

BIORISANAMENTO: LA NUOVA FRONTIERA PER IL RECUPERO DEI SITI CONTAMINATI

di **Andrea Franzetti**, Università degli Studi di Milano-Bicocca e **Tatiana Stella**, M3R



Solo in Italia sono stati identificati circa 40.000 siti contaminati, mentre in Europa se ne stimano più di 2 milioni. Il risanamento dei siti contaminati rappresenta quindi una grande sfida per l'Europa e l'Italia. Uno degli approcci più promettenti è sicuramente il biorisanamento, un insieme di tecniche che sfruttano organismi viventi, quali microrganismi, piante o funghi, per la degradazione/trasformazione di sostanze contaminanti in suoli, acque e sedimenti. Queste tecnologie offrono un'alternativa sostenibile ai metodi chimico-fisici tradizionali, spesso più costosi e invasivi, contribuendo alla riduzione dell'impatto ambientale dei processi di bonifica. Il biorisanamento può essere applicato sia in situ che ex situ, rispettivamente senza movimentare la matrice contaminata e trattando la matrice altrove. I processi di biodegradazione possono avvenire naturalmente (Atenuazione Naturale), ma talvolta tali processi richiedono tempi lunghi non compatibili con i tempi della bonifica.



Pertanto, in alcuni casi, per aumentare l'efficienza ed accelerare il processo si ricorre a strategie di Biostimulation o Bioaugmentation, che consistono, rispettivamente, nella modifica di alcuni parametri che influiscono sulla crescita ed attività microbica (es. aggiunta di nutrienti) e nell'aggiunta di specifici consorzi microbici.

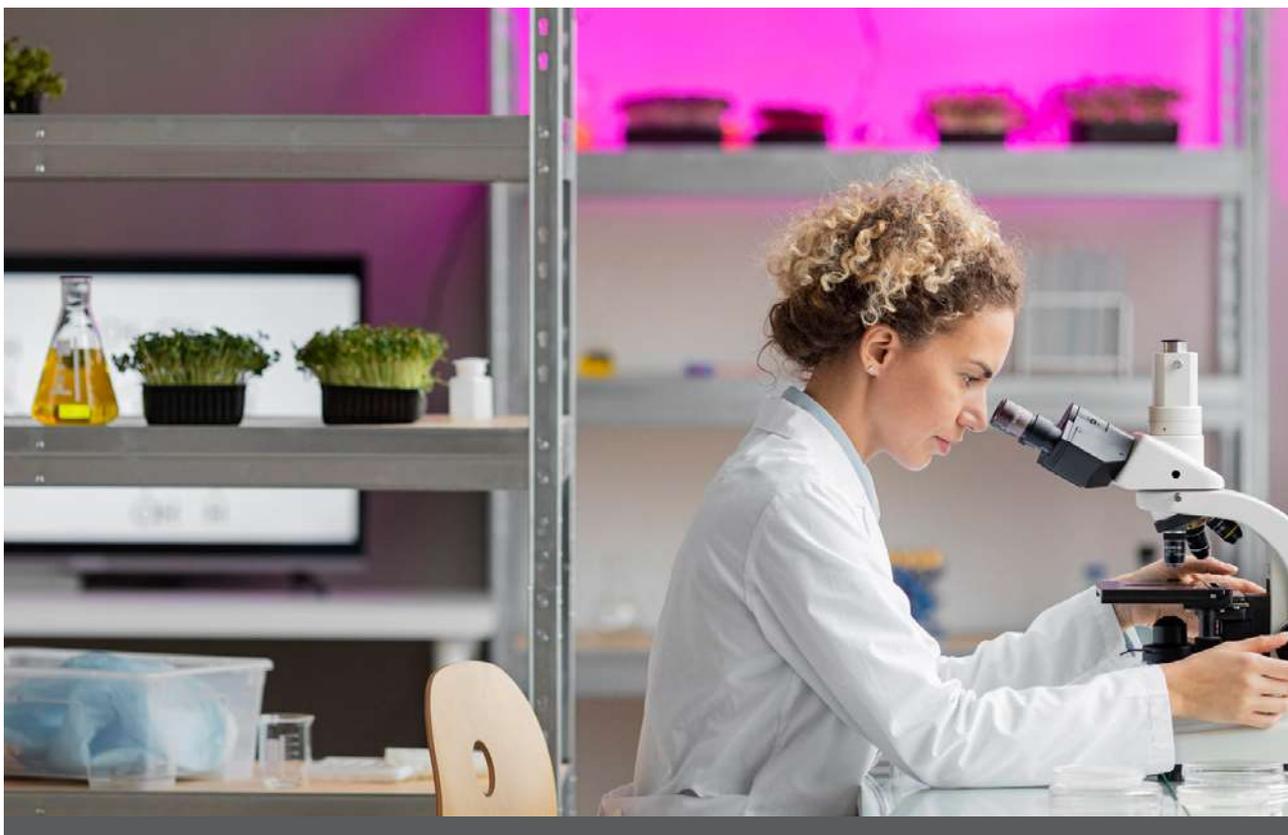
Tra le tecniche più comuni in situ, il Bioventing ed il Biosparging forniscono ossigeno ai microrganismi accelerando i processi di biodegradazione. Interessante anche il Fitorisanamento, che sfrutta la naturale capacità delle piante di degradare i contaminanti organici (Fitodegradazione) o di assorbire e sequestrare i metalli (Fitoestrazione). La tecnologia delle Biopile,

invece, rappresenta una delle tecniche ex situ più adottata per il trattamento di terreni contaminati da composti organici.

Nonostante i molti vantaggi, il biorisanamento presenta ancora alcune criticità che ne limitano la diffusione. Le due principali sono legate ai tempi del trattamento e alla certezza dell'efficacia. Il biorisanamento richiede mediamente

tempi maggiori delle tradizionali tecniche; in certi casi questo non si accorda con le esigenze di proprietari del sito e stakeholder. In aggiunta, le condizioni ambientali del sito e la presenza di contaminanti recalcitranti possono limitare l'efficacia dell'intervento.

La valutazione sito specifica dei fattori che limitano l'efficacia del trattamento, insieme al suo monitoraggio, richiedono elevate competenze specialistiche e tecniche di indagine avanzate. La continua ricerca ed un approccio multidisciplinare può rendere questi processi più sostenibili e adattabili alle esigenze specifiche dei siti contaminati. In questo campo le evoluzioni sono promettenti, soprattutto grazie allo sviluppo di nuovi approcci biotecnologici,



come ad esempio l'uso di nanoparticelle per veicolare enzimi o microrganismi o migliorare la disponibilità degli inquinanti. Inoltre, lo sviluppo delle scienze cosiddette omiche (genomica, trascrittomica, proteomica e metabolomica) ha un ruolo cruciale consentendo di indagare i meccanismi biologici coinvolti nel biorisanamento, identificando nuovi microrganismi o enzimi in grado di degradare inquinanti specifici. Proprio nell'ottica di un approccio multidisciplinare, l'integrazione di tecniche biologiche con trattamenti chimico-fisici offre un ampio ventaglio di soluzioni e sviluppo per superare alcune limitazioni del biorisanamento. Il supporto di normative stringenti ed iniziative di finanziamento sono lo strumento per accelerare questo percorso di sviluppo.

L'Unione europea, attraverso programmi come Horizon 2020 e Horizon Europe, ha destinato risorse significative alla ricerca e sviluppo di tecnologie di biorisanamento, puntando a raggiungere obiettivi di sostenibilità e bonifica ambientale in linea con il Green Deal europeo. Uno degli obiettivi è rendere questa tecnologia sempre più accessibile e competitiva rispetto alle tecniche tradizionali promuovendo la formazione di competenze specifiche. Per uno sviluppo rapido e consistente la collaborazione transnazionale è cruciale. Reti come NICOLE (Network for Industrially Co-ordinated Sustainable Land Management in Europe) promuovono la cooperazione tra industria, università e istituzioni governative per affrontare le sfide legate alla decontaminazione.

UNO DEGLI APPROCCI PIÙ PROMETTENTI È IL BIORISANAMENTO: UN INSIEME DI TECNICHE CHE SFRUTTANO ORGANISMI VIVENTI (MICRORGANISMI, PIANTE O FUNGHI), PER LA DEGRADAZIONE E TRASFORMAZIONE DI SOSTANZE CONTAMINANTI.

QUESTE TECNOLOGIE OFFRONO UN'ALTERNATIVA SOSTENIBILE AI METODI CHIMICO-FISICI TRADIZIONALI, SPESSO PIÙ COSTOSI E INVASIVI, CONTRIBUENDO ALLA RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI PROCESSI DI BONIFICA