

## **Istruttoria Pubblica presso il Consiglio Comunale di Bologna**

**Sintesi dell'intervento del 07/11/2018 e contributo al dibattito avviato  
- dott. Umberto Meletti -**

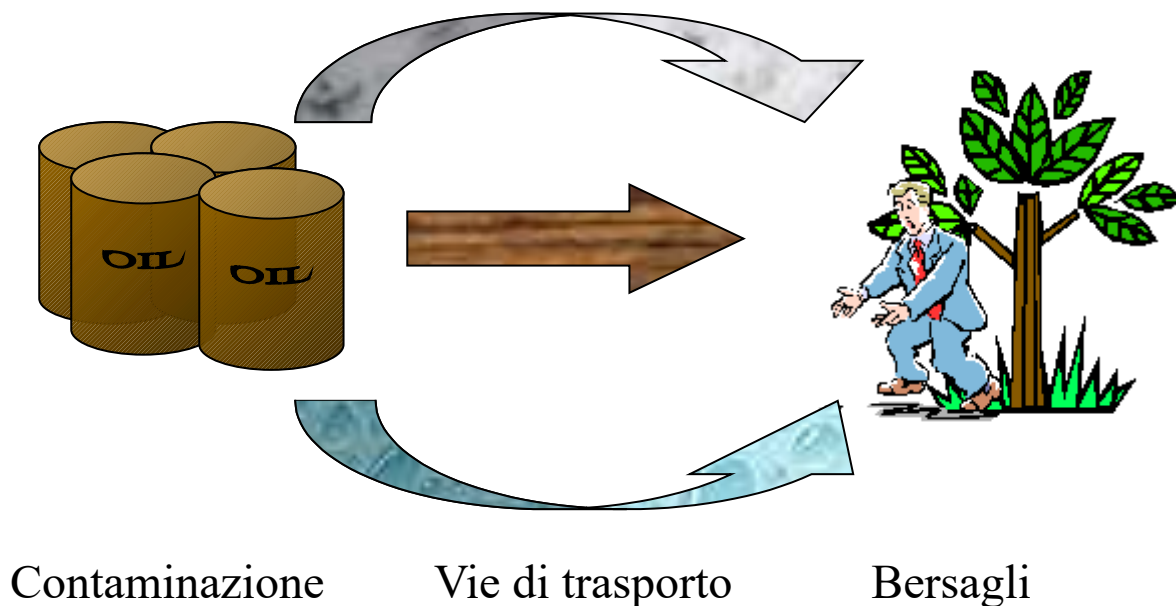
Secondo lo schema che mi ero preparato, il mio intervento avrebbe dovuto iniziare pressappoco così.... ***“in attesa di dati certi sullo stato di eventuale potenziale contaminazione ambientale dell’area, ...”***. Infatti in assenza di una qualunque informazione analitica sulle effettive condizioni del sito, all'assemblea a cui mi stavo rivolgendo non avrei potuto proporre null'altro che un ragionamento del tutto generico sulle eventuali, ipotetiche criticità che in generale si sarebbero potute incontrare all'interno di un'area come quella dei Prati di Caprara, in base alla specifica storia del sito, e, soprattutto, sulle numerose possibili diverse modalità di gestione delle stesse, fermo restando la necessità di partire, quale presupposto unico ed imprescindibile, dalla definizione dello scenario di riutilizzo del sito pensato, ambito o voluto dai vari stakeholders portatori di interesse sull'area (Cittadini di Bologna, Amministrazione di Bologna, Proprietà del Sito, ecc,..), vero oggetto del dibattito oggi in corso.

Infatti, come credo sia ormai noto a tutti, vi è la evidente necessità di dover prima di tutto disporre degli esiti di una indagine sulle matrici ambientali (terreno ed acque di falda). Tale presupposto risulta infatti essenziale per poter affermare la necessità di avvio di eventuali procedure di bonifica di siti contaminati, dati che fino ad oggi non esistevano. E' pertanto evidente che, fino ad oggi, chi ha parlato di necessità di bonifica dell'area in quanto contaminata, non poteva disporre degli elementi necessari a supportare tale affermazione.

Ma, anche oggi, una volta acquisiti i primi dati analitici che sembrano già confermare il superamento delle CSC, ovvero di quelle concentrazioni soglia di contaminazione stabilite dalla normativa quali valori soglia per poter dare avvio agli studi necessari a valutare le eventuali necessità di bonifica di un'area, risulta ancora troppo presto per poter asserire che vi sia l'oggettiva necessità di interventi di bonifica. Infatti, come sancisce chiaramente la normativa, per definizione (art 240 comma d del D.Lgs. 152/2006) un sito nel quale siano stati accertati superamenti delle CSC si definisce ***sito potenzialmente contaminato***. Da

qui in avanti dovrà essere avviata una procedura (in capo ad ARPAE-SAC), di studio approfondito e di caratterizzazione del sito in grado di poter descrivere l'effettiva entità del problema di potenziale contaminazione accertato con le indagini preliminari, e consentirne di comprenderne le dinamiche di propagazione e diffusione sull'ambiente e sull'uomo. Gli esiti della caratterizzazione del sito, una volta completata vengono quindi rielaborati con l'analisi del rischio, ovvero con quello strumento di supporto alle decisioni, previsto dalla normativa, che consente di parametrizzare i dati di caratterizzazione raccolti e determinare numericamente, sulla base di rigorosi modelli scientifici ma comunque sempre cautelativi, le CSR ovvero le concentrazioni soglia di rischio oltre il quale la contaminazione rilevata nel sito costituisce (o costituirà) un rischio non accettabile per la salute di coloro che utilizzano (od utilizzeranno) l'area. L'analisi del rischio, in altre parole, determina quindi quanto del contaminante rilevato nel suolo, sottosuolo e/o nella falda riuscirà effettivamente a raggiungere il bersaglio umano nello scenario di riutilizzo attuale e/o previsto. E' chiaro quindi che, affinché si manifesti il rischio, deve manifestarsi la contemporanea presenza di questi tre fattori:

1. Presenza della sorgente di contaminazione,
2. Presenza della via di migrazione e trasporto del contaminante dalla sorgente al punto di esposizione
3. Presenza dei bersagli umani al punto di esposizione



Oppure, in altre parole, si può verificare come sia sufficiente che anche uno solo di questi tre fattori non sia presente affinché il rischio complessivo risulti pari a zero (rischio nullo).

Nel corso del dibattito, tuttavia, i tecnici coinvolti del Comune (dott. Savoia) e dell'ARPAE (dott.ssa Corvaglia), intervenuti prima del sottoscritto, hanno presentato in sala per la prima volta gli esiti delle indagini preliminari eseguite su parte del sito, in occasione del recente intervento di abbattimento del bosco dei Prati di Caprara avvenuto nella sola area di prevista realizzazione di un nuovo plesso scolastico, e degli scavi eseguiti per le attività di bonifica bellica.

In estrema sintesi sui dati presentati, e in attesa del verbale ufficiale che potrà meglio dettagliare i contenuti degli interventi anche da me ascoltati in sala, ho potuto ascoltare e comprendere, quanto segue.

*(Savoia):* Dagli scavi di bonifica bellica sono emersi ritrovamenti di materiale esplosivo: spolette, granate, proiettili, una mitragliatrice, ...con una frequenza di ca. un ordigno ogni 10 m<sup>2</sup> di superficie investigata. La superficie del sito è molto ricca in materiali metallici di vario genere abbandonati sul suolo (ferri, pentole, lattine). Il suolo e primo sottosuolo, nell'intervallo tra 1 m sino ad un max di 4 m di profondità, evidenzia lenti sparse di materiale sabbioso nero/marrone analiticamente caratterizzato da elevato contenuto di metalli. In particolare sono stati evidenziati alcuni crateri lasciati dai bombardamenti subiti dal sito nel corso del II° conflitto mondiale i quali risultano riempiti con i succitati materiali sciolti e terreni di riporto. Tale condizione ha reso impossibile la ricerca degli ordigni bellici tramite indagini geofisiche dalla superficie, in quanto l'elevata presenza dei metalli, dava in continuazione segnali allo strumento non consentendo in tal modo di decifrare l'eventuale presenza di un eventuale ordigno esplosivo. Si è pertanto proceduto ad attuare l'intervento di sradicamento scavo e trivellazione a maglia previsto in questi casi, su tutta la porzione del sito in cui è prevista la prossima costruzione dell'edificio scolastico. Terminata la verifica e rimozione dei ritrovati bellici sono stati prelevati ed analizzati dalla società Petroltecnica incaricata dello studio ambientale un totale di 37 campioni rappresentativi sia del terreno del suolo di sedime, posto all'interfaccia con i soprastanti materiali di riporto, sia i terreni di riporto superficiali, sia i materiali costituenti le lenti di colore più scuro, per valutarne e caratterizzarne il possibile contenuto di inquinanti. In particolare su questi ultimi, gli esiti delle indagini eseguite, rapportati ai valori limite di CSC di colonna A (concentrazione soglia di contaminazione previste per siti ad uso residenziale, verde pubblico/privato), hanno mostrato un contenuto di metalli elevato e, in taluni anche la presenza di idrocarburi.

*(Corvaglia)*: Il Dirigente ARPAE ha confermato che l'Agenzia prevede sempre di operare indagini preliminari nel caso vi siano previsioni urbanistiche che richiedano la riconversione di aree fortemente antropizzate destinate ed essere riconvertite ad aree ad uso residenziale o verde pubblico o privato. Ciò in quanto, sovente tali aree possono manifestare criticità ambientali in conseguenza delle attività svolte in passato. ARPAE è stata quindi coinvolta ed ha operato in contraddittorio una parte delle indagini sui alcuni campionamenti eseguiti, sia sui materiali di riporto superficiali sia sui terreni di sedime dei succitati materiali, sottoponendoli al medesimo screening di indagine preventivamente concordato, sulla base del possibile inquinamento atteso. Nei materiali di riporto gli esiti di ARPAE confermano i superamenti registrati anche dalla società di indagine incaricata (Petroltecnica), con la presenza di inquinanti con valori ricompresi tra i limiti di CSC di colonna A (aree residenziali e verde pubblico/privato) ed i limiti di CSC di colonna B (aree ad uso commerciale e industriale) per alcuni metalli pesanti. In un campione la presenza di rame è risultata eccedere anche i limiti di colonna B. Vi sono altresì alcuni minimi superamenti di colonna A relativamente ad alcuni parametri IPA (idrocarburi policiclici aromatici). Conferma quindi che l'avvio delle procedure previste dalla normativa sulle bonifiche risultano ineludibili (rif. art. 242 del D.Lgs. 152/2006). ARPAE segnala tuttavia che tutti i campioni prelevati nel terreno di sedime posto all'interfaccia con gli strati potenzialmente contaminati di materiali di riporto più superficiali sono risultati puliti (totale rispetto delle CSC di colonna A). Tiene a precisare inoltre che tutti gli inquinanti riscontrati sono immobilizzati nel terreno all'interno del sito e non corrono rischi i comparti posti all'esterno nell'intorno del sito.

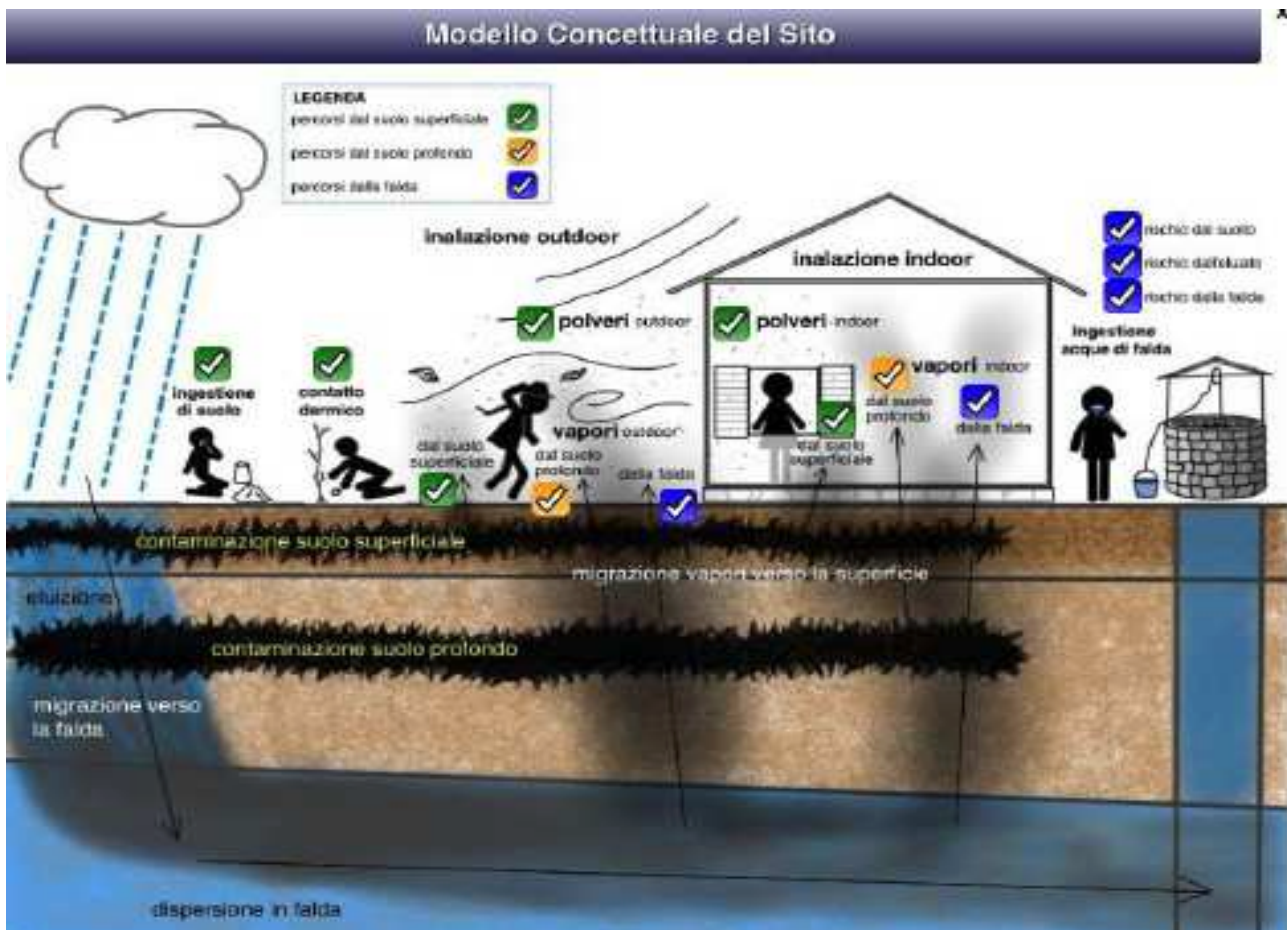
Quando si individua uno stato di potenziale contaminazione è necessario procedere a descrivere, per ogni contaminante accertato, la sua distribuzione ed estensione all'interno dei tre comparti ambientali fondamentali per l'analisi del rischio, ovvero:

- nello strato di terreno del suolo superficiale (a differenza degli altri comparti una contaminazione in questo strato può dare rischio anche con esposizione diretta (contatto dermico con il terreno, ingestione ed inalazione di polveri contaminate);
- nello strato di terreno del sottosuolo ubicato al disotto del primo metro di suolo superficiale (un contaminante in questo strato può generare rischio solo se volatile

e/o lisciviabile in falda);

- nelle acque di falda sotterranea. Questo comparto può trasportare l'inquinamento oltre il confini del sito e generare rischio sia per volatilizzazione degli inquinanti (se volatili) sia per ingestione nell'ipotesi di attingimento da un pozzo.

La contaminazione presente in un comparto può interagire ed interessare nel tempo anche gli altri comparti ambientali (suolo, sottosuolo, aria atmosferica, biota ed acque sotterranee) attraverso un equilibrio dinamico di ripartizione dipendente sia dalle specifiche caratteristiche del contaminante (volatilità, solubilità, biodegradabilità, ecc..) sia dalle specifiche caratteristiche delle matrici ambientali (tessitura, granulometria, gradiente idraulico, ecc..). Tale ricostruzione costituisce il Modello Concettuale del Sito.



In particolare, un inquinante presente nel terreno del suolo e/o del sottosuolo e/o in falda, qualora volatile potrà vaporizzare e migrare in superficie sia in spazi aperti (outdoor) che all'interno di spazi chiusi (indoor) quali abitazioni e scuole se previste. In quest'ultimo caso la minor presenza degli importanti movimenti e ricambi d'aria che si hanno normalmente negli spazi outdoor, in particolare se ben arieggiati come lo sono le aree boschive, possono

consentire di giungere alla saturazione degli ambienti, e conseguentemente l'ipotesi di uno scenario residenziale, quando sono presenti contaminanti volatili, potrebbe determinare un rischio inaccettabile, che viceversa, a parità di concentrazioni, potrebbe non manifestarsi affatto nell'ipotesi di uno scenario outdoor. Le emissioni outdoor inoltre, qualora presenti, possono essere veicolate off-site ovvero verso i comparti confinanti con il sito.

Analogamente, un inquinante presente nel terreno del suolo e/o del sottosuolo, qualora solubile potrà solubilizzare con le acque meteoriche ed infiltrarsi negli strati sottostanti trasferendo la contaminazione dagli strati superficiali, via via sino ad inquinare gli strati di sottosuolo profondi e quindi giungere in falda. La falda inquinata tende a migrare in direzione del gradiente di falda e quindi potrebbe trasferire nel tempo il problema di contaminazione oltre i confini del sito. Tale scenario è espressamente impedito dalla normativa, il punto di conformità in cui si deve confermare il rispetto delle CSC previste dalla normativa per la falda non può essere posto oltre i confini del sito, a prescindere da eventuali considerazioni di accettabilità derivanti dall'analisi del rischio. La falda contaminata potrebbe infatti giungere ad interessare pozzi potenzialmente adibiti anche ad uso idropotabile, nonché interferire negativamente con le sue emissioni di sostanze volatili (qualora presenti tra i contaminanti) in spazi indoor posti all'esterno del sito.

Come detto, quando la contaminazione di un sito interessa il suolo superficiale, può altresì manifestare effetti negativi sull'uomo con un rischio non accettabile attraverso i percorsi di esposizione diretti, dovuti al contatto dermico con il terreno, nonché all'ingestione ed inalazione di polveri contaminate.

Questo ultimo aspetto mi consente di poter porre in evidenza l'esistenza di alcune analogie tra le attività di bonifica ambientale e le attività di bonifica bellica, per quanto io non sia un esperto di queste ultime. Infatti da quanto abbiamo potuto ascoltare l'area non fu mai soggetta ad attività di bonifica bellica. Ciò nonostante, anche dopo i bombardamenti dovuti al II° conflitto mondiale, l'area ebbe un lungo periodo di utilizzo da parte dell'Esercito Italiano (che ricordiamo essere il massimo esperto in materia di Bonifica Ordigni Esplosivi), il quale utilizzò l'area dei Prati di Caprara, anche e soprattutto per il ricovero di mezzi pesanti quali sono i carri armati. Ora, se abbiamo presenti le vibrazioni che generano nel terreno il passaggio di simili mezzi cingolati, non può che insorgere in ognuno di noi chiara

la domanda: - “come fu possibile acconsentire ad un simile utilizzo, conoscendo il rischio concreto di presenza di ordigni inesplosi nel sottosuolo, soprattutto tenuto conto dell'ubicazione della caserma in pieno centro città e in adiacenza di un importante ospedale?”. Stando a quanto ci è stato riferito ciò fu possibile in quanto l'aver riportato strati di terreno un metro ed oltre ha reso sicuro il passaggio dei mezzi pesanti anche in presenza di possibili ordigni inesplosi nel sottosuolo. Tale sicurezza non immagino come potrebbe venire meno oggi a fronte di un ipotesi di scenario pedonale. Analogamente, anche in materia di bonifiche di siti contaminati, il riporto di un metro di terreno non contaminato sulla superficie del sito (in realtà né basterebbe molto meno ma convenzionalmente si prende a riferimento lo spessore di un metro), consente di annullare totalmente ogni rischio dovuto ai percorsi di esposizione diretti sopraccitati (dovuti al contatto dermico, ingestione ed inalazione di polveri contaminate).

Una seconda analogia tra le due attività di bonifica, che appare evidente per quanto sopra esposto, riguarda i costi necessari ad un intervento di bonifica bellica ed i costi necessari ad un intervento di bonifica di sito contaminato. Ambedue sono collegati agli effettivi rischi che si corrono e questi ultimo, a loro volta, sono strettamente legati agli scenari di utilizzo del sito. Nel caso della bonifica bellica, pare di poter comprendere che un utilizzo dell'area che non preveda lo scavo del terreno ma solo il semplice utilizzo in superficie, possa non richiedere alcun intervento intensivo di bonifica bellica, al limite una pulizia nel suolo superficiale o semplicemente un riporto di terreno vergine, così come già fatto in passato. Nel secondo caso, qualora sia necessario attuare scavi e la costruzione di nuovi edifici, da quanto si è potuto recentemente constatare nel corso dell'intervento operato per l'area del previsto nuovo plesso scolastico, risultano necessari sondaggi, indagini in foro e scavi con punti di indagine a maglie molto strette e costi molto elevati. Approcci di indagine geofisica non sono applicabili. Analogamente, anche per un intervento di bonifica ambientale, la potenziale contaminazione potrebbe non costituire un rischio nelle attuali condizioni, o con un eventualmente apporto di terreno naturale in superficie, qualora fosse adibito a parco o a bosco selvatico (quest'ultima ipotesi, in particolare, non prevedendo bersagli risulta a rischio nullo per quanto descritto in premessa), mentre nell'ipotesi di scavo, diverrebbe ineludibile la necessità di gestione di materiali che sono comunque risultati potenzialmente inquinati, e che, ancorché classificabili rifiuto non pericoloso, potrebbero comportare importanti costi necessari per il conferimento ad impianti di recupero o allo smaltimento in discarica.

Il fatto che, in esito alle analisi effettuate, ARPAE in sede di assemblea abbia ritenuto di poter comunicare che la contaminazione rilevata non impatta all'esterno del sito, pur in mancanza di una analisi del rischio, significa necessariamente che essa ritiene che non siano attivi né i percorsi di migrazioni dovuti alla lisciviazione in falda, né i percorsi di migrazione dovuti alla volatilizzazione di vapori e polveri contaminanti outdoor, su bersagli off site. Nel primo caso la conclusione appare dimostrata dal fatto che le analisi sul terreno di sedime, sottostante ai materiali risultati potenzialmente contaminati, è risultato pulito. Una lisciviazione degli inquinanti sino a raggiungere la falda avrebbe infatti dovuto attraversare e contaminare anche tali strati di terreni di sedime, in quanto interposti tra i materiali di riporto superficiali potenzialmente contaminati e la falda sottostante. Relativamente alla seconda condizione dovrebbe significare necessariamente che:

- gli esiti delle analisi preliminari eseguite negli strati superficiali del suolo (*top soil*) non sono risultati potenzialmente inquinati. Viceversa, infatti, in mancanza di una analisi del rischio, non si potrebbe escludere a priori la presenza di percorsi di volatilizzazione di polveri contaminate *outdoor* su bersagli off-site;
- l'assenza di sostanze volatili tra i contaminanti rilevati, sia nel suolo che nel sottosuolo. Viceversa infatti non si potrebbe escludere a priori la presenza di percorsi di volatilizzazione di vapori contaminate *outdoor* su bersagli off-site. Questo lascerebbe intendere che tra i metalli rilevati da ARPAE non sia stato rilevato il mercurio (unico metallo volatile) e non vi siano altre sostanze organiche leggere e volatili tra i contaminanti rilevati, come per altro dichiarato da ARPAE nel corso degli interventi ascoltati.

Per tutto quanto sopra esposto appare evidente che una contaminazione prevalentemente costituita da metalli pesanti non volatili ed a idrocarburi pesanti, qualora fosse ubicata solo nel sottosuolo e in assenza di percorsi attivi di solubilizzazione e lisciviazione in falda, non è in grado di porre alcun rischio nei confronti di bersagli umani sia interni all'area che esterni all'area.



*In ogni caso, anche qualora, in esito ai risultati dell'analisi del rischio, la bonifica ambientale risultasse effettivamente in parte necessaria, questa potrebbe essere attuata con diverse modalità e soluzioni la cui scelta risulta prevalentemente dipendente dalla destinazione di uso che si vorrà dare all'area.*

La bonifica ambientale con radicale sradicamento del bosco, non è una azione assolutamente necessaria, a prescindere. La scelta politica di conservare il bosco, almeno in una parte se non in tutto, si può tradurre in scelte di bonifica non invasive. Va tenuto conto inoltre che *lo stesso bosco potrebbe essere considerato "l'intervento di bonifica" per le note proprietà di fitorisanamento delle piante nei confronti di terreni ed acque contaminate, oltre che dell'aria.*

### *Fitorisanamento*

Le attività antropiche potrebbero aver compromesso le matrici ambientali o potrebbero essere presenti strati superficiali di materiali non adeguati. Eventuali valori di contaminazione residui nel terreno di sedime dei materiali di riporto e lenti di materiali eterogenei (es sabbie di fonderia) superiori alle CSC previste per la destinazione d'uso del sito potrebbero risultare gestibili e risanabili con un intervento di fitorisanamento ad opera delle piante presenti (es. i pioppi e molte altre essenza) che si potrebbero appositamente lasciare sviluppare o anche appositamente ripiantumare in pieno accordo anche con le prospettive di riutilizzo del sito, proposte da una parte della Cittadinanza.

Con il termine fitorisanamento (in inglese phytoremediation) si indica una vasta classe di tecnologie naturali di bonifica che utilizzano i diversi meccanismi con cui, alcune piante e la loro biomassa di microrganismi associata nella rizosfera, sono capaci di rimuovere, degradare o contenere contaminanti chimici presenti nel suolo, sedimenti, acque sotterranee, acque superficiali, e anche nell'atmosfera. Molte specie di piante si sono già dimostrate capaci di trattare la maggior parte delle classi di contaminanti, compresi petrolio, idrocarburi, solventi clorurati, pesticidi, PCB, metalli, radionuclidi, esplosivi, nonché l'eccesso di nutrienti. Talvolta le specie vegetali sono appositamente selezionate per la fitodepurazione in base alla loro capacità di evapotraspirare le acque sotterranee, in base

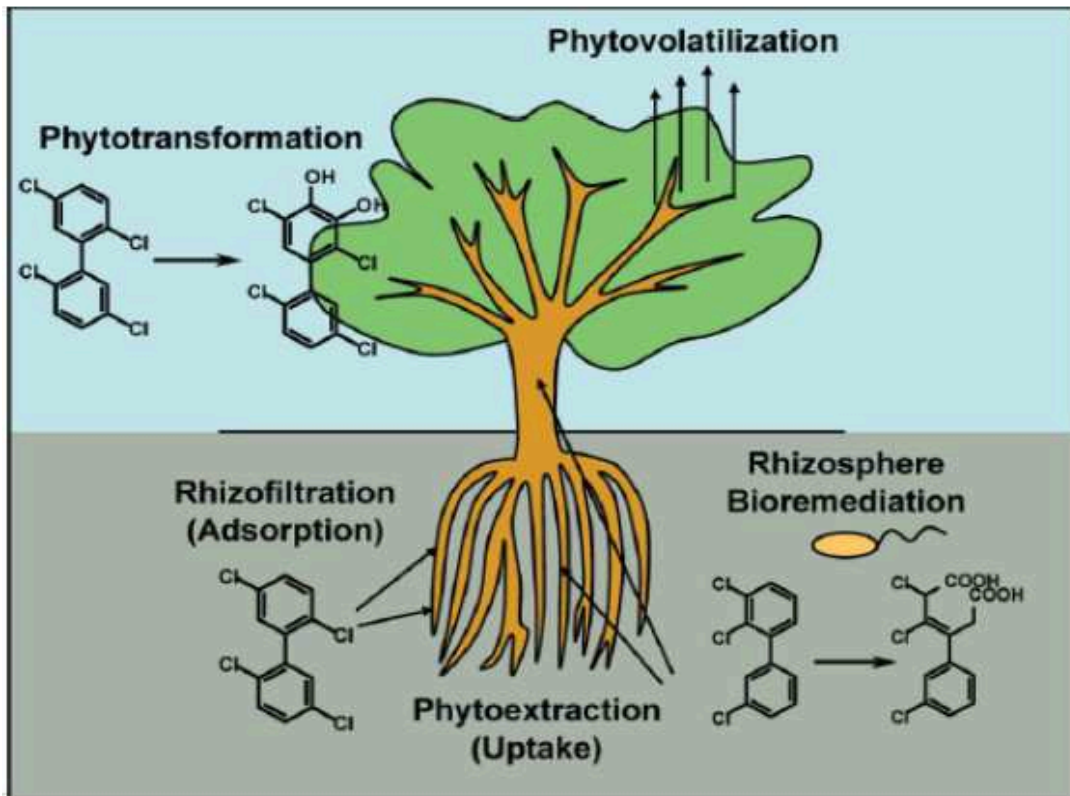
agli enzimi degradativi che producono, ai loro tassi di crescita e rendimento, alla profondità della loro zona radicale, e alla loro capacità di bioaccumulazione dei contaminanti. Talvolta invece sono proprio le piante autoctone, spontaneamente cresciute nell'area ad offrire i migliori vantaggi in termini di fitodepurazione avendo già con la loro crescita dimostrato la capacità di adattarsi, crescere e diffondersi nel sito ove sono presenti anche alcune situazioni di potenziale contaminazione.

In particolare il fitorisanamento che avviene a livello della rizosfera (fitorisanamento bioassistito) è una tecnica in grado di ridurre al di sotto dei limiti di legge la concentrazione di alcuni contaminanti organici persistenti presenti nel suolo (es PCB, IPA) sfruttando le interazioni che si instaurano tra le piante ed i microrganismi della rizosfera. Le piante arboree, all'interno di fitti boschi, favoriscono un'elevata e omogenea produzione di radici nel suolo che tendono ad aggrovigliarsi e fondere, formando un'enorme superficie adsorbente e un'estesa rizosfera. All'interno di quest'ultima, grazie alla presenza di essudati radicali, si crea un microhabitat favorevole alla comunità microbica ed alla biodegradazione dei contaminanti organici persistenti presenti. Tale strategia è caratterizzata da un ridotto costo e da un basso impatto ambientale, e i contaminanti non vengono assorbiti dalla piante ma biodegradati nel suolo da batteri endoradicali, oppure attraverso processi co-metabolici con enzimi radicali essudati o endoradicali.

I metalli, invece, vengono prevalentemente rimossi dalle matrici ambientali suolo e falda per fitocontenimento, nel quale le molecole tossiche non vengono necessariamente degradate ma utilizzate dalle piante come nutrienti. I processi che riguardano l'assorbimento radicale, la traslocazione verso altri organi della pianta o la volatilizzazione di sostanze organiche e inorganiche sono indicate rispettivamente come fitoestrazione, fitosequestro, fitocontenimento e fitovolatilizzazione. Nella fitoestrazione i contaminanti vengono rimossi dalla matrice contaminata poiché accumulati negli organi ipogei o epigei della pianta. E' opportuno rilevare che alcune specie di piante, note come iperaccumulatrici, hanno un'elevata capacità di traslocazione dei metalli pesanti in organi epigei (fusti, rami e foglie). Sono quelle piante che, senza mostrare alcun sintomo di tossicità, contengono concentrazioni di cobalto, rame, cromo, piombo o nichel superiori a 1 g per chilogrammo di peso secco, e di manganese o zinco superiori a 10 g/kg. Queste piante tollerano molto bene la presenza di alte quantità di metalli nei loro tessuti per la presenza di meccanismi

fisiologici come la compartimentalizzazione (segregazione in comparti separati dalle vie metaboliche, come il vacuolo) e la chelazione (il legame con molecole organiche), la biotrasformazione (riduzione a forme biologicamente meno attive). L'associazione pianta-batterio può potenzialmente migliorare l'estrazione da parte della pianta, in quanto i batteri possono cambiare la solubilità, la disponibilità e l'assorbimento dei metalli modificando il pH del mezzo oppure rilasciano composti chelanti che portano alla formazione di ioni metallici bivalenti, facilmente assimilabili dalle radici della pianta.

Il fitocontenimento comprende anche l'immobilizzazione (fitostabilizzazione) dei contaminati per minimizzare la loro circolazione idro-veicolata nel suolo verso la soggiacenza o direttamente in falda. Esso sfrutta l'elevata capacità evapotraspirativa delle piante che sposta l'acqua libera verso l'atmosfera. Le stesse piante depositano ed essudano dalle radici molte sostanze semplici e complesse a base carboniosa che incrementano la capacità adsorbente, polimerizzante o legante nei confronti di molti contaminanti. Nel processo di fitocontenimento, si può anche considerare la vegetazione intensa perenne con capacità di sequestro per estrazione e accumulo di contaminati, quali metalli pesanti e radionuclidi, in gran parte nell'apparato radicale oppure traslocati in piccola parte nella parte legnosa sopra il suolo. Le piante usate in questo processo possiedono un'elevata capacità di assorbire i contaminanti, di immobilizzarli nelle radici e/o traslocarli in parte, variabile a seconda della specie, nel fusto. Alcune di esse producono essudati radicali che riducono la biodisponibilità dei contaminanti nel terreno; inoltre queste sono piante molto tolleranti e longeve, con un lento e ridotto rinnovo dei tessuti in cui si accumula il contaminante (non richiesta periodica rimozione della biomassa).



Per molti degli enzimi prodotti dalle piante nella rizosfera sono state già ampiamente verificate le capacità di incentivare la biodegradazione su molte sostanze inquinanti

Enzyme	Pollutant Degraded	Some Plants Known to Produce Enzyme
Dehalogenases <sup>1,2</sup>	chlorinated solvents, ethylene containing compounds	<i>Populus</i> sp. (Hybrid poplars), <i>Myriophyllum spicatum</i> (parrot feather), Algae <i>Nitella</i> (stonewort), Algae <i>spirogyra</i> , <i>Anthrocerotea</i> sp.
Lactase <sup>1</sup>	oxidative step in munitions degradation	Algae <i>Nitella</i> (stonewort), <i>Myriophyllum spicatum</i> (parrot feather)
Nitroreductase <sup>1</sup>	munitions (TNT, RDX, etc.)	<i>Populus</i> sp. (Hybrid poplars), <i>Myriophyllum spicatum</i> (parrot feather), <i>Lemna minor</i> (duckweed), Algae <i>Nitella</i> (stonewort), plus more
Nitrilase <sup>3</sup>	herbicides	
Peroxidases <sup>3,4</sup>	phenols	<i>Armoracia rusticana</i> (Horseradish)

**Le piante sono inoltre efficaci anche nella depurazione delle acque di falda e/o nella messa in sicurezza delle acque di falda, anche nei casi in cui le loro radici non raggiungono le profondità dell'acquifero.**

Quando le piante raggiungono con le radici l'acquifero contenente la falda contaminata risultano efficaci sia grazie ai meccanismi di fitodepurazione sia in conseguenza degli effetti di fitobarriera.

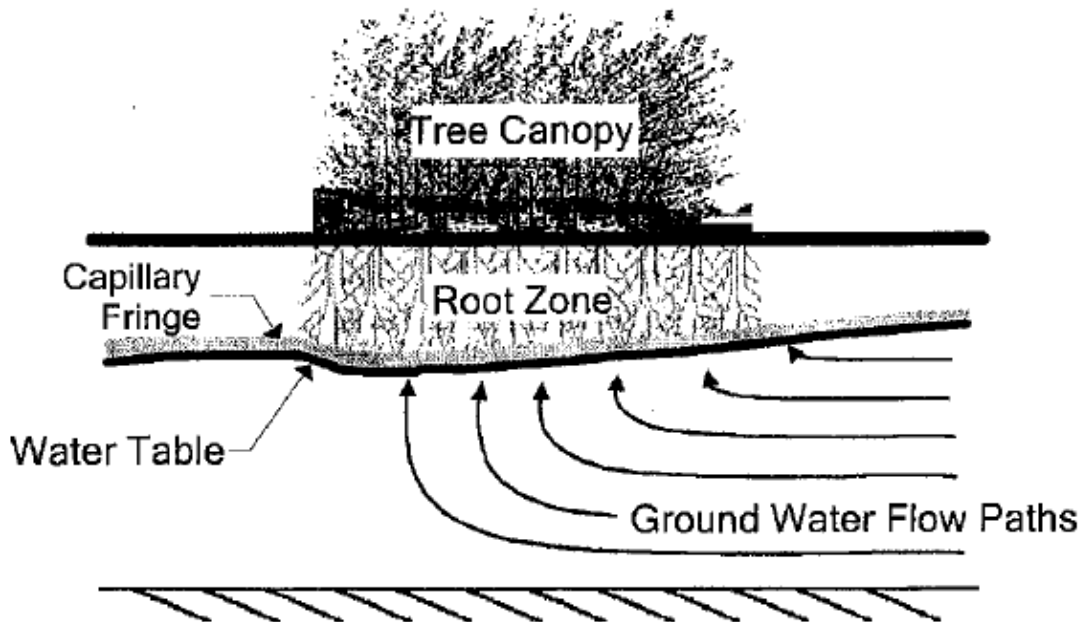
### Fitodepurazione

I processi che contribuiscono alla attenuazione naturale della contaminazione presente in falda e nel terreno possono essere efficacemente accelerati se nell'area sono presenti cloni specifici di piante in grado di crescere utilizzando gli stessi contaminanti come nutrienti. Specie appartenenti al genere *Populus* (pioppi) sono candidati idonei per la fitodepurazione. Questi alberi hanno una elevata produzione di biomassa, estese radici, alti tassi di traspirazione e facile propagazione. Inoltre, la grande diversità genetica consente di poter sfruttare le potenzialità biotecnologiche già dimostrate da diversi cloni nella bonifica delle diverse classi di contaminanti presenti nel sito, attraverso i molteplici meccanismi di cui sono capaci (fitostabilizzazione, fitoestrazione, fitoaccumulazione, fitovolatilizzazione, rizodegradazione, evapotraspirazione).

### Fitobarriera

Le piante di pioppo (*Populus*) possono essere considerate degli efficaci sistemi di Pump & Treat naturali per la contaminazione presente nelle acque sotterranee, in quanto, oltre ad attuare i meccanismi di bonifica sopracitati, consentono contestualmente di attuare un controllo idraulico e di contenimento del plume inquinante. Infatti le specie di *Populus* sono piante caratterizzate da crescita rapida ed alti tassi di traspirazione. Un albero di ca. 5 anni di età è in grado di drenare sino a 200 L / giorno e pertanto di creare localmente, nei periodi vegetativi della pianta, un costante richiamo delle linee di deflusso della falda (basso piezometrico).

Ulteriori piante possono essere altrettanto valide ai fini del assorbimento idrico e quindi del contenimento del plume entro i confini del sito (fitobarriera), ad esempio il salice, la quercia, l'ontano, il tiglio o l'eucalipto.



Ma anche quando le piante non raggiungono con le radici l'acquifero contenente una falda contaminata, risultano comunque efficaci ai fini della bonifica ambientale.

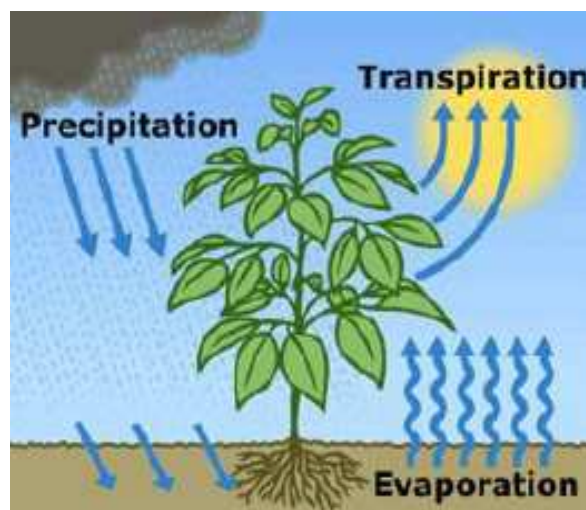
Se infatti torniamo un attimo con il ragionamento all'informazione fornita in assemblea da ARPAE, sulla assenza di contaminazione del terreno a fondo scavo. Come può essere accaduto che la presenza di materiali di riporto contenenti metalli con concentrazione superiore alle CSC di colonna A non abbiano impattato sui terreni di sedime sottostanti ? Cosa può avere impedito gli effetti dovuti alla solubilizzazione degli inquinanti dagli strati di terreno di riporto superficiali (e dalle lenti di materiali sabbiosi nere individuate in fase di scavo), agli strati di terreno del sottosuolo e quindi alla falda.

Ciò potrebbe essere avvenuto per l'esistenza di una o ambedue le motivazioni di seguito esposte:

1. la contaminazione affinché possa diffondere e trasferirsi deve trovarsi in forma di sostanze biodisponibili ovvero in grado di poter diffondere in ambiente ed essere

veicolati, solubilizzati o volatilizzati ed infine assimilate dagli organismi viventi. Le analisi di laboratorio su questo aspetto sono sovente “cieche”. Infatti per determinare il contenuto di metalli presenti viene effettuato un attacco al campione con acido nitrico e cloridrico concentrati, il quale indiscriminatamente solubilizza tutti i metalli presenti. La soluzione viene poi analizzata. Una presenza elevata di un determinato metallo non ci dice però se questa era originariamente presente come sale solubile o come composto insolubile o addirittura come elemento metallico (ad esempio frammenti di acciaio al cromo o acciaio zincato forniscono esiti analisi con elevati valori di cromo e zinco, ma non per questo sono solubili in acqua e lisciviabili in falda). Risulta necessario eseguire quindi un test di cessione per comprendere se il metallo può essere lisciviato e costituire pericolo. Analogamente le analisi per la ricerca di sostanze organiche contaminanti prevedono l'estrazione degli inquinanti con solventi. Sovente tuttavia tali inquinanti sono in parte recalcitranti a divenire biodisponibili in quanto fortemente adsorbiti agli acidi umici e fulvici del terreno.

2. Se anche con il test di cessione si osservassero valori di contaminazione eccessivi rispetto ai limiti previsti dalla normativa per la tutela delle acque sotterranee (cosa possibile in presenza di sabbie di fonderia tra i materiali di riempimento) allora le motivazioni dell'assenza di diffusione degli inquinanti non può che essere ricercata e giustificata dalla presenza delle piante nel sito. Infatti come già visto le piante attuano il fitocontenimento attraverso: l'immobilizzazione (fitostabilizzazione) dei contaminati per minimizzare la loro circolazione idro-veicolata nel suolo verso la soggiacenza o direttamente in falda e l'elevata capacità evapotraspirativa delle piante che sposta l'acqua libera verso l'atmosfera.



Le stesse piante depositano ed essudano dalle radici molte sostanze semplici e complesse a base carboniosa che incrementano la capacità adsorbente, polimerizzante o legante nei confronti di molti contaminanti.

3. Infine va detto che le piante, attraverso i meccanismi di fitodepurazione sopraccitati, risultano altresì estremamente efficaci nei confronti della contaminazione aerodispersa, sia essa presente nell'aria atmosferica (smog e/o emissioni outdoor) sia attraverso i meccanismi presenti nella rizosfera, nei confronti dei gas interstiziali di contaminanti volatili provenienti dal sottosuolo e dalla falda.

*Per tutto quanto sopra esposto, avendo già un bosco esistente, appare sensato, valorizzare il suo lavoro di risanamento ambientale, lavoro che si dimostra essere già in atto attraverso la eliminazione di percorsi di lisciviazione in falda dei contaminanti solubili e di abbattimento dei contaminanti aerodispersi.*

*Conservare il bosco è possibile se non addirittura essenziale. Va infatti sempre rammentato del principio cardine di origine comunitaria “Chi inquina paga” che è alla base della normativa delle bonifiche (rif. art. 239 comma 1 del D.Lgs. 152/2006) ma anche e soprattutto del danno ambientale a cui le bonifiche espressamente si ricollegano (rif. art. 242 comma 1 del D.Lgs. 152/2006). E' a tutti chiaro che la potenziale contaminazione esistente nell'area, è il frutto di eventi storici ed attività svolte in passato, in periodi in cui la normativa ambientale non esisteva. Ma la scelta di rimozione del bosco, la quale potrebbe attivare i percorsi di migrazione in falda oggi non evidenziati, e indurrebbe un repentino crollo delle attività di abbattimento della concentrazione di contaminanti atmosferici, che oggi il bosco quotidianamente attua, non potrà essere effettuata senza prima valutarne tutte le conseguenze.*



## Casi esempio

Ad oggi esistono già innumerevoli casi di un utilizzo efficace di processi di fitorisanamento ambientale documentati, nell'ambito delle bonifiche di siti contaminati, per cui non è più possibile assegnargli semplicemente un ruolo sperimentale e per lo più sconosciuto, rispetto ad altre tecnologie, alcune per altro ambientalmente alquanto discutibili, come lo scavo e conferimento in discarica, soprattutto alla luce di tutte le soluzioni di intervento alternative oggi effettivamente disponibili. In allegato solo alcune nelle innumerevoli pubblicazioni da cui si può evincere l'acquisita consapevolezza in merito all'efficacia fitodepurativa.

Name and Location	Party Conducting Treatment	Type of Contaminant	Type of Treatment
Aberdeen Proving Grounds Aberdeen, Maryland	DOD, EPA ERT	TCE in groundwater	Poplars used to contain the movement of the plume
Carswell Air Force Base Ft. Worth, TX*	DOD, EPA	TCE in groundwater	Cottonwoods to contain the movement of the plume
Chernobyl Nuclear Power Plant Chernobyl, Ukraine and a DOE site in Ashtabula, OH	Phytotech, Inc	Radionuclides	Rhizofiltration in a continuous flow system
Chevron Ogden, UT*	Phytokinetics, Inc., EPA (monitoring)	Petroleum hydrocarbons	Poplars used to contain the movement of the contaminant plume
Edward Sears New Gretna, NJ	EPA ERT	Solvents in groundwater	Poplars used to contain the movement of the contaminant plume
Lakeside Landfill Beaverton, Oregon	Ecolotree	Landfill cap	Poplar tree cap used to prevent landfill from leaching
Metal plating facility in Findlay, OH*	Phytotech, Inc.	Metals in soils (lead, chromium, nickel, zinc, and cadmium)	Plants used to extract metals from soils.
Milan Army Ammunition Plant Tennessee	DOD	Explosives in groundwater (TNT, RDX, HMX, DNT)	Constructed wetland containing nitrogen reducing species of plants

E' chiaro che, la principale limitazione di questi interventi è legata alle tempistiche di risanamento molto dilatate nel tempo, per cui tali interventi devono essere supportati dagli esiti dell'analisi del rischio che consenta di gestire le potenziali contaminazioni individuate rispetto ai bersagli previsti dagli scenari di riutilizzo, e talvolta con piani di monitoraggio e

limitazioni d'uso (es. impedimento ad attività di scavo, impedimento della fruibilità in alcune specifiche aree, ) almeno sino a quando risulterà necessario in rapporto alle cinetiche dei processi di attenuazione naturale.

Si riportano in allegato solo alcune pubblicazioni per eventuali approfondimenti. Si vuole tuttavia segnalare richiamare all'attenzione casi esempio, in virtù di alcune analogie all'area in oggetto:

- 1) Caso di bonifica area ex militare (armeria) e discarica abusiva di materiali eterogenei a Taranto interessanti il suolo e sottosuolo (0-2 m) contaminati da metalli pesanti (cromo, arsenico, zinco, piombo, cadmio) e PCB. In quel caso il bosco non era preesistente ed è stato realizzato con essenze di pioppo (Monviso). Per i dettagli si veda la documentazione allegata.
  
- 2) Caso di bonifica di un'area ex sede di impianto di gestione di inerti, utilizzata illegalmente dal proprietario come discarica abusiva di rifiuti industriali pericolosi contenenti metalli pesanti e idrocarburi pesanti, oltre ad IPA e PCB. L'intervento di scavo e smaltimento off site dei rifiuti ha previsto lo smaltimento di oltre 70.000 t di rifiuto ed un onere di oltre 6M€ (intervento operato d'ufficio ai sensi dell'art. 250 del D.Lgs 152/2006 dal Comune a seguito di esproprio e finanziamento da parte della della Regione e dello Stato). Al termine della bonifica quale impatto dovuto alla ex discarica risultano presenti nel suolo superficiale alcuni superamenti dovuti a metalli pesanti con valori compresi tra i limiti di CSC di colonna A e colonna B (in concentrazioni del tutto analoghe a quelle rilevate nel sito dei Prati di Caprara) a parte lo Zn che in alcuni punti evidenzia superamenti anche di colonna B. Sono inoltre presenti in falda (livello piezometrico mediamente tra 1 e 2 m di profondità) contaminazioni dovute a Nichel, solfato e boro. Al termine della bonifica, l'area, già comunque non edificabile in quanto ricadente in zona AVN, è stata destinata a rimboschimento, consentendo operazioni piantumazione e rinaturalizzazione, ed è stata certificata, per questa previsione di riutilizzo, l'avvenuta bonifica da parte dell'ARPAE. L'intervento prevede l'utilizzo delle piante che già spontaneamente crescono rigogliose nelle aree del sito a contaminazione residua (pioppo varie tipologie, querce, ) per completare l'opera gestendo la contaminazione in falda con un

monitoraggio dell'attenuazione naturale fitoassistito nel quale le piante consentiranno di mantenere il plume di contaminazione entro i confini del sito (fitobarriera) ed espleteranno i propri processi di fitorisanamento sugli inquinanti lisciviati sino a definitiva scomparsa, stimabile in tempi dell'ordine di 5, massimo 10 anni. Contestualmente attueranno anche i processi di fitodepurazione dei contaminanti residui ancora presenti nel suolo (metalli, PCB, IPA).

- 3) Caso ex Riva Calzoni a Bologna (attuale area residenziale e sede Esselunga). Intervento di bonifica realizzato anche con la collaborazione del sottoscritto. In tale area sono stati ritrovati cospicui interramenti di sabbie di fonderia (oltre 15.000 m<sup>3</sup>) caratterizzate da un tenore elevato di metalli (alcuni non conformi al test di cessione), ed altri terreni di riporto contaminati da idrocarburi pesanti, IPA e PCB. La bonifica di scavo e smaltimento off site ha inciso sui costi per oltre 2 M€. Le sabbie di fonderia vennero tuttavia sottoposte ad intervento di solidificazione e stabilizzazione con cemento Portland e, così inertizzate, furono riutilizzate in sito perimetralmente al sedime del parcheggio interrato, consentendo indirettamente importanti vantaggi economici nell'ambito dell'intervento edilizio.