

## PHYTOREMEDIATION

Il **Vetiver** può essere utilizzato efficacemente per progetti di “*phytoremediation*”. Nel seguito viene descritta la phytoremediation, mentre in allegato si riporta una nota tecnica sul **VETIVER** come pianta per la decontaminazione e rinaturalizzazione dei suoli inquinati con i risultati delle prove condotte dal **Vetiver Network** in Australia.

Con il termine di phytoremediation (che potrebbe essere tradotto in italiano come “fitorisanamento”) si fa riferimento all’intera famiglia di trattamenti di risanamento di siti inquinati che vengono ottenuti per azione diretta di specie vegetali viventi che sono in grado di degradare, estrarre o immobilizzare i contaminanti presenti nei suoli e nelle acque. Queste possono essere utilizzate per risanare siti contaminati tanto da metalli e radionuclidi quanto da composti organici pericolosi quali pesticidi, solventi ed idrocarburi policiclici aromatici.

I processi di degradazione sono processi distruttivi che riguardano composti organici clorurati o meno e vengono favoriti dalla presenza delle piante. Essi possono essere dovuti ad azione batterica (rhizodegradation) o azione diretta delle piante (phytodegradation). Nel primo caso essi hanno luogo a livello della rizosfera (cioè della parte di terreno prossima agli apparati radicali), dove si determina una concentrazione batterica di uno o due ordini di grandezza superiore rispetto a quella che si registra nei suoli privi di apparati radicali, favorita da processi biochimici (simbiosi, presenza di nutrienti e di enzimi rilasciati dalle piante) o chimico-fisici (adesione batterica). Nel secondo caso è lo stesso metabolismo della pianta che determina la detossificazione degli inquinanti come nel caso del tricloroetilene (TCE) ad opera delle piante di pioppo che assumono il carbonio per il proprio metabolismo rilasciando i soli cloruri nell’ambiente esterno.

I processi di estrazione e concentrazione si basano invece sulla capacità che alcune piante (le cosiddette “iperaccumulatrici”) hanno di estrarre dal sito i contaminanti concentrandoli nelle parti aeree (fusto e foglie) destinate alla raccolta (phytoextraction) o nelle radici (rhizofiltration). Il processo di decontaminazione si basa pertanto sulla concentrazione degli inquinanti nelle biomasse vegetali con conseguente smaltimento controllato e, laddove possibile, recupero. I contaminanti tipici che possono essere estratti dai terreni e concentrati nelle piante sono i metalli pesanti e i radionuclidi. Famoso al riguardo è il caso dei cosiddetti “girasoli di Chernobyl”, in grado di sequestrare elevati quantitativi di uranio, cesio e stronzio soprattutto nelle radici.

Altri processi di estrazione non portano alla concentrazione degli inquinanti nei tessuti delle piante ma alla loro volatilizzazione o traspirazione nell’atmosfera attraverso la pianta (phytovolatilization). Questo è il caso di taluni composti organici nonché del mercurio in alcune applicazioni sperimentali con piante geneticamente modificate allo scopo. Nel caso specifico non è stato ancora pienamente affrontato il tema delle conseguenze del trasferimento diretto degli inquinanti (seppur chimicamente trasformati ed in concentrazioni ridotte) dai terreni all’atmosfera.

I processi di immobilizzazione o stabilizzazione consistono nell’utilizzo di certe specie vegetali per immobilizzare gli inquinanti (solitamente metalli) nel terreno attraverso l’assorbimento e

conseguente accumulo nelle radici, adsorbimento sulle radici o precipitazione nella rizosfera (phytostabilization). Tali processi riducono la mobilità dei contaminanti e ne prevengono la migrazione nelle acque sotterranee e la biodisponibilità (e di conseguenza il possibile ingresso nella catena alimentare), ma in genere richiedono terreni ad alto contenuto organico e non comportano la definitiva rimozione degli inquinanti che, pur immobilizzati, rimangono in situ. Ne deriva pertanto qualche dubbio applicativo qualora debbano essere rispettati limiti restrittivi di qualità dei suoli.

Un ulteriore importante ruolo giocato da talune piante è quello di fungere da “pompe idrauliche” e riguarda il contenimento della lisciviazione degli inquinanti nelle acque sotterranee. Tale fenomeno è tipico di piante caratterizzate da elevati tassi di evapotraspirazione che consentono di invertire il naturale flusso delle acque meteoriche, impedendone la percolazione verso la falda o comunque limitandola in modo consistente.

Di tutte le applicazioni descritte alcune sono ormai sviluppate alla scala applicativa (phytoextraction, phytostabilization e rhizodegradation), mentre altre richiedono ancora informazioni sperimentali anche con riferimento all’efficacia globale di bonifica (cioè avendo tenuto conto anche degli effetti sull’atmosfera e relativi allo smaltimento di sottoprodotti).

La phytoremediation è quindi una tecnologia innovativa che annovera tra i suoi vantaggi il fatto di essere una tecnica:

- ✓ di risanamento in situ, cioè applicabile direttamente laddove si è prodotta la contaminazione, con minimizzazione dei rischi e dei costi dell’asportazione e del trasporto dei terreni contaminati in altro sito;
- ✓ del tutto naturale, cioè sostanzialmente alimentata ad energia solare, con limitati se non nulli ulteriori input energetici, e che non fa generalmente uso di sostanze chimiche pericolose;
- ✓ che determina una considerevole riduzione degli eventuali rifiuti da smaltire anche in considerazione del fatto che il terreno contaminato non viene rimosso;
- ✓ economica a parità di prestazioni rispetto ad altre tecnologie alternative soprattutto nel caso in cui l’area interessata dalla contaminazione sia molto vasta;
- ✓ che può essere utilizzata come trattamento di affinamento a valle di altre tecniche adatte per maggiori concentrazioni inquinanti;
- ✓ esteticamente gradevole.

Tipiche limitazioni all’utilizzo della phytoremediation sono:

- ✓ l’applicabilità a siti che presentano livelli di contaminazione sufficientemente limitati e a bassa profondità rispetto al piano campagna, comunque non superiore alla massima profondità esplorabile dalle radici delle essenze vegetali utilizzate;
- ✓ la durata piuttosto lunga degli interventi di risanamento (funzione del tasso di crescita delle specie vegetali) rispetto a quella di altre tecniche di risanamento più intensive.

Come si può intuire, la phytoremediation ben si adatta al caso della bonifica dei siti inquinati prevista dal D.M. 471/1999 (“Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell’articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni” pubblicato sul S.O. n. 218 della G.U. n. 293 del 15 dicembre 1999) poiché è una tecnica che ben soddisfa alcuni dei requisiti di carattere generale riportati nell’Allegato 3 al decreto stesso ed in particolare i punti sotto elencati:

- a) privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente la concentrazione nelle diverse matrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- b) privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito, trattamento in-situ ed on-site del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- (...)
- h) per la messa in sicurezza permanente privilegiare gli interventi che permettono il trattamento dei rifiuti, per ridurne sia il volume che gli effetti di tossicità;
- (...)
- p) salvaguardare le matrici ambientali presenti nel sito e nell'area interessata dagli effetti dell'inquinamento ed evitare ogni aggiuntivo degrado dell'ambiente e del paesaggio.

Processo	Meccanismo depurativo	Applicabilità	Contaminanti	Stato applicazioni
Phytodegradation	Distruzione contaminanti	Terreni Sedimenti Fanghi Acque sotterranee Acque superficiali	Composti organici Solventi clorurati Fenoli Erbicidi Esplosivi	Dimostrativo
<i>Phytoextraction</i>	Estrazione e concentrazione contaminanti	Terreni Sedimenti Fanghi	Metalli (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) <sup>1</sup> Semimetalli (As, Se) Non metalli (B) Radionuclidi (Sr, Cs, Pu, U)	Scala reale
<i>Phytostabilization</i>	Immobilizzazione contaminanti	Terreni Sedimenti Fanghi	Metalli (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn)	Scala reale
<i>Phytovolatilization</i>	Estrazione e volatilizzazione contaminanti	Terreni Sedimenti Fanghi Acque sotterranee	Solventi clorurati Composti inorganici (Se, Hg, As)	Scala reale
<i>Rhizodegradation</i>	Distruzione contaminanti	Terreni Sedimenti Fanghi Acque sotterranee	Composti organici Solventi clorurati Pesticidi	Scala reale
<i>Rhizofiltration</i>	Estrazione e concentrazione contaminanti	Acque sotterranee Acque superficiali	Metalli Radionuclidi	Pilota

**ALLEGATO 1:****IL VETIVER COME PIANTA PER LA DECONTAMINAZIONE E RINATURALIZZAZIONE DI SUOLI INQUINATI****Tabella relativa alla tolleranza del VETIVER ai principali tipi di inquinanti nel suolo**

Prova effettuata	Condizioni di prova	Giudizio globale
Tolleranza al manganese in suolo acido	Mn nel suolo 578 mg/kg, pH del suolo portato da 3.3 a 8.0 con aggiunta di S e di CaCo <sub>3</sub>	Ottima
Tolleranza all'alluminio in suolo acido	Concentrazione di saturazione di Al nel suolo 68%, pH 3,8	Ottima
Tolleranza alla salinità del suolo	Salinità da 3.85 a 44.59 deciSiemens/metro	Ottima
Tolleranza ad elevati livelli di alcalinità e al suolo fortemente sodico	Percentuale di Sodio scambiabile 33% (al 15% il suolo è fortemente sodico)	Ottima
Tolleranza ai metalli pesanti	Vedi tabella relativa	Ottima

**Tabella relativa alla tolleranza del VETIVER alla presenza nel suolo di metalli pesanti**

Metallo	Concentrazione che riduce la resa della crescita di VETIVER in modo significativo (50%) in mg/kg	Concentrazione considerata in assoluto tossica nel suolo in mg/kg per tutti i tipi di pianta	Concentrazione massima assoluta accettata nel suolo rispetto alla vita di flora e fauna (es. Australia) in mg/kg	Concentrazione massima assoluta accettata nel suolo rispetto alla vita umana (es. Australia) in mg/kg	Giudizio globale
Arsenico	250	2,5	20	100	Ottimo
Cadmio	60	1,5-3	3	20	Ottimo
Rame	50-100	0,5-8	60		Ottimo
Cromo	600	0,5-10	50		Ottimo
Nickel	100	7-10	60		Ottimo
Manganese	578		500		Ottimo
Alluminio	Dati per pH 3,8 e % di saturazione 68%				Ottimo
Mercurio	Dati analitici mancanti		1		Ottimo
Selenio	Dati analitici mancanti				Ottimo
Piombo	Dati analitici mancanti		300	300	Ottimo
Zinco	Dati analitici mancanti		200		Ottimo

**Prove di riabilitazione con il VETIVER di terreni contaminati e risultati ottenuti**

Tipo di contaminazione	Condizioni di prova	Giudizio globale
Contaminazione da metalli pesanti (As, Cd, Cr, Hg)	Area di 3x20 m, pendenza del terreno del 70%, filari distanti 0,5 m uno dall'altro, aggiunta di Azoto e Fosforo ne terreno	Ottimo, erosione bloccata, vegetazione locale si è estesa naturalmente sui filari. Poi sono state piantate piante indigene
Contaminazione con Solfato acido	Argini di canali di scolo, pH iniziale di 3,5, aggiunta di DAP nel terreno (300 kg/ha)	Crescita vigorosa
Terreno di copertura di miniere di carbone e d'oro	Suolo sodico ed alcalino, pendenza 20%	Crescita vigorosa, attecchimento di specie indigene
Scarti di miniere di carbone	Diga superficie 23 ha, strato salino molto sodico, alti livelli di S, Mg e Ca solubili, prova di confronto con altre 4 specie di piante	Ottimo, crescita migliorata con la pacciamatura ed il fertilizzante, 10 volte rispetto alle altre piante
Scarti di miniere d'oro	Scarti freschi alcalini (pH 8) e vecchi molto acidi (pH 2,7), suoli privi di nutrienti, aggiunta di calce su entrambi i tipi di suolo da 10 a 40 t/ha)	Ottimo, crescita migliorata con l'aggiunta di fertilizzante DAP

Fonte: Prove condotte in Australia dal Vetiver Network