

# Trattamento biologico di terreni contaminati da PCB

Pierlorenzo Brignoli\*, Eurovix spa; Ampelio Cagalli\*\*, Explogeo sas; Massimo Di Martino\*\*\*, DBM Consulting – Email: info@eurovix.it

I PCBs (Policlorobifenili) sono composti organici altamente inquinanti, non presenti in natura, derivati dal bifenile per sostituzione degli atomi di idrogeno con atomi di cloro utilizzando specifici catalizzatori chimici. I PCBs sono estremamente resistenti alla degradazione chimica e biologica, persistono per anni nell'ambiente e possono essere riciclati continuamente in diversi comparti ambientali. Attualmente, la contaminazione ambientale da PCBs è legata all'accumulo di rifiuti e allo smaltimento illegale di fluidi oleosi effettuati nei decenni passati.

Sulla base del numero e della disposizione dei sostituenti sulla molecola si vengono a formare 209 possibili molecole di PCBs chiamate "congeneri" (1, 6). Da letteratura si sa che diverse classi di microrganismi sono in grado di attuare processi biodegradativi a carico dei PCBs.

## Il sito: inquadramento storico e geomorfologico.

L'area di intervento ha ospitato per lungo tempo uno stabilimento industriale destinato alla produzione della carta rimasto attivo dai primi decenni fino agli anni '80 del secolo scorso.

Alla cessazione dell'attività della cartiera, è seguito lo smantellamento degli impianti e degli edifici che li contenevano; le diverse fasi di smantellamento si sono svolte senza con-

tinuità e con scarsa o nulla vigilanza talché l'area rimaneva per lunghi periodi assolutamente incustodita ed accessibile a chiunque come spesso accade per le aree industriali dismesse.

In questa situazione è avvenuto il "saccheggio" dei trasformatori presenti in azienda al fine recuperare rame, bronzo ed altri materiali nobili da rivendere poi sul mercato dei "metalli preziosi". L'olio di raffreddamento contenuto nei trasformatori si è sversato sulle pavimentazioni e da qui sul suolo sottostante.

## La contaminazione.

L'area oggetto della contaminazione ha una superficie complessiva di circa 4.000 m<sup>2</sup> interessata per lo spessore di almeno 1 metro da concentrazioni di PCB sempre eccedenti il limite di 5 ppm indicato, per i siti a destinazione industriale, dalla colonna B dell'allegato 5 Tabella 1 del D.Lgs. 152/06; in alcuni casi la concentrazione di PCB arrivava anche a 250 mg/kgs.s.; in **Figura 2** è rappresentata l'area oggetto della contaminazione con riportati i valori di contaminazione di PCB per ogni singola cella oggetto della caratterizzazione.

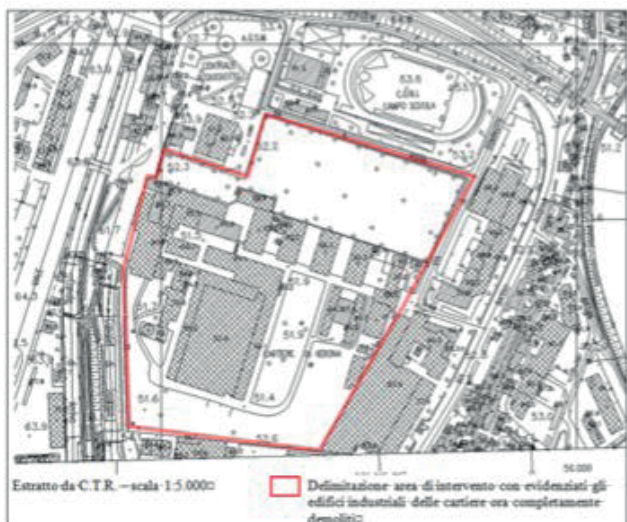


Figura 1 - L'area della ex cartiera

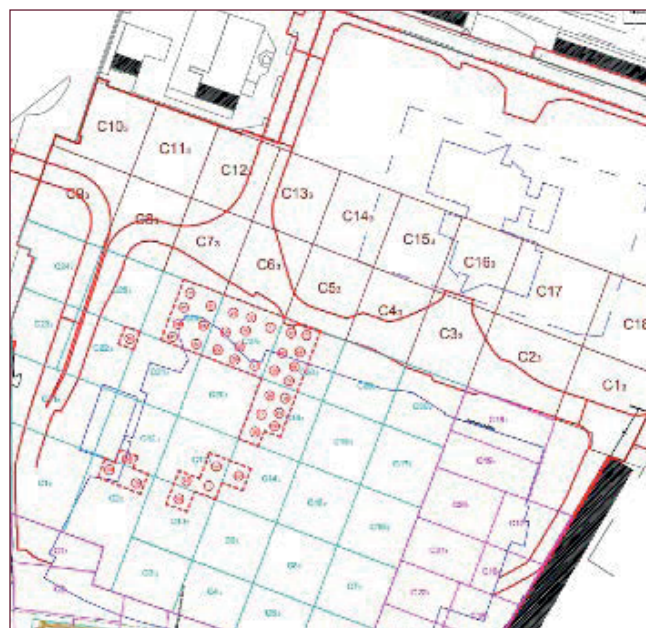


Figura 2 - Area contaminata da PCB.

### La scelta progettuale e la prova pilota.

Vista la impossibilità di smaltire i terreni ed i costi elevati ed insostenibili di altre tecnologie, la scelta è ricaduta sull'utilizzo di sistemi biologici per la degradazione dei PCB. L'obiettivo del trattamento è quello di riportare la contaminazione al di sotto dei 50 ppm in modo da rendere il rifiuto non pericoloso e smaltibile a costi sostenibili e, laddove possibile, arrivare al di sotto dei 5 ppm per rendere i terreni riutilizzabili in sito.

Alla base della scelta del sistema biologico vi sono le basi teoriche per la biodegradazione in ambiente aerobico dei PCB, descritte all'inizio. Si sono poi valutati i possibili partners: la scelta è ricaduta sull'azienda Eurovix di Cazzago San Martino (BS) che produce bioattivatori complessi enzimatico-microbici in grado di accelerare ed ottimizzare i processi di degradazione delle sostanze organiche in genere e che annovera già nel suo bagaglio esperienze sulla degradazione dei PCB in suoli.

Come ben noto, il fine ultimo dei trattamenti microbiologici è quello di convertire gli inquinanti organici biodegradabili in biomassa microbica e composti non tossici derivanti dal catabolismo microbico come anidride carbonica, acqua etc. I contaminati, infatti, vengono usati dalla microflora del terreno come substrato di crescita e quindi come fonte di energia. Per attuare un buon intervento di bioremediation occorre controllare vari parametri mantenendo una adeguata aerazione e grado di umidità, un equilibrato rapporto tra i nutrienti e la sostanza organica presente ed evitare condizioni estreme di pH e temperatura.

Il suolo presenta normalmente una microflora propria molto abbondante, la cui funzione principale è quella di consentire la chiusura dei cicli biogeochimici dei principali elementi (C, N, P, S) operando la trasformazione e la mineralizzazione della sostanza organica morta.

Le ampie differenze nella composizione dei suoli, insieme alle differenze delle loro caratteristiche fisiche, hanno come conseguenza differenze altrettanto ampie sia nella dimensione della popolazione microbica sia nei tipi di microrganismi che costituiscono questa popolazione.

Le condizioni che influenzano l'accrescimento microbiologico nel suolo sono molteplici: quantità e tipo di sostanze nutritive, umidità disponibile, grado di aerazione, temperatura, pH, tecniche ed interventi che immettono un gran numero di microrganismi nel suolo come inondazioni e concimazioni. Le variazioni delle condizioni climatiche possono favorire selettivamente certi tipi fisiologici e le interazioni fra ed all'interno delle specie microbiche hanno senza dubbio un effetto importante sui membri della popolazione. Nei suoli, i microrganismi

si organizzano in microcolonie i cui aggregati sono costituiti da materiale inorganico (quarzo, argilla, etc..) ed organico (acidi umici, etc..). Batteri, attinomiceti, funghi, alghe, protozoi costituiscono questo microbiota che può raggiungere un totale di miliardi di microrganismi per ogni grammo di terreno, se sussistono le condizioni ottimali (temperatura, umidità, disponibilità di ossigeno, nutrienti, etc.) (7, 8).

Le attività metaboliche essenziali per il trasferimento dell'energia, la biodegradazione e la biosintesi, sono dipendenti da un gran numero di specifici catalizzatori organici (enzimi) sintetizzati dai microrganismi stessi. Alcuni enzimi sono tipicamente coinvolti nei processi di trasferimento energetico (ossidazioni); altri consentono la trasformazione delle molecole durante i processi degradativi (depolimerizzazione, esterificazione, idrolisi, etc.) o di sintesi (metilazione, isomerizzazione, etc.).

Si è dunque optato per l'impiego di bioattivatori complessi in grado di inoculare ceppi microbici degradatori selezionati in natura operando contestualmente un'azione di stimolazione sulla flora microbica indigena, già pre-adattata allo specifico contesto, oltre ad attivare i complessi enzimatici. La scelta fra le varie tecnologie di trattamento è ricaduta sulle biopile. Prima di procedere alla redazione del progetto definitivo è stata condotta una prova in scala pilota, realizzata nel sito stesso, tesa alla verifica della fattibilità dell'intervento e di testare l'efficacia dei bioattivatori Eurovix. Allo scopo sono state allestite due biopile da 10 m<sup>3</sup> cadauna e sono stati dosati il bioattivatore Micropan Alfa POBs ed il nutriente Micropan Beta POBs.

Al fine di garantire il corretto contenuto di ossigeno, in questa fase, si è proceduto al rivoltamento dei terreni settimanalmente. All'inizio della prova è stata, inoltre, dosata acqua al fine di garantire un corretto grado di umidità che è stata stimata essere nel 40-60% della capacità di campo dei terreni. I risultati del test sono riportati nella tabella che segue:

	13.06.2013	25.06.2013	09.07.2013	24.07.2013
Biopila A	98,56 mg/kg	40,99 mg/kg	35,22 mg/kg	18,57 mg/kg
Biopila B	132,43 mg/kg	102,35 mg/kg	70,38 mg/kg	50,56 mg/kg

**Tabella 1 – Risultati della prova pilota.**

Alla luce dei risultati ottenuti, che hanno confermato la biodegradabilità per via aerobica dei PCB presenti nel terreno e l'efficacia dei prodotti utilizzati, si è passati alla fase esecutiva del progetto.

## Il progetto definitivo e la esecuzione delle opere

Il terreno è stato scavato con l'ausilio di un escavatore cingolato e sono stati eliminati meccanicamente, con una benna "grigliata", le frazioni grossolane. Il terreno è stato poi caricato su camion da circa 15 m<sup>3</sup> di carico e trasportato all'area predisposta per la realizzazione delle biopile.

Le biopile formate hanno sezione trapezoidale, altezza massima 2,5 m, mentre le altre dimensioni sono state determinate in funzione della disponibilità di spazio e della stabilità del cumulo da realizzare (70 x 15 m). Considerando che sono stati scavati circa 4.000 m<sup>3</sup> di terreno, tenendo conto del rigonfiamento dello stesso a seguito delle operazioni di scavo e delle perdite dovute alla selezione meccanica delle frazioni grossolane si è arrivati a determinare che il volume di terreno in gioco fosse realmente di 4.500 m<sup>3</sup> (dato peraltro confermato durante l'esecuzione delle opere), pertanto si è previsto di allestire quattro biopile ognuna delle quali con un volume di circa 1.150 m<sup>3</sup>. Fra una biopila e l'altra è stato lasciato lo spazio necessario al transito e all'azione mezzi d'opera. Durante la formazione della biopila si è proceduto all'inoculo delle miscele enzimatico-microbiche selezionate al fine di accelerare il processo di degradazione. L'inoculo dei bioattivi è stato eseguito con apposita attrezzatura. Infatti il prodotto si presenta in polvere e va diluito in acqua, questo permette di coprire la maggior superficie possibile del cumulo, ed inoltre di fornire un ulteriore apporto di umidità. È stato dosato insieme al bioattivatore il nutriente al fine di garantire il giusto rapporto fra nutrienti (C:N:P) ed il giusto apporto di microelementi.

L'ossigenazione delle biopile è stata garantita dall'esercizio di due soffianti, una per ogni due biopile, con portata di 250 Nm<sup>3</sup>/h ed adeguata prevalenza. Le stesse sono collegate ad una serie di tubazioni in HDPE fessurato di diametro 90 mm che corrono longitudinalmente alle biopile ed adeguatamente protette con una garza al fine di evitarne l'intasamento.

Per garantire la protezione dell'ambiente è stata predisposta la copertura del cumulo con un telo in LDPE, debitamente ancorato al fine di evitare percolazioni ed emissioni in atmosfera. Lo stesso telo è stato predisposto ad hoc per questa applicazione e presenta un inserto in materiale permeabile all'aria in modo da permettere la fuoriuscita dell'aria in eccesso.

Al fine di proteggere i terreni sottostanti è stato realizzato uno strato di protezione dal basso verso l'alto così composto:

- » geomembrana in HDPE da 2 mm;

- » tessuto non tessuto da 250 g/m<sup>2</sup> quale protezione della geomembrana;
- » sottofondo in materiale drenante (ghiaia e sabbia) posato con le adeguate pendenze (0,1%) in modo da garantire il deflusso degli eventuali liquidi di percolazione verso una canaletta di raccolta delle acque dello spessore di 0,15 m.

Inoltre sono state realizzate lungo il perimetro di ciascuna biopila delle canalette di scolo di eventuali acque di percolazione che vengono raccolte.

## Bibliografia

- [1] APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici - Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali, Settore Studi e Valutazione – Pubbl. "Diossine Furani e PCB" 02/2006: pp. 71.
- [2] Beaudette, L., Davies, S., Fedorak, P., Ward, O. and Pickard, M. 1998. Comparison of gas chromatography and mineralization experiments for measuring loss of selected polychlorinated biphenyl congeners in cultures of white rot fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 2020-2025.
- [3] Bedard, D.L., Unterman, R., Bopp, L.H., Breennan, M.J., Haberl, M.L. and Johnson, C. 1986. Rapid assay for screening and characterizing microorganisms for the ability to degrade polychlorinated biphenils. *Appl. Environ. Microbiol.* 51:762-767.
- [4] Bosco, F. and Ruggeri, B. 2003. Biodegradazione dei Bifenili Policlorurati. *Siti contaminati* 4:36-48.
- [5] Brignoli P. and Maggioni P. (2008). 1° European Turfgrass Society Conference, Pisa 19-20 maggio 2008 55- 56 – Elimination of Xenobiotic Pollutants with the Application of Bioremediation Technologies Applied in Soil Intended for Public Green Areas.
- [6] Grabe S. and Barron J., 2004. Sediment Contamination, by Habitat, in the Tampa Bay Estuarine System (1993–1999): PAHs, Pesticides and PCBs. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 91 N. 1-3: 105-144.
- [7] Kobayashi, H. and Rittmann, B.E. 1982 Microbial removal of hazardous organic compounds. *Environ. Sci. Technol.* 16(3) :170-183.
- [8] Maggioni P. and Brignoli P. (2008). Bonifica di un suolo contaminato da policlorobifenili (PCB) mediante tecnica di bioremediation assistita. *RS Rifiuti Solidi* – 6, 2008 413-421.

### Note sugli autori

\* Pierlorenzo Brignoli, Direttore R&D Eurovix S.p.A.

\*\* Amperio Cagalli, Libero Professionista, Explogeo s.a.s.

\*\*\* Massimo Di Martino, Libero Professionista, Responsabile Tecnico Bonifiche Eurovix S.p.A.