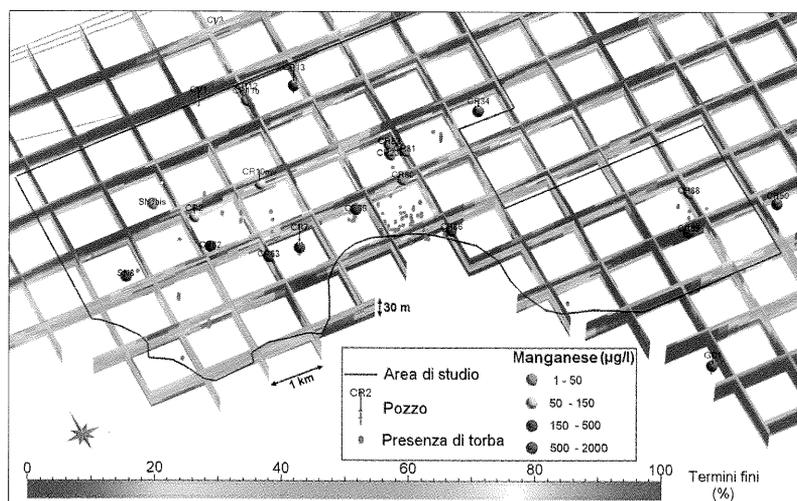


Figura 1. Localizzazione 3D delle [Mn] rilevate nella campagna di luglio 2010 associate alla distribuzione dei termini fini ed alla presenza di torba.

Il modello risultante evidenzia la prevalenza di termini medi (sabbie) e mette in luce una significativa presenza di livelli torbosi che interessano la zona a sud dell'orlo di scarpata (alluvioni attuali e medio recenti del Po).

La campagna di misure piezometriche effettuata nel luglio 2010 ha permesso di identificare una direzione di flusso principale da nord verso sud, con un forte effetto drenante esercitato dal fiume Po. La campagna di misure idrochimiche, sempre del luglio 2010, ha permesso di caratterizzare la falda oggetto di studio. Non avendo riscontrato per i punti indagati l'esistenza di sorgenti antropiche dirette o indirette (es. idrocarburi) di contaminazione da Fe, Mn ed As, i valori rilevati possono essere considerati come indicativi dello stato di fondo naturale. Nella fascia di alluvioni del Po, a sud dell'orlo di scarpata, la falda si trova in condizioni redox riducenti, con elevati tenori di Fe, Mn, As e NH_4^+ , superiori ai limiti normativi. Nella zona a nord dell'orlo di scarpata la falda è in condizioni redox generalmente ossidanti, con concentrazioni di Fe, Mn, As e NH_4^+ minori, anche se in alcuni casi sempre superiori ai limiti normativi.

Alla luce del modello litologico-tessiturale e dei dati idrochimici è possibile ipotizzare un controllo sul chimismo delle acque da parte di processi naturali di tipo riduttivo legati alla degradazione della sostanza organica presente nella matrice solida dell'acquifero sottoforma di torbe (McArthur et alii, 2001). Questi processi sono più evidenti nella fascia di alluvioni del Po, caratterizzata da una maggiore presenza di torbe (Figura 1). La degradazione delle torbe, che genera alti tenori di ammonio, è accompagnata dalla riduzione progressiva di O_2 , NO_3^- , Mn(IV), Fe(III), SO_4^{2-} , CO_2 . Questo fenomeno può spiegare gli alti valori registrati di Fe e Mn, liberati nelle acque dalla dissoluzione riduttiva dei rispettivi ossidi, ma anche gli alti valori di As, che adsorbito sulla superficie degli ossidi di ferro e manganese, viene liberato dalla riduzione degli stessi. La dinamica dell'arsenico è caratterizzata anche da processi che ne riducono il tenore nelle acque, come la coprecipitazione in solfuri di ferro e/o la precipitazione diretta in solfuri di arsenico, tipo orpimento, realgar, ecc. (gli ioni solfuro sono generati come prodotto della fase di solfato riduzione).

Il presente lavoro ha voluto anche analizzare la possibile esistenza di un'influenza dell'attività antropica nella contaminazione da Fe, Mn ed As, verificando se anche la degradazione della sostanza organica di origine antropica può influire sui meccanismi di rilascio delle suddette specie. Questa verifica è stata effettuata confrontando i valori rilevati nella campagna di luglio 2010, che può essere considerata come indicatrice dello stato di fondo naturale, con una campagna ARPA effettuata in giugno 2010 in un ampio sito fortemente inquinato da idrocarburi. I valori rilevati indicano una probabile interferenza di origine antropica nei meccanismi di rilascio di Fe, Mn ed As, per quanto riguarda il sito inquinato da idrocarburi.

L'esistenza di una contaminazione naturale da Fe, Mn, As e NH_4^+ nella fascia delle alluvioni del Po, caratterizzata dalla significativa presenza di torba, e di una interferenza antropica in questa contaminazione, generata dall'inquinamento da idrocarburi, che ne aumenta l'intensità, è verificata anche dall'analisi dei dati storici idrochimici, raccolti sul periodo temporale 2000-2010.

In conclusione è possibile affermare che i meccanismi che governano il rilascio di Mn, Fe, As ed NH_4^+ sono probabilmente legati ai processi naturali di degradazione della sostanza organica presente nella torba: (a) NH_4^+ deriva direttamente dalla torba, dalla degradazione dell'azoto organico presente nella sostanza vegetale delle stesse; (b) Mn, Fe ed As non derivano direttamente dalla torba, ma dai minerali che costituiscono l'acquifero, la degradazione della torba rappresenta il fattore d'innesco per la loro liberazione nelle acque. Fenomeni d'inquinamento da idrocarburi possono costituire una sorgente antropica indiretta di Mn, Fe e As, in quanto la loro degradazione costituisce il fattore d'innesco, analogamente alla torba, che contribuisce all'aumento di queste specie nelle acque.

Bibliografia consultata:

- Bassi G. (2001) – Studio Geologico del Territorio Comunale. Relazione tecnico-illustrativa, Comune di Cremona, 36 pp;
- McArthur J. M., Ravenscroft P., Safiulla S. & Thirlwall M. F. (2001) – *Arsenic in groundwater: Testing pollution mechanisms for sedimentary aquifers in Bangladesh*. Water Resources Research 37 (1), 109-117.