BIOTECNOLOGIE APPLICATE PER LA BONIFICA DI MTBE IN FALDA

UN SISTEMA EFFICACE E AD ELEVATA SOSTENIBILITÀ PER CONTRASTARE LA DIFFUSIONE SEMPRE PIÙ PREOCCUPANTE DI MTBE NELLE ACQUE SOTTERRANEE

*di Patrizia Pretto e Roberto Ricci**

Il Metil Ter Butil Etere (MTBE) è un composto organico di sintesi impiegato dagli anni settanta come additivo per la benzina per aumentarne il numero di ottani, in sostituzione del piombo tetraetile. Tralasciando la questione legata all'omesso inserimento della concentrazione limite di tale composto nelle tabelle di riferimento legislativo relative ai valori massimi di concentrazione dei contaminati nelle matrici ambientali, le caratteristiche di elevata mobilità e potenziale tossicità del contaminante creano non poca preoccupazione e solo di recente sono state emanate direttive che fissano la concentrazione di tale composto in un limite di 10 µg/l nelle falde acquifere. L'MTBE, grazie all'elevata solubilità, si diffonde in aree molto estese, dove, in mancanza di un processo di rimozione, esso permane per lungo tempo. L'utilizzo ad uso potabile o irriguo delle acque inquinate provoca l'ingresso del contaminante nella filiera alimentare. Tale scenario, unito alla potenziale tossicità del composto, sta assumendo proporzioni assai preoccupanti.

Le attuali biotecnologie, caratterizzate da elevata sostenibilità ambientale ed economica, rappresentano un sistema efficace per la soluzione di problematiche di contaminazioni considerate difficili da risanare. Biosearch Ambiente, nel corso di dieci anni di attività, ha sviluppato una notevole esperienza in tecniche di biorisanamento di sostanze recalcitranti come, appunto, l'MTBE.

Il caso specifico descritto nel presente articolo riguarda un evento di contaminazione causato dal ribaltamento di una cisterna contenente benzina verde. Per risolvere la problematica di contaminazione è stato immediatamente predisposto un intervento di messa in sicurezza d'emergenza, consistente nel pompaggio e nel trattamento dell'acqua di falda inquinata, mentre successivamente è stato allestito un sistema di bonifica, tramite tecnologia *Air Sparging* e *Soil Vapor Extraction*.

Dopo circa due anni e mezzo di trattamento la contaminazione era fortemente diminuita, ma le concentrazioni in falda risultavano comunque elevate: 905 µg/l per il parametro idrocarburi totali, 175 µg/l per il parametro MTBE.

Il perdurare della contaminazione, ha portato alla ricerca di soluzioni alternative con il coinvolgimento di Biosearch Ambiente che, al fine di valutare la fattibilità di un intervento biotecnologico, ha provveduto ad eseguire un "Test in microcosmo".

TEST IN MICROCOSMO

Nell'ambito del Test, svolto presso il laboratorio di microbiologia ambientale e molecolare di Biosearch Ambiente, sono stati utilizzati

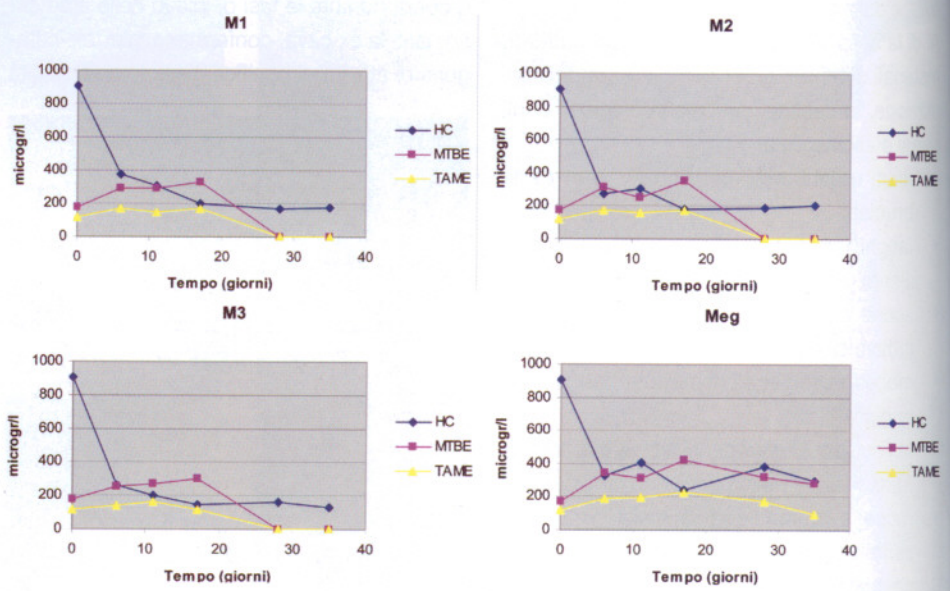

Figura 1. Grafici di degradazione dei contaminanti in falda: per tutte le miscele di nutrienti provate si nota una diminuzione considerevole degli idrocarburi al settimo giorno, mentre MTBE e TAME risultano completamente degradati dopo 28 giorni per tre prove su quattro

piccoli quantitativi di suolo e acqua inquinati, provenienti dal sito oggetto di indagine: questi sono stati trattati con miscele diverse di micro e macro nutrienti e altri elementi atti a favorire lo sviluppo della flora microbica in grado di degradare i contaminanti.

Questo metodo permette di creare in scala di laboratorio le condizioni che verranno successivamente applicate sulle aree da bonificare. I nutrienti utilizzati sono totalmente atossici per l'uomo e l'ambiente e non lasciano nessun tipo di residuo, così come la flora microbica composta da organismi ambientali, non pericolosi per la salute umana e che decrescono a bonifica ultimata. I nutrienti impiegati dipendono dalla natura degli inquinanti da trattare e la miscela che verrà utilizzata nella prova in campo è quella che ha dato i migliori risultati nell'abbattimento di concentrazione dei contaminanti testati.

L'acqua della falda contaminata proveniente dal sito in questione è stata trasportata in laboratorio per l'allestimento di quattro microcosmi (M1, M2, M3 e Meg) ognuno dei quali conteneva una miscela di nutrienti diversa e un potenziale redox controllato. Il campione presentava un sottilissimo strato oleoso e iridescente in superficie e un caratteristico odore di carburante. Le prove sono state condotte mantenendo la temperatura della falda a 16°C per 35 giorni, durante i quali è stata monitorata la diminuzione di idrocarburi totali, MTBE e TAME (Ter Amil Metil Etere), altro composto aggiunto alla benzina verde, come riportato nella Figura 1. Dopo una settimana dall'inizio del Test si è rilevata una repentina diminuzione degli idrocarburi totali, che rallenta in seguito, ma prosegue fino al trentacinquesimo giorno ottenendo un abbattimento di circa il 70-80% per tutte le linee testate. Gli idrocarburi ancora presenti al termine del Test sono probabilmente rappresentati da policiclici o lineari ramificati, più recalcitranti alla degradazione e che necessitano di più tempo per essere biodegradati. L'MTBE e il TAME subiscono invece un iniziale aumento in soluzione, in concomitanza con la diminuzione degli idrocarburi, per poi essere abbattuti totalmente entro il giorno 28 dall'inizio dell'esperimento, ad eccezione di quanto è accaduto nella prova Meg, dove la soluzione adottata è stata inefficace.

Questo andamento della concentrazione dell'MTBE si spiega con il fatto che la solubilità in acqua di questi composti compete con quella nella fase idrocarburica indisciolta in falda e, al diminuire della concentrazione di benzina dovuto al metabolismo batterico, si verifica un aumento dei composti ossigenati, quale appunto l'MTBE, in acqua.

Dai grafici riportati nella Figura 1, è possibile osservare come la maggior parte degli idrocarburi contenuti nella benzina vengano demoliti con facilità dai microrganismi se sono create le condizioni nutrizionali e chimico-fisiche ottimali, mentre, al contrario, MTBE e TAME vengono biodegradati in un secondo tempo e soltanto in seguito alla completa scomparsa degli idrocarburi leggeri e non ramificati.

All'inizio e alla fine della prova è stata misurata anche la presenza di TBA (Ter Butil Alcol) in quanto questo prodotto, che è cancerogeno, può formarsi dalla degradazione incompleta dell'MTBE. L'assenza di tale composto, durante tutto l'esperimento, testimonia che non c'è stata formazione di sostanze tossiche nell'ambito dell'applicazione tecnologica.

CONTAMINANTE (µg/l)	GIORNO 123			GIORNO 184		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Benzene	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Etilbenzene	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Xilene	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Idrocarburi totali	<10	37	<10	<10	<10	<10
MTBE	<1	<1	<1	<1	<1	<1
TAME	<1	<1	<1	<1	<1	<1
TBA	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tabella 1. Concentrazioni di idrocarburi volatili, totali, TBA e TAME misurate in campo dopo 123 e 184 giorni dall'aggiunta dei nutrienti: come si può vedere, tutti i contaminanti sono assenti tranne 37 µg/l di idrocarburi totali in S2 a valle della sorgente iniziale di contaminazione, che risultano comunque azzerati nell'analisi successiva. Si riportano qui anche le analisi eseguite su acqua prelevata da S3 per confermare la totale assenza di inquinanti anche in questo punto

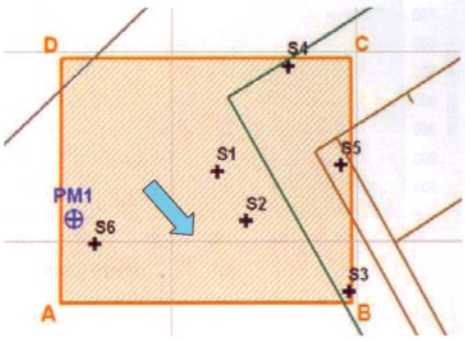

Figura 2. Piezometri eseguiti in campo e loro posizione rispetto al flusso di falda e alla presenza degli inquinanti

APPLICAZIONE IN CAMPO

Nella Figura 2 è rappresentata l'area di intervento, caratterizzata da una matrice permeabile che ha permesso la percolazione diretta del contaminante in falda, in corrispondenza del punto di sversamento, posto a monte del punto S1. Gli altri punti di monitoraggio S2 ed S3 sono posti a valle idrogeologica come indicato dalla freccia blu.

Sulla base degli ottimi risultati ottenuti nel Test in microcosmo è stato organizzato l'intervento in campo, eseguito mediante iniezione diretta delle miscele di nutrienti in falda, tramite spargimento sull'area di terreno contaminato. La miscela M2, che ha fornito i migliori risultati in termini di efficienza e sostenibilità, è stata diluita in abbondante acqua secondo le quantità indicate dalla prova in microcosmo e distribuita in un raggio di circa 10 m attorno al punto S1.

Lo spargimento è stato eseguito per tre volte, in un periodo complessivo di tre mesi, mentre il monitoraggio è proseguito per sette mesi, dimostrando un abbattimento totale sia dei composti ossigenati (cfr Figura 3), che degli idrocarburi (anche policiclici e ramificati più recalcitranti) entro 3-5 mesi, come riportato in Tabella 1. Al momento dello spargimento in campo della miscela di nutrienti formulata in laboratorio, la concentrazione misurata di MTBE in S1 era di 131 µg/l ed è aumentata fino a 840

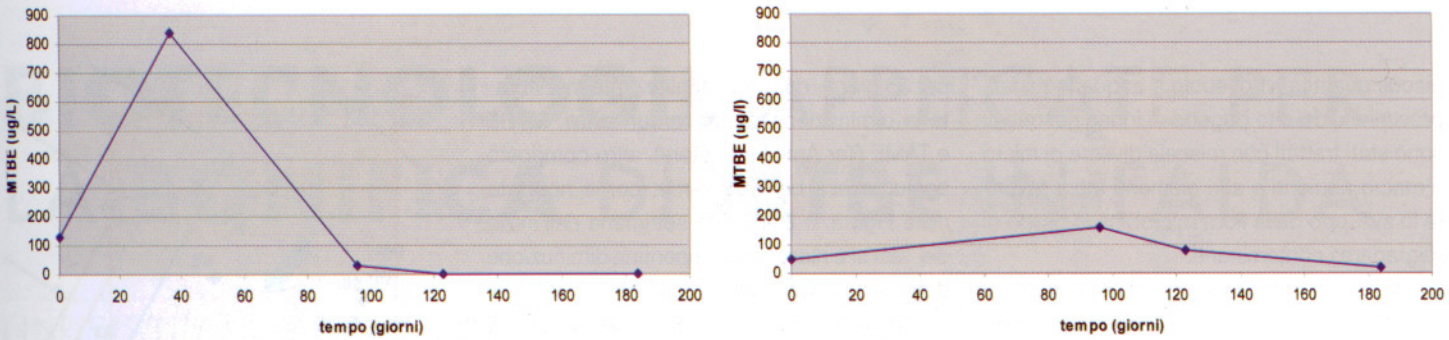

Figura 3. Abbattimento della concentrazione di MTBE nei piezometri S1 (a sinistra) e S2 (a destra)

µg/l al trentaseiesimo giorno. Questo fenomeno, esattamente come avvenuto nell'ambito del Test in microcosmo, testimonia una massiccia degradazione degli idrocarburi con rilascio di MTBE in soluzione acquosa, il quale però subisce una successiva rapida diminuzione, come attestato dall'analisi al novantaseiesimo giorno. Dopo 123 giorni il composto non è più presente in falda, risultato che, confermato dopo 180 giorni, testimonia il suo definitivo abbattimento nel punto più vicino all'iniziale fonte di contaminazione.

Per S2 il risultato ottenuto è simile: dopo un iniziale aumento verificatosi al giorno 96 di 159 µg/l (le analisi del trentaseiesimo giorno non sono pervenute), si ha una diminuzione che continua fino al giorno 186 in cui si registrano 21 µg/l, segno che anche la contaminazione a valle, non solo è stata drasticamente diminuita, ma continua a calare dopo tre mesi dall'ultima aggiunta di nutrienti. Un'eliminazione più rapida e totale di tutti gli inquinanti può essere ottenuta aumentando l'area e la frequenza degli spargimenti delle miscele detossificanti.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti per la bonifica del sito in questione testimoniano che le biotecnologie applicate al contesto ambientale (bioremediation) costituiscono un sistema efficace ed economicamente sostenibile, che può essere affiancato ai tradizionali metodi di messa in sicurezza e trattamento per risolvere problemi di inquinamento in modo rapido e con impatto ambientale nullo.

** Biosearch Ambiente s.r.l.*