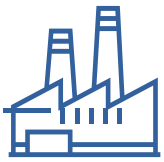
REGENESIS

Da DNAPL alla non rilevabilità: riduzione solventi clorurati di 6 ordini di grandezza

CASO DI STUDIO

Integrazione di adsorbimento *in situ* e biodegradazione porta alla chiusura del procedimento di un ex sito manifatturiero nel nord Italia

Introduzione



Uno stabilimento manifatturiero dismesso nel nord Italia ha fatto utilizzo per molti anni di solventi clorurati. Ciò ha provocato la contaminazione delle acque sotterranee al di sotto di gran parte di questo sito di 60.000 m^2. Concentrazioni nelle acque di falda fino a 155.000 µg/L di TCE indicavano la sospetta presenza di prodotto liquido denso in fase non acquosa (DNAPL) su alcune parti del sito. La contaminazione comportava un rischio inaccettabile sia per i recettori interni che esterni al sito, determinando la necessità di un intervento attivo di bonifica su un'ampia parte del sito. Due aree di sorgente secondaria sono state inizialmente individuate e rimosse mediante scavo e smaltimento dei terreni contaminati. Ai fini della Messa In Sicurezza di Emergenza (MISE) del sito è stato inoltre installato un sistema di Pump & Treat lungo il confine di valle idrogeologico, direttamente in adiacenza con un fiume.

Per il trattamento dell'acquifero, viste le grandi dimensioni dell'area, la società di consulenza ambientale ha stabilito che sarebbe stato più vantaggioso un approccio *in situ*. REGENESIS ha ideato una strategia che include la declorurazione riduttiva potenziata (ERD) da eseguirsi su tutta l'area contaminata, dimensionando appositamente in maniera differenziata in funzione delle concentrazioni dei contaminanti e della geologia locale; a questa è stata abbinata una barriera permeabile reattiva iniettabile utilizzando il carbone attivo colloidale (CAC) PlumeStop® ai confini del sito, dove era necessario raggiungere obiettivi estremamente stringenti (VC <0,5 µg/l; TCE <1,5 µg/l).

Caratteristiche dell'intervento

REGENESIS

TIPOLOGIA SITO

Stabilimento manifatturiero dismesso

GEOLOGIA

Sabbia limosa con lenti limose

TRATTAMENTO

Declorurazione riduttiva potenziata, Adsorbimento *in situ*

TECNOLOGIE

3-D Microemulsion®, HRC®, HRC-X®, HRC Primer®, PlumeStop®

CONTAMINANTI

Solventi clorurati (principalmente TCE, DCE, VC): Fino a 250.000 µg/L nelle aree sorgente e fino a 50.000 µg/L al confine

OBIETTIVO DELL'INTERVENTO

Rimozione del rischio on-site per la salute umana e protezione di recettore sensibile off-site (fiume) per futura vendita dell'area

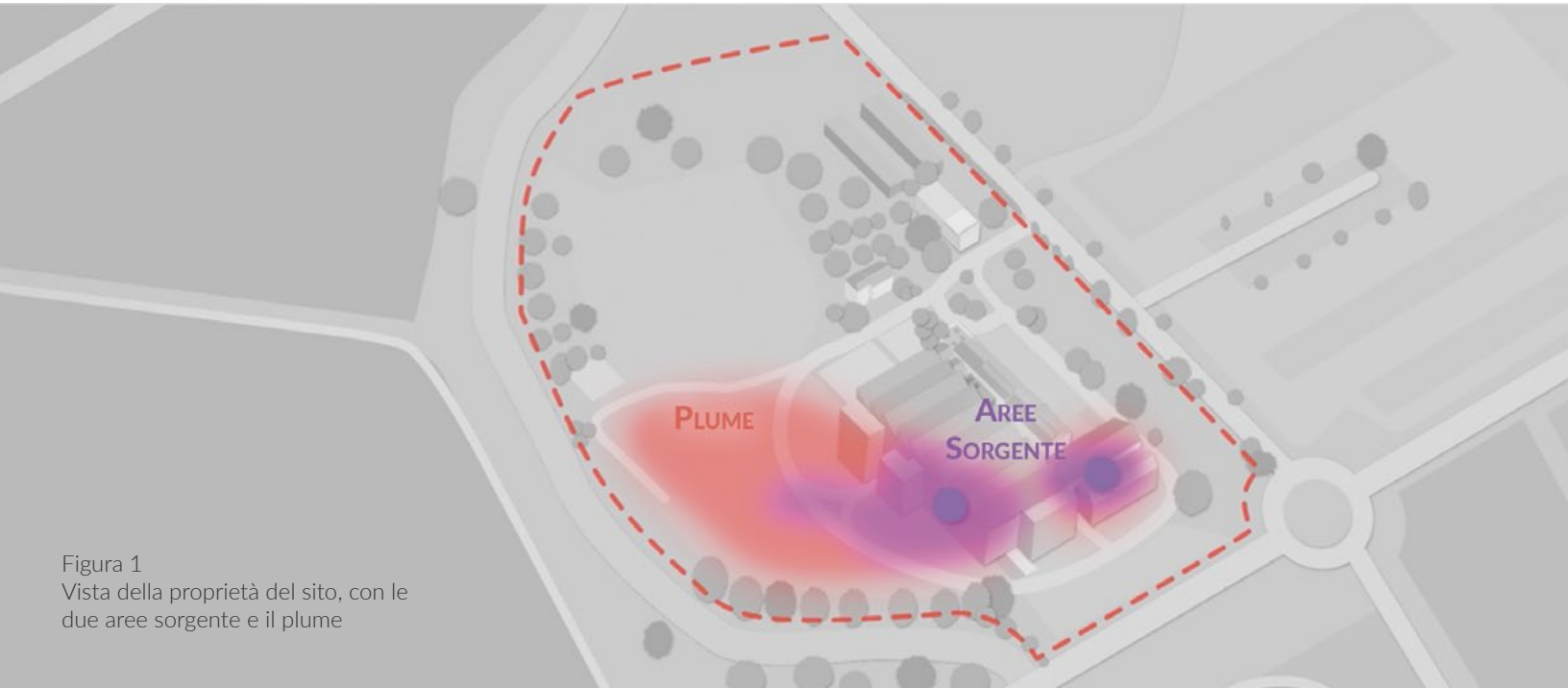


Figura 1
Vista della proprietà del sito, con le due aree sorgente e il plume

Trattamento di declorurazione riduttiva potenziata

L'ERD dei solventi clorurati è stata effettuata attraverso una griglia di iniezioni a spinta diretta (direct-push), applicando nel sottosuolo una serie di substrati elettro-donatori REGENESIS. Il sito è stato dapprima suddiviso in diverse sub-aree in base alla distribuzione della contaminazione e alle caratteristiche di permeabilità; per ogni area sono stati quindi utilizzati un mix di prodotti e dosaggi dimensionati ad hoc. Il nostro substrato ad ampia distribuzione 3-D Microemulsion® (3DME) è stato utilizzato nelle zone interne del sito con una griglia di iniezione con spaziatura ampia (fino a 6 m x 6 m), che ha ridotto al minimo i costi di iniezione, fornendo al contempo un trattamento ottimale della contaminazione. La zona di trattamento a valle ha richiesto l'applicazione molto vicino al fiume lungo il confine del sito; qui è stata utilizzata una miscela di prodotti Hydrogen Release Compound® (HRC) a basso volume e alta viscosità, con il fine di prevenire la fuoriuscita di contaminanti dal sito fino a cinque anni a seguito di una singola iniezione.

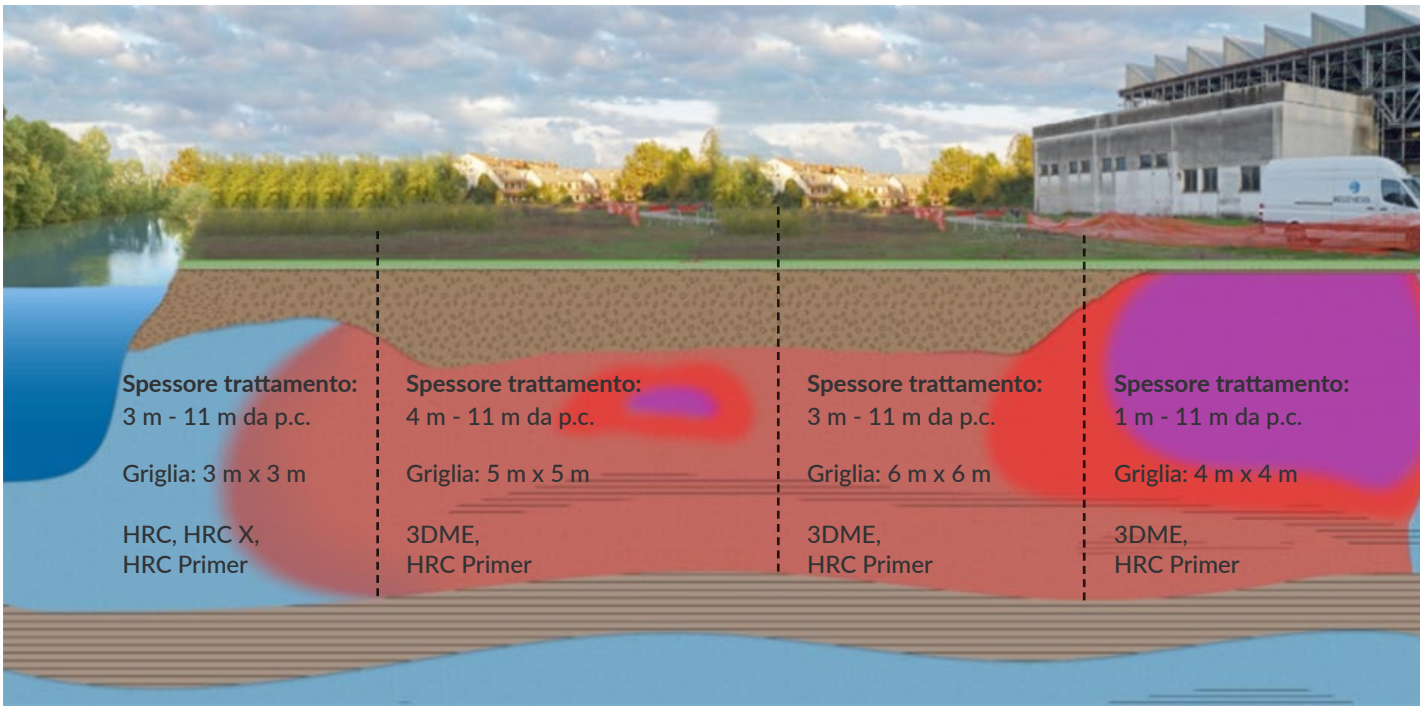


Figura 2 Sezione con differenti sub-aree di trattamento ERD

Le attività di iniezione sono durate 6 mesi utilizzando 2 sonde Geoprobe che hanno lavorato in parallelo per completare oltre 500 postazioni direct-push. Le macchine erano alimentate da un'area di miscelazione centralizzata in cui i prodotti erano miscelati e quindi pompati tramite tubazioni flessibili nell'area di iniezione. La bonifica *in situ* ha avuto poi luogo nell'arco degli anni successivi, senza ulteriore presenza in campo o costi operativi se non quelli di monitoraggio.

Figura 3 Iniezione direct-push nel sito

Caratteristiche dell'applicazione

Area:
6.600 m²

Profondità:
Spessore medio 8 metri
(da 3 a 11 m da p.c.)

Numero di punti:
Circa 650

Risultati ERD

Il monitoraggio mostra la completa distruzione della massa contaminante dall'acquifero grazie a un processo completo di declorurazione riduttiva. L'utilizzo di un dosaggio dimensionato ad hoc ha consentito di trattare con successo ciascuna area. Nelle aree in cui le concentrazioni iniziali erano elevate, la bonifica ha richiesto 1,5-2 anni per raggiungere gli obiettivi interni al sito (CSR).
Nelle aree meno impattate del plume la bonifica fino ai livelli previsti è stata ottenuta invece in pochi mesi. La prosecuzione del monitoraggio ha mostrato che le concentrazioni hanno continuato a ridursi, arrivando in quasi tutte le aree verso la non rilevabilità strumentale. Non si è verificato in nessuna postazione alcun rebound delle concentrazioni, avendo degradato completamente la contaminazione.

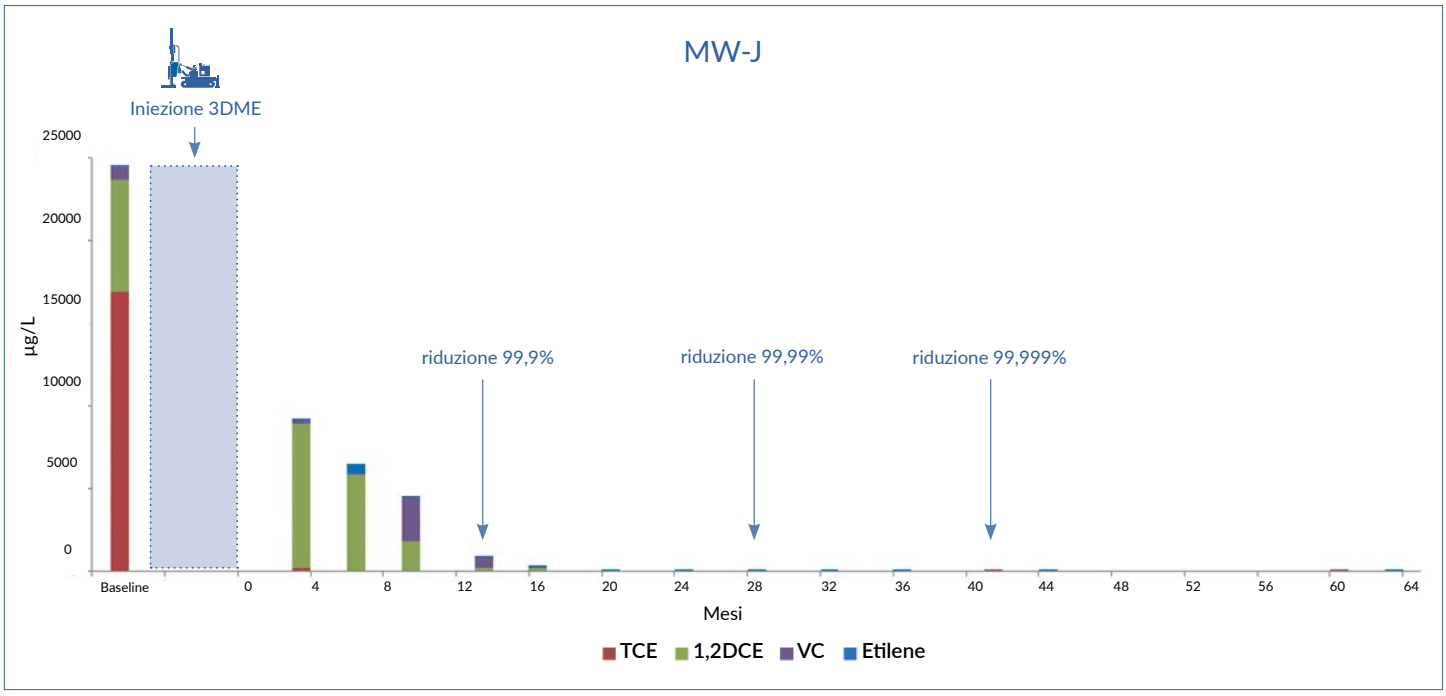


Grafico 1 Risultati nel tempo nell'area sorgente (piezometro MW-J)

Una zona all'interno dell'area sorgente (identificata dal piezometro MW-C) presentava concentrazioni iniziali di solventi clorurati totali di circa 250.000 µg/L, indice di presenza di DNAPL. La bonifica in quest'area ha richiesto tempistiche più lunghe a causa della maggiore quantità di massa contaminante nell'area. Il monitoraggio evidenzia una rapida rimozione del composto genitore (TCE) dalle acque di falda, con tempistiche di degradazione dei sottoprodotti più lunghe. Questo andamento è dovuto a un continuo desorbimento e dissoluzione del composto genitore nelle acque sotterranee dal DNAPL residuo e dalla fase adsorbita al suolo saturo. Tuttavia, grazie al rilascio estremamente prolungato del 3DME, sono state mantenute le condizioni ideali per una declorurazione riduttiva completa; pertanto quando l'apporto di TCE si è esaurito, le concentrazioni di sottoprodotti sono finalmente diminuite.
In questa postazione è rimasto un basso tenore di contaminazione residua, ma con concentrazioni basse e con evidenza di ulteriore degradazione in corso.

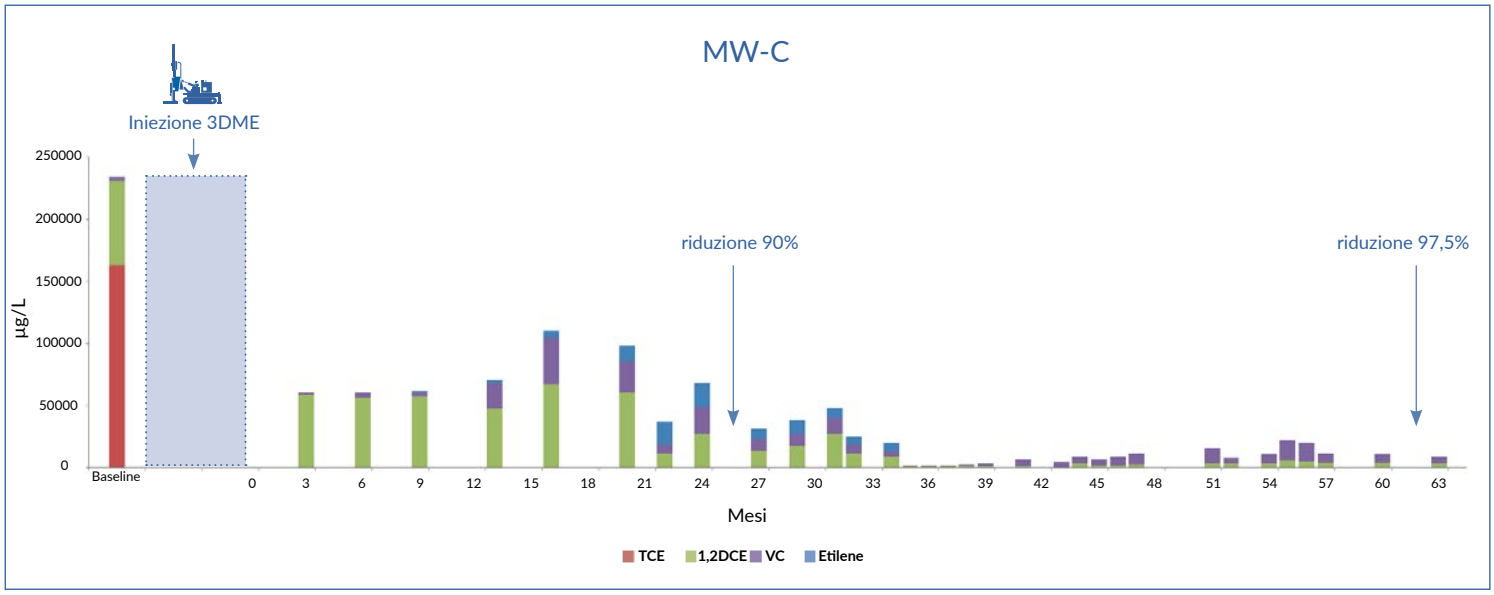


Grafico 2 Risultati nel tempo nell'hot-spot all'interno dell'area sorgente (piezometro MW-C)

Figura 4 Fustini di HRC in vasche di pre-riscaldamento

Figura 5 Miscelazione di prodotti

Trattamento con barriera permeabile reattiva iniettabile (i-PRB) PlumeStop

Immediatamente oltre il confine di valle del sito scorre un fiume che costituisce un recettore sensibile. Inoltre in corrispondenza del confine di proprietà la normativa nazionale vigente prevede il raggiungimento di concentrazioni obiettivo (CSC) estremamente stringenti (TCE: 1,5 µg/l, VC: 0,5 µg/l). Al fine di raggiungere e mantenere sul lungo termine concentrazioni così basse, si è reso necessario un ulteriore approccio in supporto all'ERD: adsorbimento *in situ* mediante PlumeStop® Liquid Activated Carbon, che è stato combinato con ERD (ottenuta utilizzando i substrati HRC®, HRC-X® e HRC Primer®). Questa tecnologia adsorbe la contaminazione e fornisce una biomatrice sulla quale i microrganismi dealogenatori entrano in contatto con i solventi clorurati. Questa combinazione di adsorbimento e biodegradazione fornisce una maggiore riduzione delle concentrazioni dei contaminanti, che viene poi sostenuta nel tempo. L'ulteriore afflusso di contaminanti da monte viene continuamente adsorbito e degradato, in quanto la biodegradazione consente l'autorigenerazione degli spazi di adsorbimento sul carbone attivo liquido.

Per fornire il trattamento più appropriato ed efficace, non solo si è applicato il PlumeStop solo in una porzione di valle del sito, ma nel programma dei lavori ne è stata anche posticipata l'applicazione. All'inizio dell'intervento le concentrazioni molto elevate lungo i confini (tipicamente diverse migliaia di µg/l, con picchi fino a 50.000 µg/l) sono state trattate con la sola ERD. Man mano che le concentrazioni si abbassavano e la biodegradazione di per sé diventava meno efficiente, è stato applicato PlumeStop per adsorbire i contaminanti e ridurre ulteriormente le concentrazioni nelle acque sotterranee al di sotto dei valori obiettivo.

L'installazione della i-PRB PlumeStop è stata completata su una lunghezza di 90 m lungo il confine del sito, effettuando ca. 150 punti di iniezione direct-push, eseguiti utilizzando due sonde Geoprobe. La continuità della barriera è stata verificata tramite campionamento e verifica in campo man mano che l'installazione procedeva. Il dosaggio è stato adattato lungo il fronte di intervento, in base alla concentrazione dei contaminanti e all'eterogeneità della geologia. Non è stata necessaria alcuna aggiunta di donatori di elettroni al momento dell'applicazione PlumeStop, grazie al rilascio di idrogeno a lungo termine da parte dei substrati iniettati tre anni prima.

PLUME STOP
Liquid Activated Carbon

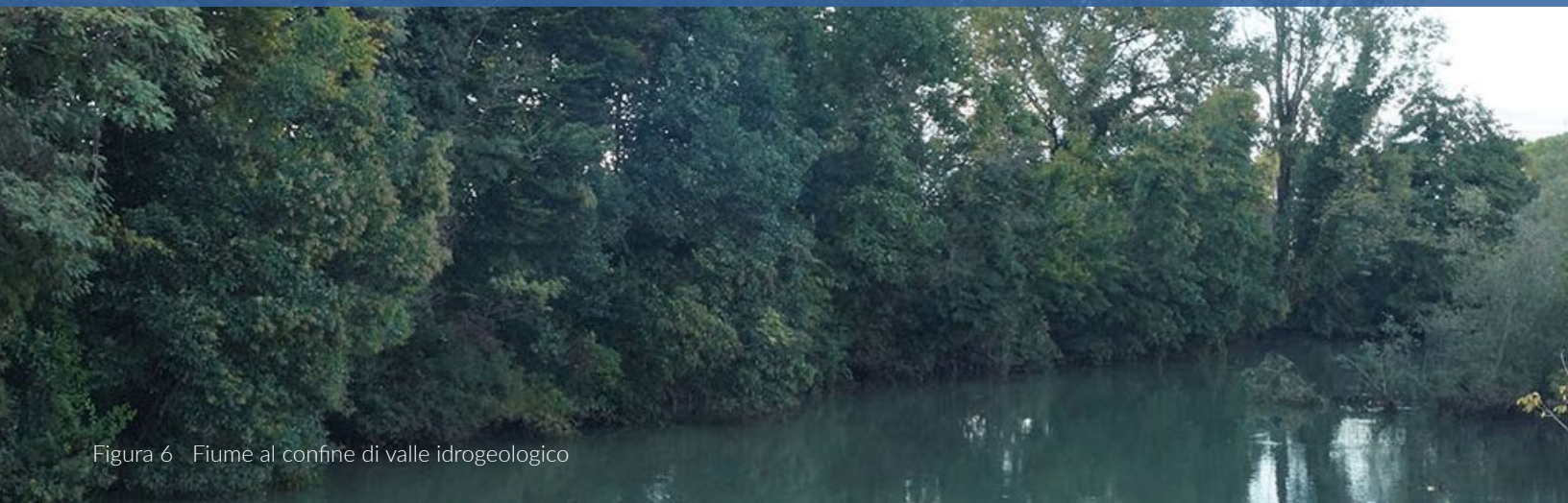


Figura 6 Fiume al confine di valle idrogeologico

Risultati della i-PRB PlumeStop

I 9 piezometri di monitoraggio che costituiscono i punti di conformità al confine di valle hanno mostrato tutti una diminuzione significativa delle concentrazioni dei contaminanti. I valori obiettivo estremamente stringenti sono stati raggiunti in tutti i piezometri in un periodo di diversi mesi, dopodiché le basse concentrazioni sono state mantenute nel tempo.

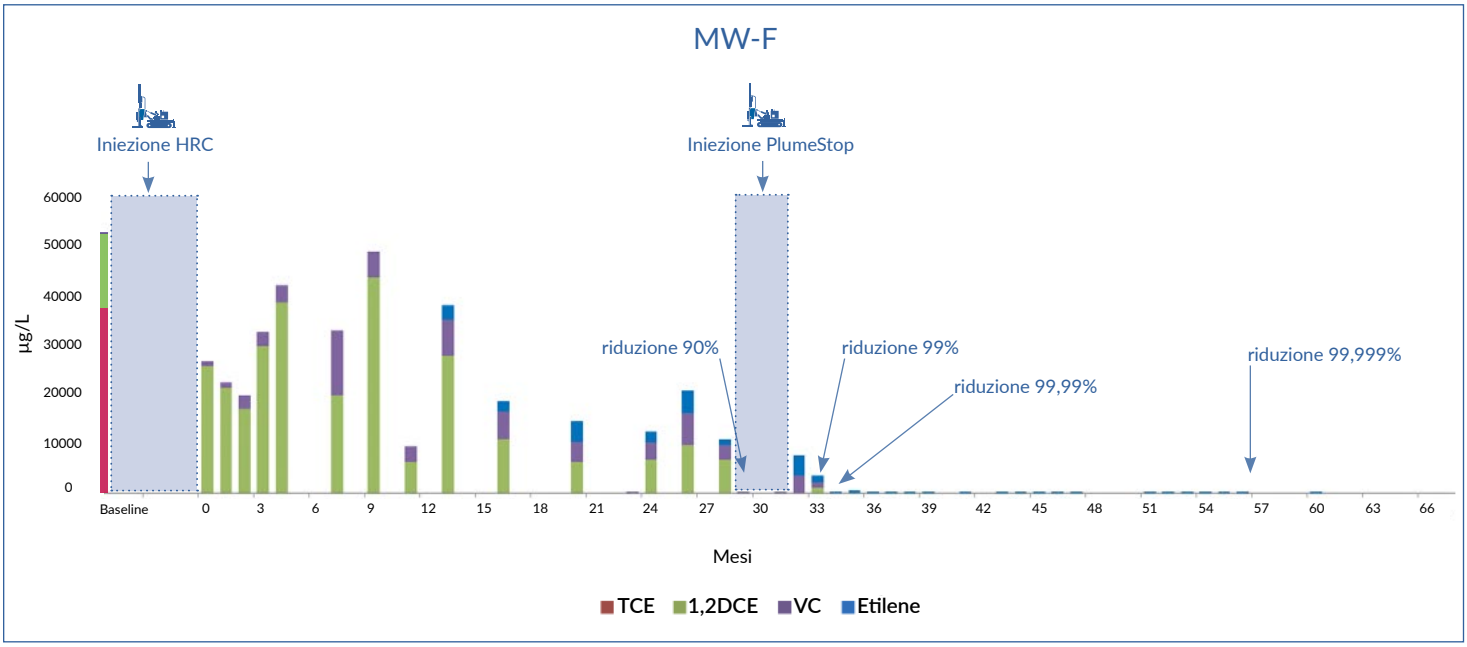


Grafico 3 Risultati i-PRB nel tempo (piezometro nella parte centrale del plume, contaminazione più elevata)

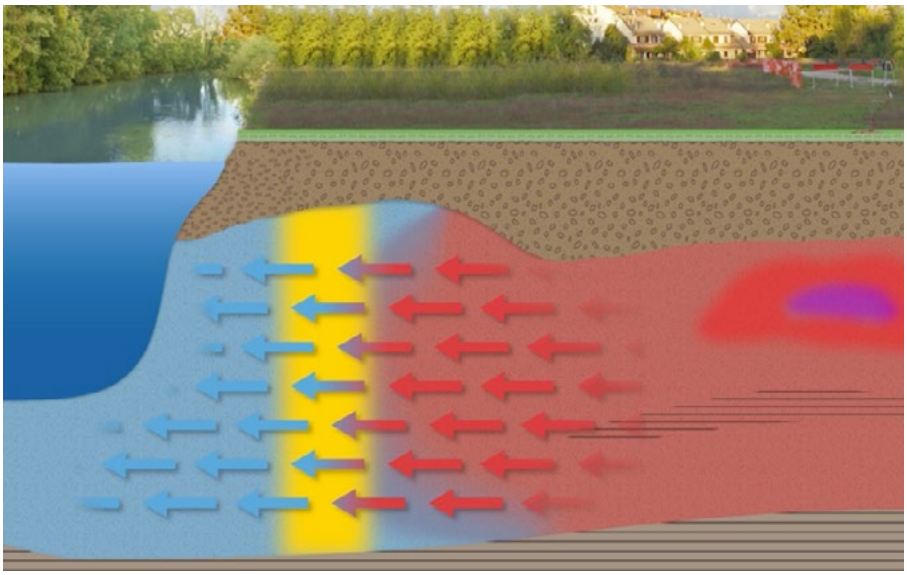


Figura 7 Sezione che illustra il trattamento i-PRB PlumeStop

La produzione di etilene è rimasta rilevabile durante l'intero periodo di monitoraggio anche in assenza di composti clorurati rilevati in fase disciolta, confermando la continua biodegradazione dei contaminanti adsorbiti sul carbone attivo. L'esito positivo dell'applicazione della barriera PlumeStop ha consentito lo spegnimento di un costoso impianto Pump & Treat che era operativo sul confine del sito da oltre 10 anni.

Conclusioni

Questo caso di studio mostra come l'utilizzo appropriato di substrati iniettabili ingegnerizzati può fornire un trattamento vantaggioso ed efficace di siti contaminati da solventi clorurati. Gli aspetti chiave di questo intervento di bonifica sono:

- Il trattamento *in situ* è risultato economicamente vantaggioso in un'applicazione su un'area e un volume di acquifero molto grandi
- L'ERD è stata efficace nel degradare livelli di contaminazione molto elevati, indicativi di una notevole massa di DNAPL nel sito
- Una combinazione di adsorbimento ed ERD consente di raggiungere stabilmente valori obiettivo molto bassi
- Complessivamente è stata ottenuta una riduzione di 6 ordini di grandezza nel sito per il composto genitore (TCE) e da 5 a 6 ordini di grandezza per i clorurati totali
- A seguito del raggiungimento della piena conformità, le concentrazioni si sono quindi mantenute basse per un periodo di validazione prolungato e impegnativo:
  - Elevato numero di pozzi di monitoraggio
  - Ampia gamma di analiti
  - Obiettivi estremamente restrittivi
  - Necessità di conformità continua e simultanea in tutti i piezometri e in tutte le campagne
- La personalizzazione del tipo di substrati, dosaggio e volume ha fornito una soluzione accurata ed efficace in un sito estremamente eterogeneo
- REGENESIS ha fornito una soluzione chiavi in mano con importo fisso e garanzia di raggiungimento degli obiettivi
- Per il sito è in corso la chiusura formale del procedimento di bonifica

"REGENESIS mi ha sempre fornito risposte precise e tempestive. Cosa ancora più importante, i risultati ottenuti corrispondono a quanto previsto dal nostro progetto di bonifica, cioè la contaminazione è stata ridotta con successo!"

— Direttore Tecnico progettazione bonifica & Direttore dei Lavori per la bonifica

CONTATTI

italia@regenesis.com
Tel: +39 338 8717925
www.regenesis.com

REGENESIS