

UTILIZZO INTEGRATO DI SURFATTANTI BIODEGRADABILI E REAGENTI ISCO PER IL TRATTAMENTO DI TERRENI E ACQUIFERI CONTAMINATI DA IDROCARBURI

In molti casi i processi di bonifica in situ di siti contaminati da idrocarburi risultano difficoltosi e articolati, perché la complessità del modello concettuale determina condizioni nelle quali non è possibile eseguire interventi di risanamento risolutivi con l'utilizzo di un'unica tecnologia di bonifica.

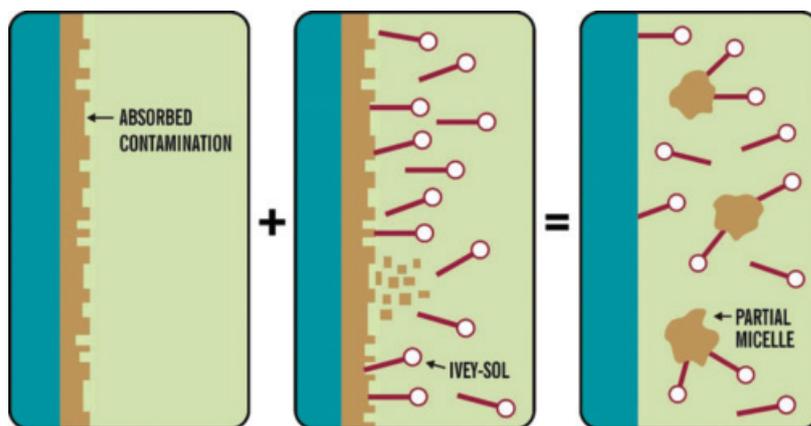
La caratteristica principale dei siti contaminati da idrocarburi è la possibile presenza dell'inquinante sotto forma di diverse fasi: disciolto in acqua, adsorbito al terreno, volatilizzato o presente come fase liquida separata (NAPL). L'utilizzo sinergico di due o più tecnologie di bonifica permette di ottimizzare gli interventi nel loro complesso, con una progettazione ed un dimensionamento specifici per le diverse fasi del contaminante.

Di recente l'impiego di due differenti tecniche di bonifica per il risanamento di un sito pesantemente contaminato da idrocarburi si è rivelato come un caso esemplare di approccio integrato di risanamento ambientale.

Il sito, un deposito di carburanti di circa 300 m², è risultato caratterizzato da un'importante contaminazione da idrocarburi pesanti (con fase libera di alcuni decimetri), a seguito di un'ingente perdita di gasolio da un serbatoio interrato; sono risultati contaminati anche i terreni insaturi.

Le tecniche tradizionali di rimozione del surnatante presente (P&T e skimmer attivi) hanno permesso di ridurre gli spessori di prodotto libero, senza tuttavia ottenerne una completa rimozione; è stato pertanto necessario progettare un ulteriore intervento di bonifica.

Il risanamento ambientale del sito in questione è avvenuto con l'impiego in successione di due tecnologie non



Meccanismo di funzionamento dei surfattanti Ivey-sol®

convenzionali: un intervento di Surfactant Enhanced Remediation (o SER®) seguito da un trattamento di In-Situ Chemical Oxidation (ISCO). La Surfactant Enhanced Remediation ha l'obiettivo di favorire il desorbimento del contaminante dalla fase solida e la solubilizzazione della fase NAPL, trasferendo l'inquinante in fase liquida dove risulta più facilmente estraibile e trattabile. I surfattanti sono a tutti gli effetti dei tensioattivi con proprietà specifiche per l'immissione in ambiente naturale ed il trattamento dei siti contaminati.

In particolare, i surfattanti Ivey-sol® di Ivey International, Inc., sono reagenti non ionici, altamente biodegradabili e in grado di lavorare efficacemente a concentrazioni inferiori alla concentrazione micellare critica, con conseguenti vantaggi ambientali ed economici.

I trattamenti di In-Situ Chemical Oxidation prevedono invece l'iniezione nel terreno di prodotti ossidanti, che

innescano energiche reazioni di ossido-riduzione in grado di decomporre i contaminanti in composti innocui come anidride carbonica e acqua.

In generale la tecnica ISCO può presentare alcune problematiche, come la produzione di sottoprodotti di reazione, il verificarsi del rebound delle concentrazioni inquinanti e l'inibizione dei fenomeni di degradazione naturale (causata da significative variazioni indotte al potenziale redox e al pH).

Nel caso in esame è stato utilizzato il reagente denominato Provect-OX® commercializzato da Provectus Environmental Products, Inc., un reagente ISCO costituito da persolfato di sodio attivato con ossido ferrico con la peculiarità di favorire lo svilupparsi di processi di biodegradazione al termine della fase di ossidazione chimica, così da ridurre il rischio di rebound. Esso agisce grazie alla formazione di agenti ossidanti dall'elevato potenziale di ossidazione (radicale solfato e ione ferrato).



Oxidation Potentials	Volts
Fluorine (F ₂)	2.87
Hydroxyl radical (OH•)	2.80
Persulfate radical (SO ₄ •)	2.60
Ferrate (Fe ^{VI})	2.20
Ozone (O ₃)	2.08
Persulfate (S ₂ O ₈ ²⁻)	2.01
Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂)	1.78
Permanganate (MnO ₄ ⁻)	1.68
Chlorine (Cl ₂)	1.49

https://sites.google.com/site/ecpreparation/ferrate-vi

Aspetto del Provect-OX® (sinistra) e potenziali redox dei principali ossidanti (destra)

* A cura di: BAW S.r.l.: Ing. Claudio Sandrone – Ing. Andrea Campi – Ing. Fabiano Maccari.



Piezometri di iniezione Ivey-sol® (sinistra) e punti iniezione Provect-OX® (destra)

In definitiva, per la bonifica del sito in esame, una volta rimossa la maggior parte della fase libera surnatante in falda con le tecniche tradizionali, si è scelto di ricorrere ad un approccio meno convenzionale, operando in due fasi successive con surfattanti non ionici e con l'ossidazione chimica in situ.

Dapprima la tecnica SER è stata impiegata per rimuovere completamente la fase libera surnatante e ridurre in modo significativo le elevate concentrazioni di idrocarburi presenti nel terreno, rendendo il contaminante disponibile in fase acquosa e favorendone pertanto il recupero. A seguire, l'intervento di ossidazione chimica ha permesso di completare il risanamento del terreno insaturo e di intervenire con efficacia sulla contaminazione disciolta in falda. Infine l'attenuazione biologica ha ultimato il risanamento del sito.

Entrando più nel dettaglio esecutivo, la tecnologia SER è stata applicata con un approccio denominato 'Push&Pull', che prevede l'utilizzo di pozzi con una doppia funzione: immissione (Push) a gravità del reagente in soluzione acquosa ed estrazione (Pull) con pompe sommerse per la rimozione degli idrocarburi trasferiti in fase acquosa e del surfattante immesso. Il tipo di contaminazione ha determinato la scelta della formulazione del surfattante più idonea, mentre le concentrazioni degli inquinanti e gli spessori della fase libera hanno definito il numero di cicli eseguiti.

I piezometri di iniezione-estrazione sono stati appositamente fenestrati sia nella porzione insatura che in quella satura dell'acquifero, separando i due

intervalli con un setto impermeabile. Il numero di cicli Push&Pull prescelto, anche considerando il successivo intervento con Provect-OX®, è stato pari a sei.

Nella fase di Push sono stati immessi complessivamente circa 1.500 L di reagente concentrato in circa 75.000 L di miscela. Durante il Pull, è stato rimosso un quantitativo d'acqua pari a circa 2 - 3 volte il volume di miscela immessa, per garantire la completa estrazione del reagente e della contaminazione resa disponibile in soluzione.

Durante i cicli di Push&Pull, si è rilevato un significativo aumento della capacità di recupero del contaminante a seguito dell'applicazione del surfattante. Inoltre, il reagente ha favorito l'azione di lavaggio del terreno insaturo, trascinando verso la falda la contaminazione desorbita.

In seguito, l'intervento di iniezione del Provect-OX® ha previsto il trattamento del terreno profondo, sia nella zona insatura che in quella satura. La quantità di reagente necessaria è stata stimata sulla base della massa di terreno da trattare e delle massime concentrazioni rilevate nei terreni e in falda; nel caso specifico sono stati utilizzati circa 2.500 kg di reagente, disciolti in acqua al 15% a formare 16.000 L di miscela (slurry). Tale slurry è stato immesso nel terreno con tecnica direct-push, con l'utilizzo di macchine Geoprobe per l'infissione della batteria di aste e quindi l'immissione della miscela reagente per mezzo di pompa a pistone.

L'impiego della tecnologia ISCO a seguito dell'uso dei surfattanti ha permesso al Provect-OX® di reagire con massima efficienza sulla contamina-

zione residua avendo reso il contaminante più disponibile e più facilmente raggiungibile dal reagente; inoltre la rimozione della fase libera presente in falda ha evitato un eccessivo consumo di prodotto.

La distribuzione del reagente ossidante (ricco di ossidi di Fe) è stata verificata con una campagna di indagini geoelettriche. Le risultanze hanno permesso di verificare una buona distribuzione del reagente, piuttosto uniforme in tutto il sito.

Al termine della fase di ISCO è stata possibile una prima valutazione dell'efficacia dell'intervento, con la completa rimozione della fase libera ed il raggiungimento di concentrazioni di idrocarburi totali nelle acque di falda inferiori ai limiti normativi di riferimento. Si è poi osservata la piena conformità dei terreni insaturi alle CSR, con un abbattimento medio dell'ordine del 95% delle concentrazioni di idrocarburi pesanti rilevate. Sono quindi stati monitorati per 24 mesi i processi di biodegradazione che, una volta conclusa la fase ISCO, hanno continuato ad operare un'efficace rimozione della contaminazione residua impedendo il verificarsi di fenomeni di rebound.

Si ritiene che l'applicazione precedentemente descritta sia un buon esempio di utilizzo integrato fra due tecnologie di bonifica non convenzionali: l'impiego del surfattante ha consentito una mobilitazione della contaminazione adsorbita, rendendola maggiormente disponibile sia per la fase di emungimento che di trattamento chimico di ossidazione successivo. L'azione del reagente ossidante ha permesso poi una significativa riduzione delle concentrazioni residuali degli inquinanti, sia nel terreno che in falda, innescando da ultimo i fenomeni di attenuazione biologica utili per ottenere il completo risanamento del sito.

BAW s.r.l.

Via Galimberti 50, 12030 Manta (CN) Tel. 0175-86642

www.baw-env.it

info@baw-env.it

