

*Il quadro delle attività di bonifica dei siti contaminati: soluzioni e costi*

**Giovanni Pietro Beretta – Dipartimento di Scienze della Terra “Ardito Desio”, Università degli studi di Milano**

**giovanni.beretta@unimi.it**

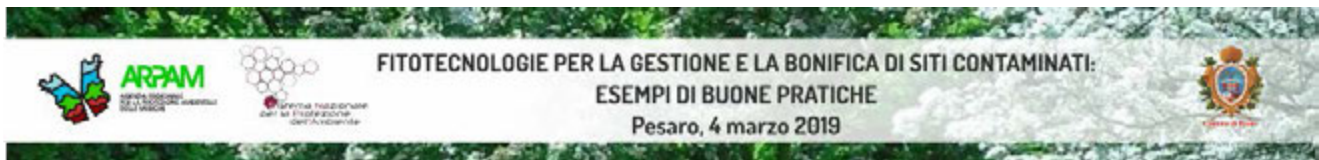
**Viene proposta una sintesi sulla presenza dei siti nazionali e regionali interessati da attività di bonifica di suoli ed acque, con riferimento anche alla Regione Marche.**

**Si illustrano i contaminanti presenti nei suoli e nelle acque sotterranee a livello nazionale ed europeo che sono interessati da interventi di decontaminazione; tali sostanze sono considerate anche per quanto riguarda gli USA, dove la bonifica dei siti contaminati è diffusa dagli anni ottanta del secolo scorso e si sono sperimentate per larga parte le nuove metodologie di caratterizzazione e di bonifica.**

**Si individuano poi gli interventi maggiormente praticati (dalla messa in sicurezza alla bonifica) e la tendenza alla loro maggiore applicazione per quanto riguarda interventi in situ, in quanto con questo approccio non si opera un trasferimento dei contaminanti, ma un loro trattamento chimico, fisico e biologico.**

**Sono poi illustrati alcuni interventi che si sono attuati di messa in sicurezza con barriere fisiche, idrauliche e reattive e con interventi innovativi come l'ossidazione chimico in situ, il desorbimento termico in situ e il biorisanamento, con i relativi costi sostenuti.**

**Viene infine proposta una possibile stima dei costi unitari di trattamento con metodi tratti dalla letteratura internazionale e da esperienze nazionali, nonché una indicazione circa la sostenibilità di investimenti per il recupero e il riutilizzo delle aree bonificate, a seconda della loro destinazione d'uso ed il contributo dei finanziamenti pubblici per affrontare il problema delle aree dismesse e abbandonate.**



*Le bonifiche delle discariche fuori norma nel quadro dell'economia circolare: strategie di intervento*

**Giuseppe Vadalà**

**Segreteria Commissario Straordinario per la realizzazione degli interventi necessari all'adeguamento alla normativa vigente delle discariche abusive presenti sul territorio nazionale.**

**Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari Carabinieri**

**Il risanamento del territorio nazionale è un'opera di prevenzione finalizzata alla salubrità dell'ambiente, alla salute dell'uomo e anche per l'equilibrio idrogeologico dei versanti. Per questo si tratta di un'attività strategica per il Paese in quanto dopo un intenso sviluppo economico è necessario ora risanare, rimodellare e recuperare quelle parti di territorio degradate.**

**Per questo il recupero delle discariche abusive attraverso la bonifica integrale, la messa in sicurezza o la decontaminazione è attività essenziale da porre in atto attraverso un impegno economico notevole di fondi dello Stato a prevenire futuri disastri, disagi e pericoli attraverso somme di investimento per il futuro in quanto "La Terra non cresce" è unica e non rigenerabile e quindi da tutelare.**

**Il Commissario Straordinario di Governo è intervenuto da 24 mesi dal 22 marzo 2017 a risanare gli 80 siti assegnati e a dover eliminare rapidamente e "bene" la sanzione comminata con sentenza della Corte di Giustizia dell'Unione Europea del 2 dicembre 2014.**

**In 24 mesi sono stati risparmiati ad oggi €10.200.000,00 di sanzione.**

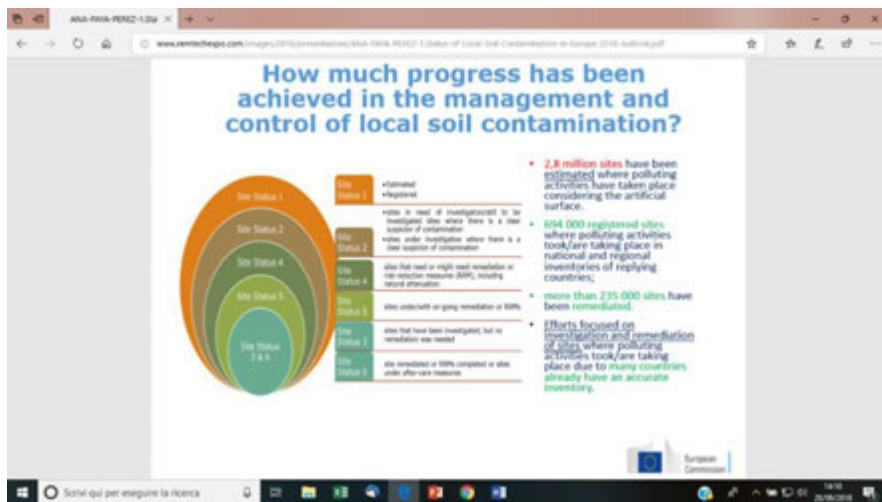
**Accanto all'opera risanatrice è indispensabile affiancare l'attività di accertamento delle responsabilità e di rispetto della legalità negli iter amministrativi delle gare e dei valori tecnico-scientifici di disinquinamento, per questo sono stati siglati fra i 26 protocolli, quello di Legalità con il Ministero dell'Interno, quello con la Direzione Nazionale Antimafia e quello con l'Autorità Nazionale Anti Corruzione, inoltre è stato messo a punto il Piano Triennale di Prevenzione della Corruzione e la Banca Dati di legalità, tutti presidi per prevenire le infiltrazioni della criminalità nei lavori.**

**Aumentando la legalità si aumenta la concorrenza e le migliori pratiche espresse dagli imprenditori e dagli Enti di ricerca nazionali. Si sta perseguendo questo alto obiettivo attraverso la collaborazione delle Istituzioni Centrali e Territoriali, gli Enti di ricerca, le Associazioni, i cittadini. Con questa modalità l'Ufficio del Commissario di Governo è servente le Istituzioni per la missione assegnata nell'interesse del nostro Paese.**

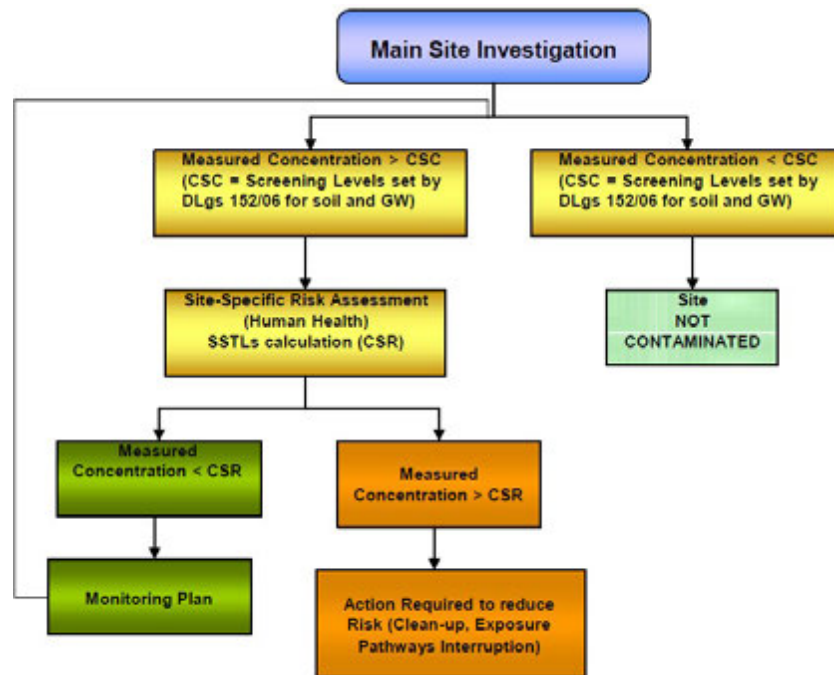
**D.SSA SILVIA PAPARELLA – REMTECH EXPO  
L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA NELLA GREEN ECONOMY**

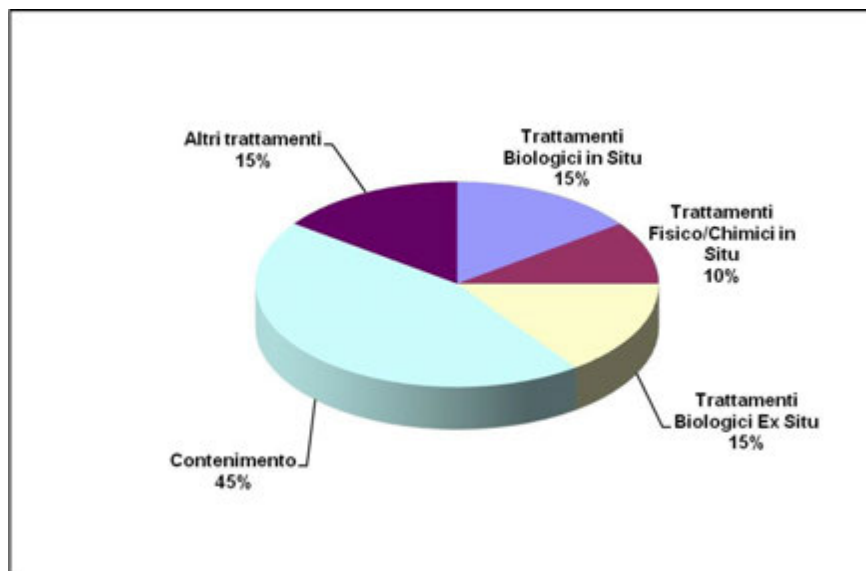
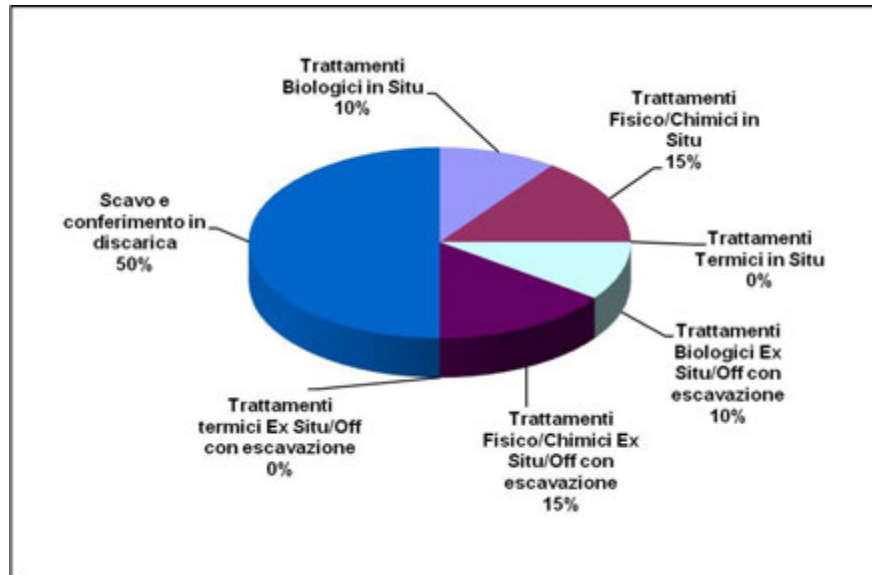
**Status of Local Soil Contamination in Europe and outlook**

- No comprehensive EU soil legislation: soil protection is addressed partly by other EU policies
- **Absence of EU standards: MS apply their own risk approach & some MS have a solid legal basis on soil contamination while others do not have national legislation**
- Inventory of soil-related policies at EU and national level in 2015 launched by the Commission  
Review of 35 EU and 671 national policy instruments  
across EU-28 Member States  
Gap analysis by clusters
- **In absence of comprehensive soil legislation, soil is not subject to a coherent set of rules in the EU. No binding EU targets, but some MS have national values**
- Protection and sustainable use of soil is scattered in different Community policies contributing in various degrees to soil protection
- Lack of common definitions across EU policies
- Some definitions at global level (Sustainable Soil Management, LDN) but not binding and not integrated in EU policies
- No obligation to monitor contaminants



Legislative Decree 152/2006 "Environmental regulations" and s.m.i. (part four, title V) has reorganized the provisions on the subject by profoundly modifying the procedure of the remediation works and has changed the tabular approach contemplated by the previous D.M. 471/99 establishing two levels of threshold concentration of pollutants that must be considered in environmental matrices and which different modalities of intervention correspond to: CSC, contamination threshold concentrations and CSR, risk threshold concentrations.



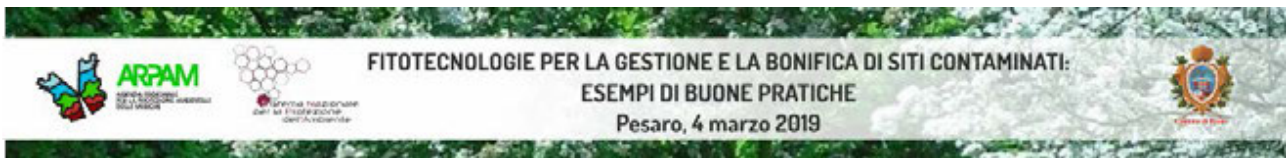


### What is innovation?

- *"Innovation is the applied dimension of an invention or a discovery"* by Austrian economist Joseph A. Schumpeter in 1911.
- **The engine of innovation is Ethics:** the desire to serve man and to produce something good and beautiful.
- **The concept of innovation refers to a process (or a product) capable of ensuring a collective benefit and it is therefore related to social progress.**
- **Basic research** is not linked to the already existing market, but rather aims to open the door to new markets and it is usually characterized by a rather low yield and always new life cycles.
- On the contrary, **the development project** is strongly connected to the existing market. It is distinguished by a higher probability of success compared to basic research and an unique but constantly evolving life cycle.

- As part of the research, more the work team is well organized, better will be the result of innovation. This is the reason why there are often collaborations between private companies and between these and universities and research centers.





## **Gestione dell'Anagrafe dei Siti Inquinati - Sistema Informativo Regionale Siti Inquinati (SIRSI)**

**Manrico Marzocchini Dr.ssa Claudia Virgini**

**ARPAM – ARSBD.**

L'Anagrafe regionale dei siti da bonificare ha lo scopo di gestire tutti i dati ambientali, amministrativi e finanziari inerenti alle problematiche dei siti contaminati e di svolgere un'azione di supporto per la gestione e la pianificazione delle operazioni necessarie per l'eliminazione delle sorgenti dell'inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti in armonia con i principi e le norme comunitarie.

E' stata introdotta nella normativa nazionale con l'emanazione del Decreto Ronchi (D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, articolo 17, comma 12) poi sostituito integralmente dal D.Lgs. 152/2006.

Al fine dell'aggiornamento tempestivo e costante dell'Anagrafe regionale dei siti da bonificare è stato realizzato da A.R.P.A.M. il Sistema Informativo Regionale Siti Inquinati (S.I.R.S.I) predisposto su piattaforma WEB.

Le principali finalità del sistema di gestione sono quelle di:

- i. avere a disposizione dati omogenei, aggiornati e validati in merito allo stato di tutti i siti presenti nel *data base*;
- ii. mettere a disposizione un percorso guidato per l'utente che compila e trasmette i dati in base alla fase dell'iter amministrativo raggiunto;
- iii. geolocalizzare i siti e le relative perimetrazioni con creazione di un WEB Gis.

I soggetti obbligati alla notifica, accedendo al sito web: [sirsi.ambiente.marche.it](http://sirsi.ambiente.marche.it), sono tenuti al costante aggiornamento dei dati seguendo le tappe previste dall'iter amministrativo definito dai diversi livelli procedurali e progettuali.

Il sistema informativo S.I.R.S.I. è strutturato in "sezioni procedurali", ognuna delle quali segue le fasi previste dal D.Lgs. 152/06, Parte IV, Titolo V, dalla notifica all'avvenuta bonifica, la cui compilazione segue una procedura gestionale chiara e rigorosa.

I dati da inserire sono di natura amministrativa, tecnica e finanziaria

Il soggetto notificatore con le opportune credenziali dovrà accedere al S.I.R.S.I. ed inserire almeno tutte le informazioni obbligatorie richieste dal software. Al termine della compilazione di ogni sezione procedurale (*Notifica, Autocertificazione, Piano della Caratterizzazione, Analisi di Rischio - Sito Specifica, Progetto Operativo di Bonifica, Piano di Monitoraggio*), verrà generata una scheda in formato PDF, da firmare e trasmettere agli enti per la successiva validazione.

Il report prodotto in seguito alla *Notifica* del sito, trasmesso con le modalità previste dalla DGR 1104 del 06/08/2018, avrà il valore di Notifica ai sensi degli art. 242/242 bis/249 del D.Lgs 152/06 e s.m.i.. Le successive schede, generate nelle fasi relative alle sezioni procedurali, *Piano della Caratterizzazione, Analisi di Rischio, Progetto di Bonifica, Piano di monitoraggio in procedura ordinaria e presentazione del Progetto in procedura semplificata*, sono allegate ad ogni documento progettuale ai fini della loro presentazione in sede di Conferenza dei Servizi.

Con la Determina di approvazione di ogni fase progettuale verranno validate ed ufficializzate anche le relative Schede Anagrafe allegate.

Presso l'A.R.P.A.M.- Dipartimento di Ancona, è stato istituito un centro di gestione, coordinamento e assistenza utenti per l'utilizzo del S.I.R.S.I. denominato A.R.S.B. (Anagrafe Regionale Siti da Bonificare).

Le Linee Guida per la gestione dell'Anagrafe dei siti inquinati sono state adottate ufficialmente dalla Regione Marche con DGR n° 1104 del 06/08/2018. La suddetta delibera

accompagna gli utenti e gli enti amministrativi nelle modalità applicative di ogni fase dell'iter procedurale previsto dal D.Lgs 152/06 e s.m.i.. Le specifiche funzioni di ARPAM – ARSB sono indicate nella Sez.II della Delibera.

Ad oggi il data base gestisce circa 1000 siti notificati di cui 450 hanno concluso l'iter di bonifica.

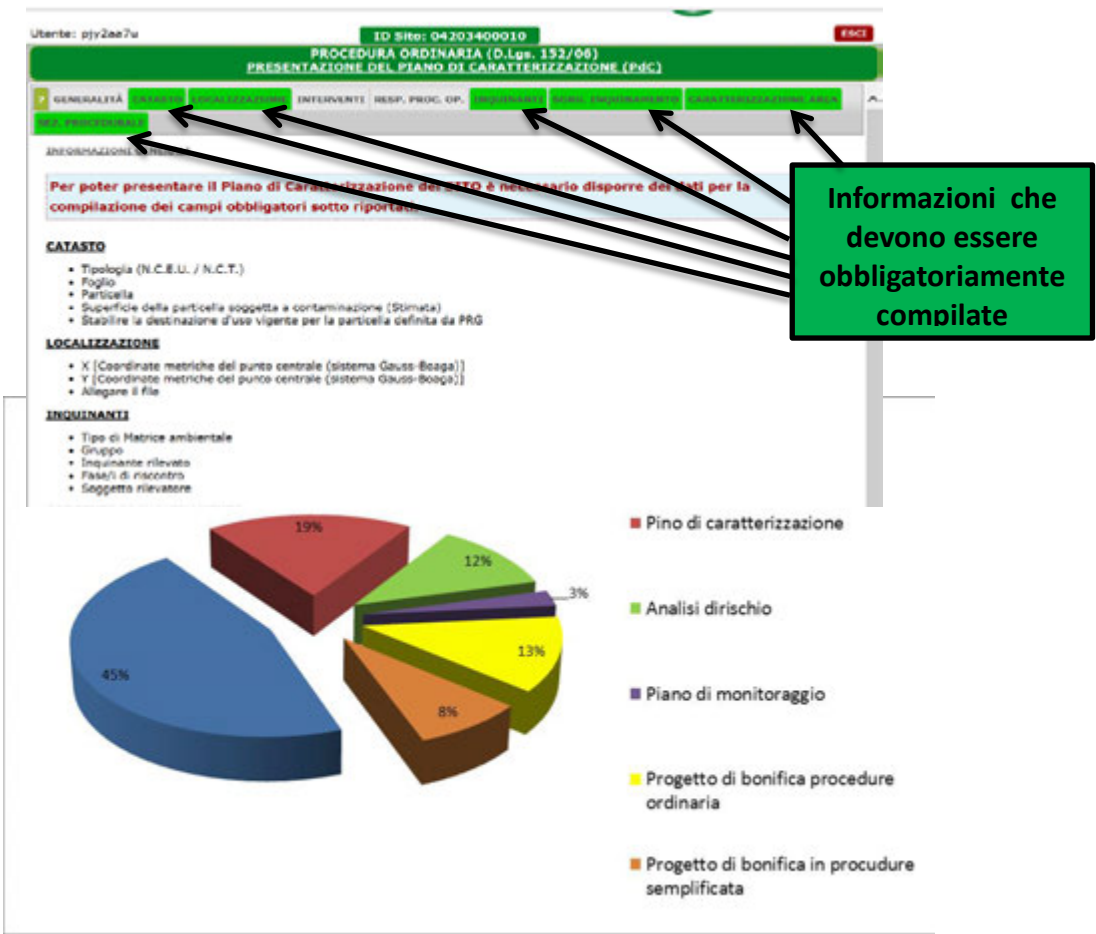


Fig.1 Divisione percentuale per iter amministrativo dei siti con procedura aperta.



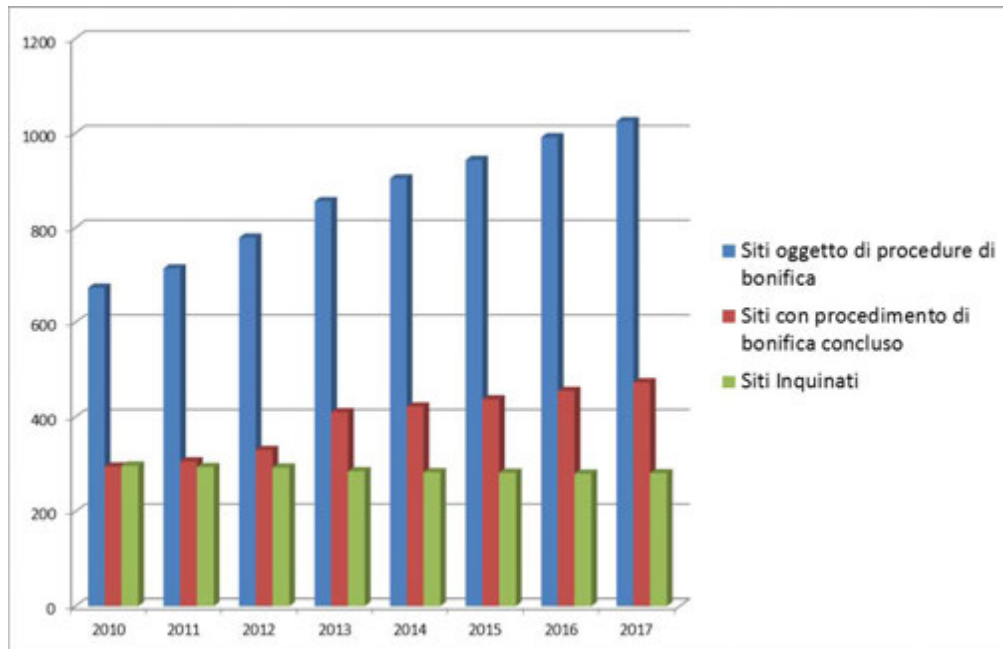


Fig.2 Andamento temporale del numero dei procedimenti dal 2010 al 2017

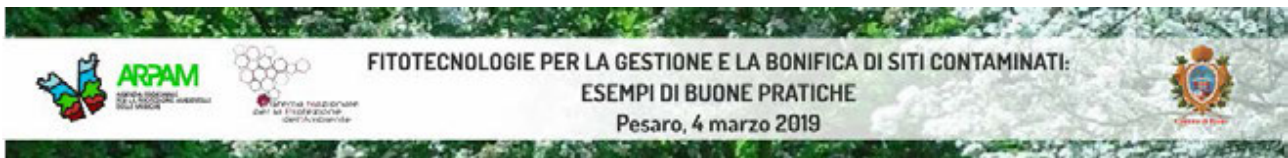
ARPAM – ARSB

Dr. Manrico Marzocchini - tel. 071.28732766

Dr.ssa Claudia Virgini - tel 071.28732775

mail: [info.sirsi@ambiente.marche.it](mailto:info.sirsi@ambiente.marche.it)

Dipartimento ARPAM Ancona pec: [arpam.dipartimentoancona@emarche.it](mailto:arpam.dipartimentoancona@emarche.it)



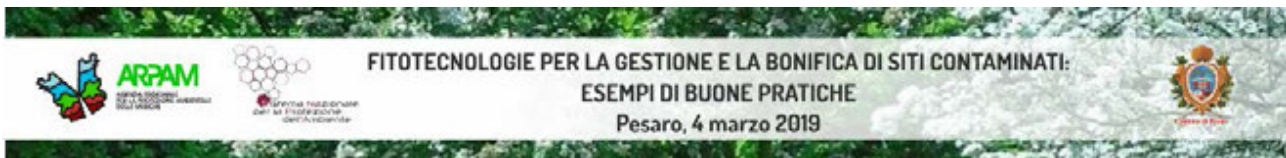
*Sostenibilità ambientale e bonifica: il quadro normativo e gli interventi di fitorimediazione.*

**Andrea Sconocchia**

**Comitato Scientifico REMTECH; Resp.le GdL Fitorimediazione RECONNET**

Dopo un primo periodo emergenziale e caratterizzato da scarsa maturità culturale, gli interventi di bonifica dei siti contaminati sono sempre più orientati a tenere in considerazione gli aspetti di sostenibilità. Un intervento di bonifica o di messa in sicurezza, sebbene finalizzato a ottenere un miglioramento ambientale, non risulta privo di impatti che, in alcune circostanze potrebbero portare a ricadute rilevanti su alcune matrici ambientali.

Questo ha stimolato la ricerca ed applicazione di tecniche di intervento identificabili come “gentle remediation” che pongono una grande attenzione al contesto e agli aspetti globali di impatto; tra queste le fitotecnologie sono quelle che maggiormente hanno avuto riscontro. Confrontando i requisiti di legge, contenuti negli allegati del D.Lgs. 152/06 si può avere evidenza chiara di come questo tipo di approccio risponda pienamente a molti dei requisiti richiesti per la scelta delle migliori modalità di intervento; inoltre l’applicazione di modelli di sostenibilità, come ad esempio l’LCA, evidenziano le alte performances degli interventi “Pyto”.



### *Il fitorimedio: un approccio sostenibile basato sui processi funzionali delle piante*

Paolo De Angelis,  
DIBAF – Università degli Studi della Tuscia

Lo sviluppo industriale ha spesso lasciato passività ambientali in territori sensibili, che oggi reclamano un ripristino spesso costoso e di difficile realizzazione. In particolare, le aree ormai marginali allo sviluppo industriale ma prossime alle aree urbane o a quelle agricole, sono quelle che più necessitano di soluzioni indirizzate al ripristino della piena funzionalità ecologica, capaci cioè di generare una molteplicità di servizi ecosistemi a sostegno di un nuovo sviluppo sostenibile.

In questi contesti, anche la scelta della tecnologia di bonifica deve inevitabilmente tenere in grande considerazione la sostenibilità ambientale e sociale del processo. A questo proposito, le fitotecnologie applicate alla bonifica (phytoremediation) di siti contaminati, possono rappresentare una soluzione sostenibile, economica e socialmente accettata. Con la copertura vegetale è inoltre possibile attivare ulteriori funzioni importanti, quali: il controllo dell'erosione, la riduzione dell'inquinamento atmosferico, la regolazione delle acque superficiali e profonde, l'assorbimento di gas serra, la conservazione della biodiversità, nonché un ruolo paesaggistico e una funzione ricreativa. Tuttavia, questa tecnologia è altamente sito-specifica e dipende dalle variabili ambientali.

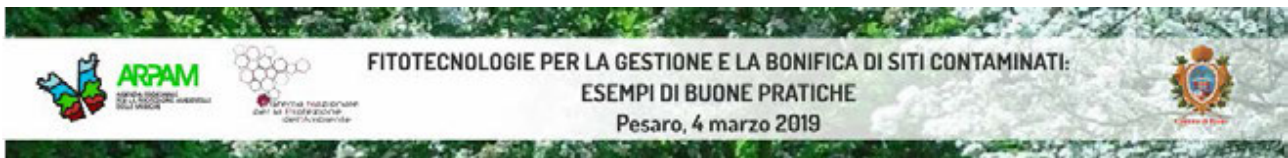
L'azione che le piante svolgono per la bonifica/MISP di siti contaminati è strettamente dipendente dalla dinamica dei principali processi fisiologici: fotosintesi, evapotraspirazione, crescita e sviluppo. Inoltre, le condizioni ambientali che controllano tali dinamiche regolano anche le interazioni fra le piante e le comunità microbiche, della rizosfera, del suolo, delle acque superficiali.

La scelta delle specie/cloni, la loro disposizione e la preparazione del sito, devono tenere conto del modello concettuale derivante dalla caratterizzazione, dei target di bonifica/MISP e da una attenta strategia di sostenibilità economica e sociale.

È possibile quindi utilizzare sistemi vegetali, temporanei o permanenti, per ridurre il trasferimento dei contaminanti verso target sensibili ovvero per favorirne la degradazione o rimozione.

I limiti di azione, nello spazio e nel tempo, dei sistemi fitotecnologici applicati alla bonifica, devono essere attentamente valutati nelle prime fasi di definizione del progetto, che potrà anche prevedere mix di tecnologie integrate fra loro (in serie o in parallelo).

Scopo dell'intervento è quello di introdurre le basi funzionali del fitorimedio, i limiti e i benefici indiretti che ne determinano la sostenibilità ambientale.



### *Fitotecnologie per la bonifica e riqualificazione in aree industriali*

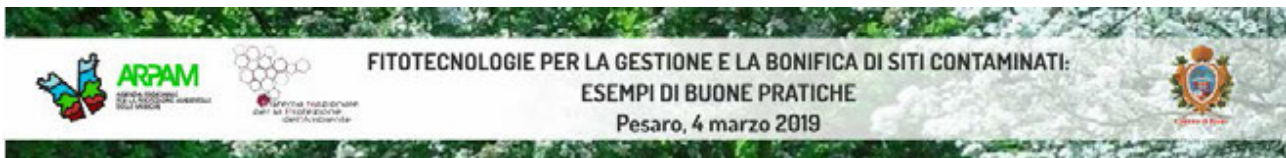
**Luca Marchiol**

**DI4A - Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali, Università degli Studi di Udine Via delle Scienze 206, 33100 Udine. [marchiol@uniud.it](mailto:marchiol@uniud.it)**

**Negli ultimi anni grazie allo sviluppo delle conoscenze il concetto originario di fitorimediazione si è evoluto verso una forma più ampia. Oggi parliamo più propriamente di fitotecnologie per indicare modalità di utilizzo delle piante in aree contaminate per la rimozione o degradazione dei contaminanti del suolo, ma anche in contesti più ampi per minimizzare i rischi di migrazione dei contaminanti nel suolo o in falda funzionando da filtro. Altre applicazioni, sempre pienamente comprese nell'ambito delle fitotecnologie, hanno conquistato grandi spazi nell'ambito della progettazione urbana e territoriale.**

**Ampliando ulteriormente l'orizzonte, è possibile considerare le piante come tecnologia vivente per affrontare le sfide ambientali attraverso una opportuna valorizzazione dei servizi ecosistemici. Ciò, nei contesti industriali consente di associare agli interventi di bonifica quelli di riqualificazione, non trascurando la gestione operativa delle aree produttive e in particolare i rischi di migrazione verso l'esterno di emissioni di varia natura. Pienamente coerenti con i principi della sostenibilità, nel nostro paese queste potenzialità sono già contemplate nella pianificazione territoriale ma risultano ancora poco sviluppate.**

**In questa fase il dibattito sulle fitotecnologie nel nostro paese è centrato sulla gestione operativa degli interventi e più in particolare sulla valorizzazione delle biomasse prodotte nei suoli contaminati. Vi è la necessità di disporre di norme adeguate per fornire riferimenti tecnico-operativi e definire le modalità di trattamento e/o smaltimento delle biomasse prodotte.**

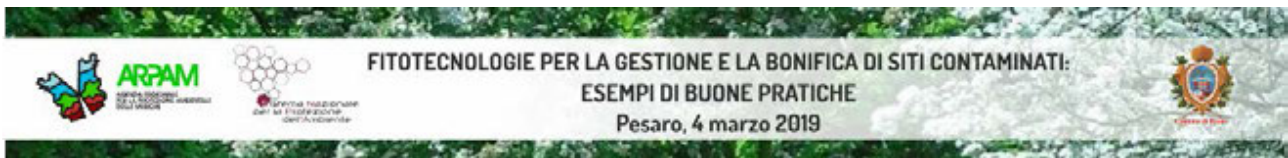


### *Fitotecnologie per il reimpiego di sedimenti fluviali contaminati*

Giancarlo Renella

CNR Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri – CNR-IRET, v. Moruzzi 1, 56124 – Pisa

I sedimenti dei corpi idrici sono regolarmente dragati per vari scopi, principalmente per il ripristino della profondità dei fondali in prossimità dei porti e l'ottimale scorrimento delle acque di fiumi e canali quale misura di prevenzione di esondazione. Quando il loro refluento in mare o utilizzo in situ non sono possibili, i sedimenti dragati sono gestiti come rifiuti e, in osservanza alle vigenti, trovano un riutilizzo principalmente come materiali di riempimento e, in misura minore, come ingredienti per la preparazione di materiali per l'edilizia, ma è sempre più pressante la necessità di pervenire a una gestione che possa coniugare le necessità di dragaggio alla tutela degli ecosistemi acquatici ambientale con numerosi benefici economici sociali ed ambientali. I sedimenti possono contenere sostanze inquinanti di natura organica ed inorganica soprattutto se dragati da porti e canali industriali e in generale da aree fortemente antropizzate. In base alla presenza o meno di sostanze pericolose sono classificati con i codici CER 170505 (fanghi di dragaggio contenenti sostanze pericolose) e 170506 (fanghi di dragaggio non contenenti sostanze pericolose). Uno dei maggiori ostacoli al riutilizzo dei sedimenti di dragaggio è la presenza di inquinanti che necessitano di adeguati trattamenti che possano evitare la diffusione della contaminazione e ne consentano un eventuale riutilizzo in piena sicurezza. Il fitorimediazione, la biotecnologia basata sull'utilizzo di piante capaci di crescere in presenza di concentrazioni relativamente elevate di contaminanti organici ed inorganici suoli e sedimenti contaminati, è dimostrato essere una tecnologia capace di bonificare sedimenti contaminati e di aumentarne la fertilità, convertendoli in materiali adatti a costituire tecnosuoli e come substrato per la coltivazione di piante fuori suolo. La presentazione riassume e discute i risultati dei progetti LIFE denominati 'Cleansed' e 'Hortised', nell'ambito dei quali i sedimenti dragati dal canale dei Navicelli (Pisa) e dal porto di Livorno, dopo un trattamento di fitorimediazione seguito da landfarming, sono stati utilizzati con successo come suoli e substrati per crescita di piante ornamentali e di piante alimentari. I risultati analitici hanno dimostrato che il fitorimediazione è un intervento necessario per l'abbattimento della contaminazione da idrocarburi e la stabilizzazione dei metalli pesanti, e conferisce fertilità fisica, chimica e biologica ai sedimenti bonificati, aprendo la strada ad un possibile riutilizzo in agricoltura e recupero di aree marginali e spazi verdi.



***Fitorimedia per la bonifica e la messa in sicurezza dei suoli agrari: l'approccio integrato ECOREMED.***

**Massimo Fagnano**

**Dip. Agraria, Università di Napoli Federico II**

**Gli obiettivi principali del progetto erano evidenziare le criticità ambientali di un SIN (Litorale Domizio-Agro Aversano) e validare alcune tecniche eco-compatibili di risanamento ambientale.**

**L'analisi della legislazione attuale ha subito evidenziato alcuni punti deboli, relativi alla definizione dello schema di campionamento ed al tipo di analisi da fare per definire se un sito è contaminato e quindi se deve essere bonificato oppure no.**

**Pertanto sono state validate una serie di misure preliminari (es. geofisiche con XRF) per mappare le anomalie spaziali al fine di orientare le successive azioni di scavo e carotaggio seguendo un piano ragionato di campionamento per effettuare le analisi con le metodologie previste dalla normativa. Poi considerando che per poter definire un sito "contaminato" bisogna valutare i rischi sanitari ed ambientali, che sono legati alla biodisponibilità dei contaminanti e non al contenuto totale, sono stati definiti metodi chimici (es. estrazione con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) e biologici (es. accumulo in colture metallofile come la rucola) per valutare la possibilità che i contaminanti raggiungano l'uomo attraverso le produzioni agricole.**

**Infine sono state validate diverse tecniche di bio- e fito-risanamento in funzione delle caratteristiche di contaminanti.**

**A) Nel caso di un sito contaminato da EPT biodisponibili, l'obiettivo è triplice: bonificare il suolo riducendo gradualmente la frazione biodisponibile; interrompere i percorsi di esposizione degli inquinanti mettendo in sicurezza il sito; analizzare i rischi diretti ed indiretti. La tecnica più pertinente è l'utilizzo di piante arboree (pioppo, eucalyptus, salice) la cui attività fitoestrattiva viene rafforzata dalla presenza di un prato di micro-macroterme che svolge anche la funzione di messa in sicurezza impedendo il sollevamento e la dispersione delle particelle di terreno.**

**Il monitoraggio del rischio di contaminazione della catena alimentare può essere efficacemente fatto coltivando ed analizzando l'accumulo di metalli in specie come rucola, lattuga e cicoria.**

**B) Nel caso di contaminazione da EPT non biodisponibili e/o da composti organici i principali obiettivi sono limitare il sollevamento e la dispersione delle particelle di terreno contaminato e bonificare il suolo dai composti organici potenziandone la biodegradazione da parte microflora del suolo. In questo caso le tecniche più idonee sono l'inoculazione con microflora autoctona selezionata per le capacità biodegradative ed un tappeto erboso o un canneto permanenti per impedire il sollevamento e la dispersione delle particelle di terreno.**

**C) Nel caso molto frequente di siti caratterizzati da degrado fisico ed estetico-percettivo ma un contenuto di contaminanti al di sotto delle soglie di rischio, l'impianto di strutture ecologiche molto adattabili (es. canneti di *A. donax* o *P. communis*) è risultato in grado di rinaturalizzare suoli compattati o salinizzati, ripristinandone i servizi ecosistemici.**

## *Il protocollo per il Phytoscreening*

**Luchetti Lucina & Diligenti Antonio**

**ARTA Abruzzo - Distretto di Chieti, via Spezioli 52 - 66100 Chieti**

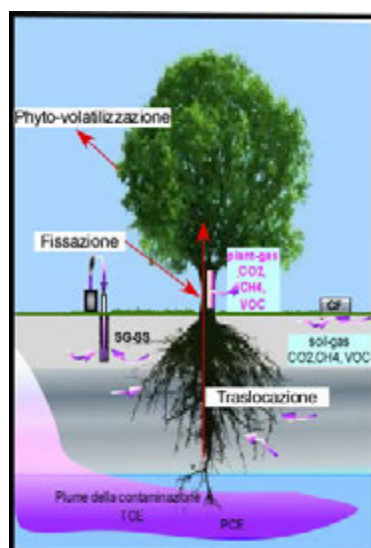
**[l.luchetti@artaabruzzo.it](mailto:l.luchetti@artaabruzzo.it)**

L'Ufficio "Siti contaminati, materiali da scavo e discariche" dell'ARTA Abruzzo, Distretto Provinciale di Chieti conduce dal 2012 un programma di ricerca per lo sviluppo di tecniche di campo innovative, tra cui quelle del phytoscreening (sensu Sorek et al., 2008). Queste tecniche possono, in molti casi, indirizzare ed integrare quelle di uso comune previste dall'Allegato 2 della Parte Quarta titolo V "Bonifica dei siti contaminati" del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. Tale approccio green dei controlli, applicabile in tutti i siti sia dismessi che attivi, si basa sull'utilizzo di specie arboree di ampia diffusione ed è caratterizzato da tempi brevi e costi contenuti.

I principi su cui si fonda il phytoscreening si basano sulla capacità di numerose specie arboree di assorbire e traslocare lungo il tronco, fino a raggiungere la chioma, i contaminanti organici volatili clorurati (VOCc), gli idrocarburi aromatici (BTEX) ed i composti della degradazione (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>).

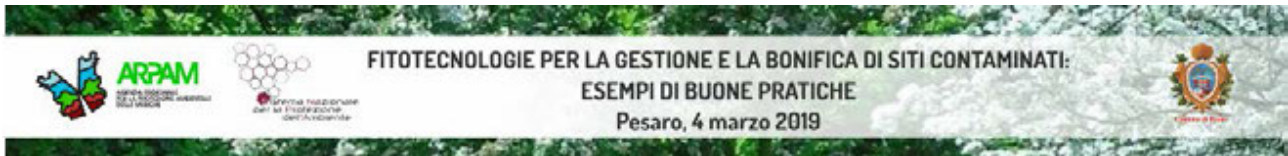
Nel panorama delle fitotecnologie il phytoscreening è una tecnica con cui si stima la contaminazione nel sottosuolo (terreno, acque sotterranee e soil-gas) tramite campionamento di carote di tronco di albero successivamente sottoposte ad analisi chimiche.

Dopo una fase di sperimentazione, in cui sono state applicate tecniche di phytoscreening tratte dalla bibliografia internazionale, nel 2014 è stato sviluppato un protocollo originale che è stato applicato con successo nel Sito contaminato di interesse nazionale di Bussi sul Tirino (Decreti del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Gazzetta Ufficiale n. 172 del 24.07.2008 e n.237/2016) ed è stato recentemente aggiornato nel 2018.



*Figura 1 Meccanismi di trasporto e trasformazione con interazione tra apparato radicale e contaminanti nelle matrici terreno, falda, con misura dei plant-gas (es. VOC, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) in "in vivo" e dei soil-gas tramite flux chamber.*

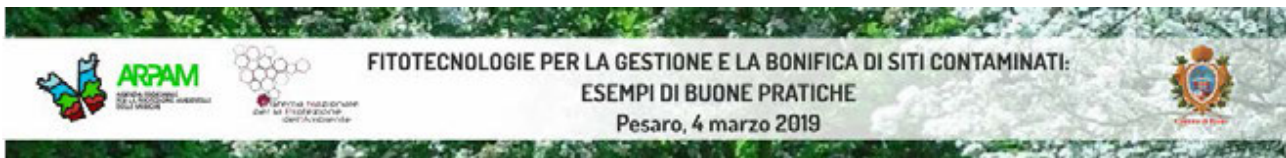
**Il principale vantaggio del protocollo di ARTA è quello di prevedere un campionamento "in vivo", con analisi in tempo reale dei plant-gas, cioè gli aeriformi prelevati nel foro di**



estrazione della “microcarota” di tronco (Luchetti & Diligenti, 2014), tramite fiale colorimetriche o strumentazione analitica portatile. Le analisi “in vivo” dei plant-gas individuano gli esemplari positivi alla contaminazione da sottoporre ad ulteriori indagini. La strumentazione portatile che si utilizza sono pompe elettriche a basso flusso, PID (Fotoionizzatore portatile) e FT-IR (Spettroscopia IR in trasformata di Fourier). La verifica con FT-IR è avviata a seguito del riscontro positivo con fiala colorimetrica (presenza di contaminazione) in quanto con tale strumentazione è possibile distinguere e quantificare le diverse tipologie di sostanze (fino a 500 composti) ad una scala di dettaglio elevata. Le analisi di laboratorio della “microcarota” di tronco, mutate dalle metodiche standardizzate utilizzate per le analisi dei terreni (Luchetti et al., 2015), sono effettuate oltre che negli esemplari risultati positivi alla contaminazione dopo analisi “in vivo”. In laboratorio viene inoltre valutato lo stato chimico degli esemplari significativi per la definizione del Modello Concettuale del sito, per la corretta ricostruzione tridimensionale del plume di inquinamento, del potenziale impatto delle azioni di messa in sicurezza (MiPre/MISE) e bonifica da attuare o già realizzate. In tutti i casi di studio, i risultati del phytoscreening mostrano una correlazione positiva con la contaminazione del sottosuolo (acque sotterranee, terreno e soil-gas). Questo suggerisce che esso possa essere considerato un approccio valido per indagare i singoli siti contaminati ma anche aree ampie interessate da contaminazione diffusa e comporre la cronologia di eventi di contaminazione anche ai fini legali (Balouet, 2007; Burken, 2011; Balouet, 2012, Luchetti, 2016 e Luchetti, 2017). Infine in ambiti dove gli scenari espositivi alla contaminazione risultano rilevanti, considerando gli alberi come piezometri e sonde soil-gas, è possibile integrare le tecniche di phytoscreening con misure del flusso degli aeriformi dal suolo tramite flux chamber per valutare il percorso di volatilizzazione dei soil-gas ai fini delle MiPre e MISE.

**keywords:** siti contaminati, phytoscreening, cVOCs, acque sotterranee, soil gas, flux chamber.





*Phytorimedia: l'esperienza della Città di Trieste nell'ambito della gestione di una contaminazione diffusa dei suoli*

**Laura Schiozzi**  
**ARPA FVG**

**Nel 2014 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare chiese al Comune di Trieste e all'Azienda Sanitaria territorialmente competente di valutare le azioni di prevenzioni tese a salvaguardare e garantire la salute della popolazione nell'ambito di un procedimento ambientale di bonifica di un insediamento produttivo presente nel Sito di Interesse Nazionale di Trieste.**

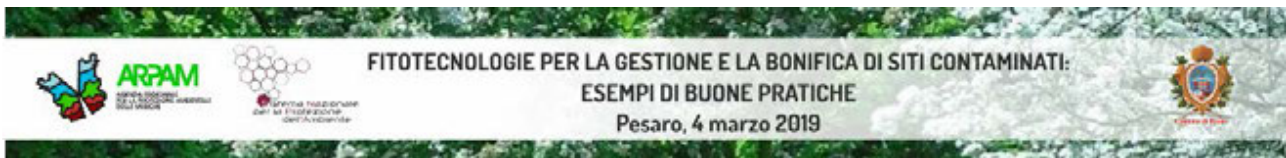
**Detti concetti furono successivamente estesi nell'ambito del rilascio dell'Autorizzazione Integrata**

**Ambientale per il medesimo insediamento produttivo.**

**Nel corso del 2015 e del 2016 ARPA FVG, cui venne richiesto dal Comune di Trieste ogni utile supporto tecnico, predispose ed attuò un protocollo di campionamento ed analisi a puro scopo conoscitivo come una delle azioni volte a valutare l'eventuale contributo di polveri aerodisperse provenienti dall'insediamento produttivo, già peraltro monitorate a mezzo della rete deposimetrica esistente, che potessero essersi depositate sul terreno nel corso del tempo.**

**A fronte dei campionamenti ed analisi condotte in un definito numero di aree pubbliche è successivamente emerso che ci si trovava di fronte alle condizioni di cui alle Linee Guida SNPA indicanti la fattispecie della contaminazione diffusa, cioè mancata identificazione di una sorgente certa ed univoca della contaminazione e presenza ubiquitaria sul territorio di superamenti delle CSC per il parametro benzo(a)pirene nella matrice suolo.**

**Con successiva DGR 1074 dd. 13/06/2016 la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha riconosciuto lo stato di contaminazione diffusa dei suoli da benzo(a)pirene per il territorio della Città di Trieste. Nell'ambito di questa fattispecie la Regione ha avviato un confronto interistituzionale per la predisposizione di un opportuno Piano di Gestione ed il Comune di Trieste ha avviato un Piano stralcio per far fronte alle evidenze delle condizioni ritenute più critiche anche attraverso le tecniche del phytorimedia con l'obiettivo principale di interrompere i percorsi di esposizione diretti (contatto dermico, ingestione ed inalazione di polveri). La fase del Piano Stralcio è già stata avviata e attraverso specifiche azioni di monitoraggio sarà possibile verificare l'efficacia della strategia adottata.**



***“Possibile applicazione di Chrysopogon zizanioides in freatica superficiale. Il supporto dell’Agenzia nella bonifica con applicazione di interventi sostenibili mediante Phytorimediazione”***

**Francesca Cerniglia – Maria Grazia Scialoja  
ARPA Emilia Romagna**

**Nell’ambito di indagini ambientali svolte in un piccolo Comune della bassa modenese è stata rilevata una significativa presenza di Boro nelle acque sotterranee della falda freatica superficiale. Tale contaminazione si ritiene correlabile all’utilizzo di materiali contenenti elevate concentrazioni di sali di Boro (fanghi ceramici, scarti verniciatura), interrati nella fase di ritombamento di un’area di cava circostante una ex-fornace. Tali materiali, a parte un piccolo residuo presente in un’area pubblica a parcheggio, non sono rimovibili, poiché posti in aree residenziali di proprietà privata, ne trattabili in situ data la tipologia del contaminante.**

**In base ad una valutazione della bibliografia internazionale sull’argomento, si ritiene interessante poter applicare la tecnica di fitoestrazione, mediante l’impianto di una barriera verde di Chrysopogon zizanioides. L’utilizzo di tale essenza, in virtù della sua attitudine ad accumulare e tollerare diversi inquinanti, in particolare il Boro, potrebbe consentire di realizzare un parziale contenimento della diffusione del contaminante e, nel tempo, una riduzione dello stesso nelle acque sotterranee. L’area da trattare sarà situata in prossimità del pozzo in cui è stata rilevata la maggior concentrazione di Boro.**

**Preliminarmente dovrà essere prevista, fin dove possibile, la rimozione dello strato di terreno contaminato, successivamente, utilizzando lo stesso scavo, si dovrà procedere al riempimento utilizzando terreno sciolto con aggiunta di compost al fine di fornire un substrato adatto per l’attecchimento e la crescita delle piantine. Il periodo migliore per la piantumazione, nella zona presa in esame, è la primavera.**

**Nello strato di terreno sottostante il substrato la pianta troverà le condizioni ideali per poter crescere poiché la stratigrafia del sito ha rilevato terreni naturali limo sabbiosi, le radici pertanto potranno svilupparsi (fino a raggiungere la massima estensione, stimata intorno ai 4 metri), intercettando la falda superficiale, la soggiacenza della quale si attesta a profondità variabili da 0,80 m a 1,60 m da p.d.c.**

**Per stabilizzare il trapianto saranno necessarie irrigazioni frequenti/quotidiane per almeno un paio di mesi. Una volta superata la fase di attecchimento, si suggerisce di utilizzare per l’irrigazione l’acqua del pozzo, al fine agevolare la riduzione delle concentrazioni di boro in falda.**

**L’efficacia del trattamento di fitorimediazione potrà essere valutata con il monitoraggio periodico dello sviluppo della pianta, attraverso l’analisi dei tessuti vegetali al fine di determinare l’assorbimento di Boro ed il monitoraggio dei pozzi, localizzati in prossimità dell’area di trattamento, per verificare la contestuale riduzione del Boro nella freatica di superficie.**

**Una volta raggiunto l’obiettivo, ovvero la riduzione del Boro nell’acqua dei pozzi, si potrà procedere alla dismissione dell’impianto mediante scavo superficiale, con la rimozione della porzione vegetativa.**

**Si precisa che la essenza proposta non è fertile e pertanto non presenta caratteristiche di invasività né costituisce pericolo per la fauna locale per la presenza di tossine.**

**L’intervento di bonifica sarà attuato da una amministrazione pubblica avvalendosi di Arpae per il supporto tecnico-scientifico nella fase di progettazione, attuazione e monitoraggio.**