

# UNIVERSITA' DI PARMA

## MASTER UNIVERSITARIO INTERNAZIONALE (II LIVELLO) SCIENZA E TECNOLOGIA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DI SITI CONTAMINATI ANNO ACCADEMICO 2002/2003

### Applicabilità di diverse tecnologie di rimediazione per lo sviluppo sostenibile in siti contaminati. Attività svolte durante lo stage presso Ambiente SpA, gruppo ENI

- Olena Onopriyenko-

#### Abstract

Tipicamente il primo passo di un progetto di bonifica consiste nel determinare l'estensione della contaminazione. Questo è generalmente eseguito nelle fasi di caratterizzazione del sito e di conduzione di indagini integrative.

La caratterizzazione del sito comprende la determinazione delle condizioni del suolo e del sottosuolo attinenti alla gestione di rifiuti pericolosi.

Se si riterrà necessario procedere alla bonifica del sito si ricorrerà a indagini integrative.

Tali indagini approfondiranno la caratterizzazione del sito e consentiranno la raccolta di ulteriori dati, necessari per il controllo della migrazione del contaminante nel terreno e per la selezione della tecnica di bonifica tra le possibili alternative.

L'inquinamento del sottosuolo originato dalle perdite di serbatoi di stoccaggio interrati crea problemi ambientali che usualmente richiedono azioni correttive.

I contaminanti possono essere presenti in una o più delle seguenti fasi:

- Nella zona vadosa: vapori nello spazio interstiziale, prodotto libero nello spazio interstiziale, prodotto disciolto nell'umidità, prodotto adsorbito nella matrice del suolo, prodotto in galleggiamento al di sopra della frangia capillare (LNAPLs);
- Nel terreno saturo: prodotto disciolto nell'acqua di falda, prodotto adsorbito sul terreno costituente l'acquifero, prodotto accumulato sul fondo dell'acquifero (DNAPLs).

Nell'ambito del presente lavoro sono stati esaminati e discussi i diversi aspetti della distribuzione del contaminante tra le fasi citate ed i conseguenti effetti sul trasporto e sulla destinazione finale dell'inquinante.

E' importante comprendere il comportamento degli inquinanti nell'ambiente del sottosuolo per progettare in modo appropriato un intervento di bonifica ed implementarlo con successo.

La rimozione dei contaminanti presenti nel sottosuolo dovrebbe essere vista (dal punto di vista chimico) come una perturbazione della distribuzione dei contaminanti tra le varie fasi corrispondente all'equilibrio. Tuttavia gli sforzi finalizzati a perturbare l'equilibrio possono incontrare limitazioni non di equilibrio. Tali limitazioni hanno un impatto significativo sulla riduzione dell'inquinamento in diversi siti contaminati. Questo è stato osservato anche in casi nei quali erano state spese notevoli quantità di denaro per implementare le tecnologie di bonifica più consolidate.

Le cause dell'effetto di riduzione dell'inquinamento possono essere riassunte come segue:

- Flusso di advezione non omogeneo
- Fenomeni di adsorbimento
- Fenomeni di trasporto
- Diffusione nello spazio interstiziale
- Diffusione nei macropori
- Diffusione nei micropori

Le attività di indagine più comuni comprendono:

- Rimozione della fonte di inquinamento (quale ad esempio uno o più serbatoi interrati)
- Installazione di sonde
- Installazione di piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee
- Raccolta di campioni di terreno e relativa analisi
- Test sull'acquifero

Attraverso queste attività sono raccolti i seguenti dati:

- Tipologie di contaminanti presenti nel terreno e nell'acqua di falda
- Concentrazioni dei contaminanti nei campioni raccolti
- Estensioni verticale e areale della "plume" di contaminanti nel terreno e nell'acqua di falda
- Estensioni verticale e areale del prodotto libero in galleggiamento (LNAPL) o sul fondo dell'acquifero (DNAPL).
- Caratteristiche del terreno, quali il tipo di suolo, la densità, il contenuto di umidità, etc.
- Freatimetria
- Dati raccolti ed elaborati a seguito dei test sull'acquifero.

Il progettista di un intervento di bonifica deve conoscere in dettaglio le tecniche di indagine utilizzati ed i dati raccolti per mezzo di esse e sulla base di questi scegliere la tecnologia di bonifica da applicarsi.

Le tecnologie di bonifica possono essere suddivise come segue:

- Bonifiche in situ (quali ad esempio biosparging, bioventing, phytoremediation, dealogenazione riduttiva, barriere reattive, zone reattive): sono caratterizzate dal non richiedere l'escavazione del terreno contaminato.
- Bonifiche ex situ (quali soil washing, stabilization & solidification – che possono essere condotte anche in situ –, etc.): richiedono l'escavazione del terreno.

Nel presente lavoro sono stati descritti gli aspetti particolari di alcune tecnologie di bonifica, quali biosparging, soil washing, pump & treat e dealogenazione riduttiva in situ, e la loro applicabilità a siti contaminati.

Le ricerche e le sperimentazioni in scala reale riportate in letteratura hanno mostrato che la selezione della tecnologia di bonifica è un passaggio delicato, che richiede un'approfondita comprensione sia delle varie tecnologie di bonifica che delle caratteristiche del sito. Pertanto è opportuno, dopo avere valutato le diverse alternative per un intervento di bonifica ed averne scelto una, prevedere una verifica tramite un test pilota. Talvolta la tecnologia che si era scelta può risultare inadatta; ciononostante le informazioni apprese possono essere utili per selezionare un altro metodo di bonifica.

### 1. Test pilota di biosparging

Il sito contaminato era un impianto industriale nel quale erano movimentati e stoccati prodotti petroliferi. Sulla base dei dati provenienti da indagini condotte precedentemente, la falda risultava inquinata da idrocarburi, derivanti da una contaminazione accidentale, quale la rottura di un serbatoio interrato nell'area di stoccaggio.

Le attività nel sito contaminato sono state condotte rispettando i seguenti passaggi:

- Realizzazione del punto di insufflazione e dei pozzi di monitoraggio
- Installazione e collaudo del sistema di insufflazione
- Test di sparging a quattro differenti livelli di portata
- Verifica della permeabilità all'aria nell'insaturo (test di soil vapor extraction).

Sulla base delle basse permeabilità osservate nel suolo e della presenza di un tetto semipermeabile al di sopra dell'acquifero, che ha posto problemi per lo strappaggio e la rimozione del contaminante durante il test pilota, l'applicazione del biosparging tende ad essere difficoltosa. La presenza di LNAPL, osservata in alcuni piezometri, costituisce un ulteriore ostacolo all'applicazione di questo metodo.

Come alternativa si è scelto di installare una trincea drenante, contestualmente alla realizzazione di un sistema di bioventing. Tale soluzione è stata scelta in quanto durante il test era stato possibile osservare un'elevata attività microbica.

### 2. Soil washing

Il sito è un ex deposito dismesso nel quale erano stati stoccati prodotti petroliferi raffinati e additivi per benzine. Negli anni 1999-2000 sono state condotte molte indagini sul sito per determinare la natura e l'estensione della contaminazione e per identificare tecniche appropriate per la bonifica. Il lavoro di caratterizzazione ha identificato i principali contaminanti negli idrocarburi C<12 e C>12, alle concentrazioni rispettivamente di 3500 mg/kg e 12000 mg/kg, e nei BTEX (con una concentrazione massima pari a circa 900 mg/kg di xileni). Il suolo appare contaminato a partire da 2 m dal p.c., fino alla profondità di 3,5 m.

Un esame approfondito dei dati ottenuti durante la caratterizzazione del sito ha indicato che la granulometria sia del terreno naturale che di quello di riporto e le concentrazioni dei contaminanti erano tali da rendere favorevolmente applicabile un trattamento quale quello di soil washing.

Tale tecnologia è in grado di trattare un'ampia varietà di suoli (dalle ghiaie alle sabbie naturali) che siano contaminati da prodotti petroliferi e VOCs. Questo progetto va a dimostrare che uno dei principali fattori che

che governano la percorribilità del soil washing dal punto di vista economico è la quantità di frazioni fini, con il relativo contenuto di umidità, che determinano un costo per il loro smaltimento. In un caso estremo è possibile che il gestore di una discarica arrivi a rifiutare tali frazioni fini sulla base delle sole proprietà geotecniche ( oppure ad applicare una maggiorazione di prezzo per ritirarle ). Una tecnologia per il trattamento delle frazioni fini che le rendesse riutilizzabili nel sito o almeno più accettabili da parte della discarica migliorerebbe significativamente la praticabilità economica del soil washing.

### 3. *P&T e dealogenazione riduttiva in situ*

Il sito contaminato è uno stabilimento industriale nel quale sono stati movimentati e stoccati prodotti petroliferi.

Durante la fase di caratterizzazione del sito sono state osservate una contaminazione dei terreni da parte di idrocarburi petroliferi ed una presenza di tetracloroetilene nell'acqua di falda.

Sono state valutate diverse alternative per la bonifica, individuando le seguenti soluzioni:

- Escavazione e smaltimento in discarica del suolo maggiormente contaminato
- Pump & treat per il trattamento dell'acqua di falda
- Dealogenazione riduttiva in situ

Nel sito è già operativo un sistema P&T costituito da una barriera idraulica di dieci pozzi che provvedono ad emungere l'acqua di falda. Il dimensionamento della barriera era stata condotta sulla base di dati ottenuti durante le prove in campo, di dati forniti dal Cliente, di calcoli eseguiti in modo tradizionale e di simulazioni svolte al computer.

Il sistema esistente ha incontrato notevoli difficoltà. Durante l'esecuzione di un test di portata si è evidenziata una produttività bassa, probabilmente causata da sedimenti che sono andati a intasare il sistema di drenaggio.

Si è deciso di ricostruire la barriera, aggiungendo un nuovo pozzo, che sarà impiegato per eseguire un test pilota.

La barriera esistente attualmente scarica le acque emunte alla fogna oleosa dello stabilimento. In futuro ciò non sarà più possibile.

Per questa ragione sarà realizzato un collettore per inviarle ad essere trattate presso un impianto consortile. Tale collettore è stato progettato in modo da massimizzare il riutilizzo della rete di tubazioni esistente. In particolare alcuni pozzi sono già collegati da una tubazione nell'area nord dello stabilimento, mentre altri sono collegati da una rete di raccolta nell'area sud dello stesso. Il collettore raccoglierà le acque da queste due reti e dai restanti pozzi e le convoglierà allo scarico verso l'impianto consortile, previo passaggio attraverso un campionatore automatico.

Una soluzione innovativa di bonifica prevede di creare condizioni anaerobiche e fornire i substrati ed i nutrienti necessari per consentire la dealogenazione riduttiva del PCE nell'ambito dell'acquifero. Si effettuerà una serie di iniezioni di una miscela costituita da una soluzione di lattato di sodio, solfato di sodio ed estratto di lievito, abbracciando un periodo di 1 anno.

La tecnica del P&T risulta efficace per i LNAPL, ma non è applicabile per i DNAPL. Durante il test di dealogenazione riduttiva in situ ci si attende un incremento della concentrazione di LNAPL, quali TCE, DCE, VC, a fronte di una diminuzione dei DNAPL (PCE).

Questo processo agevolerà la bonifica dell'acquifero.