



# Strumenti di supporto alle decisioni e classificazione delle tecnologie di bonifica

**Marco Falconi**

ISPRA



## Indice

- Interventi di messa in sicurezza
  - metodi statici
  - metodi dinamici
- Smaltimento in discarica
- Interventi di bonifica
  - suolo, sedimento
  - acque sotterranee, acque superficiali
  - off gas
- Sistemi di supporto alle decisioni

# Tipologie sistemi di messa in sicurezza

## Metodi statici

- Sbarramenti (diaframmi verticali, palancole, ecc.)
- Sistemi di isolamento superficiale
- Impermeabilizzazione orizzontale profonda con jet-grouting
- Diaframmi plastici a miscela terreno-bentonite, cemento-bentonite, cemento-bentonite con geomembrane polimeriche, diaframmi plastici sottili

# Tipologie sistemi di messa in sicurezza

## Metodi statici

- Sbarramenti (diaframmi verticali, palancole, ecc.)



## Tipologie sistemi di messa in sicurezza

### Metodi statici

- Sistemi di isolamento superficiale



## Tipologie sistemi di messa in sicurezza

### Metodi statici

- Impermeabilizzazione orizzontale profonda con jet-grouting



# Tipologie sistemi di messa in sicurezza

## Metodi statici

- Diaframmi plastici a miscela terreno-bentonite, cemento-bentonite, cemento-bentonite con geomembrane polimeriche, diaframmi plastici sottili



## Tipologie sistemi di messa in sicurezza

### Metodi di stabilizzazione/inertizzazione

- Iniezioni o mescolamenti in sito con sostanze immobilizzanti
- Escavazione, inertizzazione on-site con miscele a base di cemento + bentonite + additivi
- Vetrificazione

### Metodi dinamici

- Dreni orizzontali
- Trincee drenanti
- Barriere idrauliche con pozzi di estrazione  
(+ eventuale ricarica)



Le trincee in genere sono munite di **materiale filtrante** posizionato nel fondo scavo o con tubazioni sub-orizzontali metalliche o di plastica forellate (drenaggi sub-orizzontali).

I drenaggi costituiscono dei sistemi idraulici "continui" di captazione ed estrazione delle acque sotterranee contaminate.

Le loro caratteristiche consentono la utilizzazione in varie condizioni idrogeologiche, di eterogeneità ed anisotropia del sottosuolo.



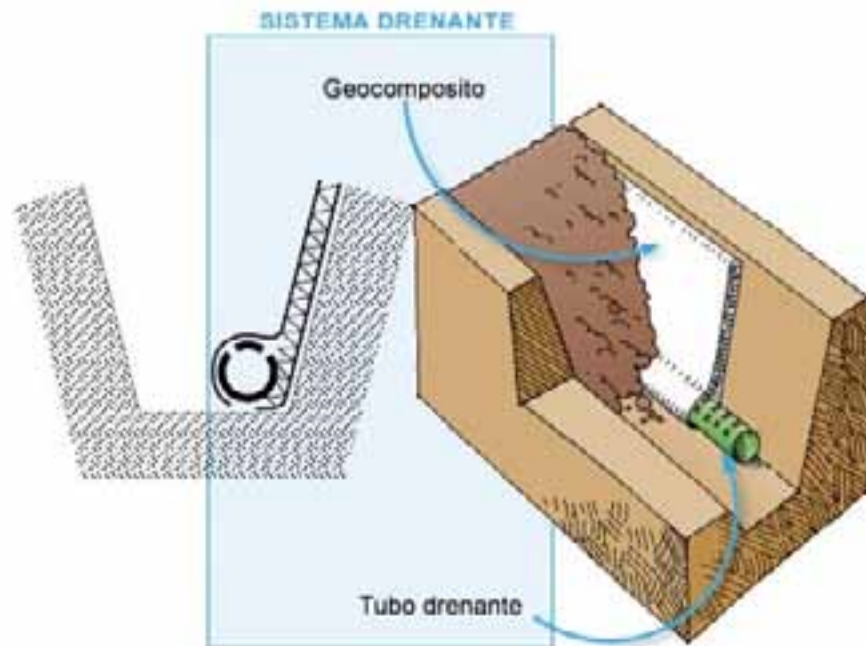
**Trincea drenante**

Le trincee in genere sono munite di **materiale filtrante** posizionato nel fondo scavo o con tubazioni sub-orizzontali metalliche o di plastica forellate (drenaggi sub-orizzontali).

I drenaggi costituiscono dei sistemi idraulici "continui" di captazione ed estrazione delle acque sotterranee contaminate.

Le loro caratteristiche consentono la utilizzazione in varie condizioni idrogeologiche, di eterogeneità ed anisotropia del sottosuolo.

## Trincea drenante



## Smaltimento in discarica

- Non una bonifica vera e propria
- Trasferimento del problema nello spazio e nel tempo
- A differenza di molte altre tecnologie è un metodo rapido che consente il rapido raggiungimento degli obiettivi di bonifica e l'immediato riutilizzo del sito.
- I principali svantaggi sono:
  - Costi elevati
  - Non sostenibilità a medio-lungo termine



# Interventi di bonifica

**Obiettivo: abbattere la presenza di sostanze inquinanti al di sotto delle CSR**

# Biologici

Tecniche distruttive che mirano a stimolare la crescita microbica attraverso l'uso dei **contaminanti come cibo e fonte di energia**, creando le condizioni per un ambiente favorevole per i microrganismi stessi. In genere questo significa fornirgli la giusta combinazione di nutrienti, O<sub>2</sub> e tenere entro un range ottimale, la temperatura ed il pH. Talvolta i microrganismi specifici per determinati contaminanti possono essere aggiunti al suolo. Hanno bassi costi ma anche minor efficienza e tempi lunghi.

# Chimico-Fisici

I metodi chimico-fisici sfruttano le proprietà fisiche del contaminante o della matrice contaminata per **distruggere** (far reagire chimicamente), **separare** o **contenere** la contaminazione. I costi sono maggiori rispetto ai biologici. E' necessario talvolta trattare o smaltire i residui delle tecniche di separazione.

# Termici

Tecniche distruttive che **utilizzano il calore** per aumentare la volatilità (separazione), bruciare, decomporre o fondere (immobilizzare) i contaminanti.

I trattamenti termici impiegano tempi brevi ma alti costi (energia ed equipaggiamento).

## Matrici da decontaminare

Suolo superficiale

Suolo profondo

Sedimento



Acque sotterranee

Acque superficiali



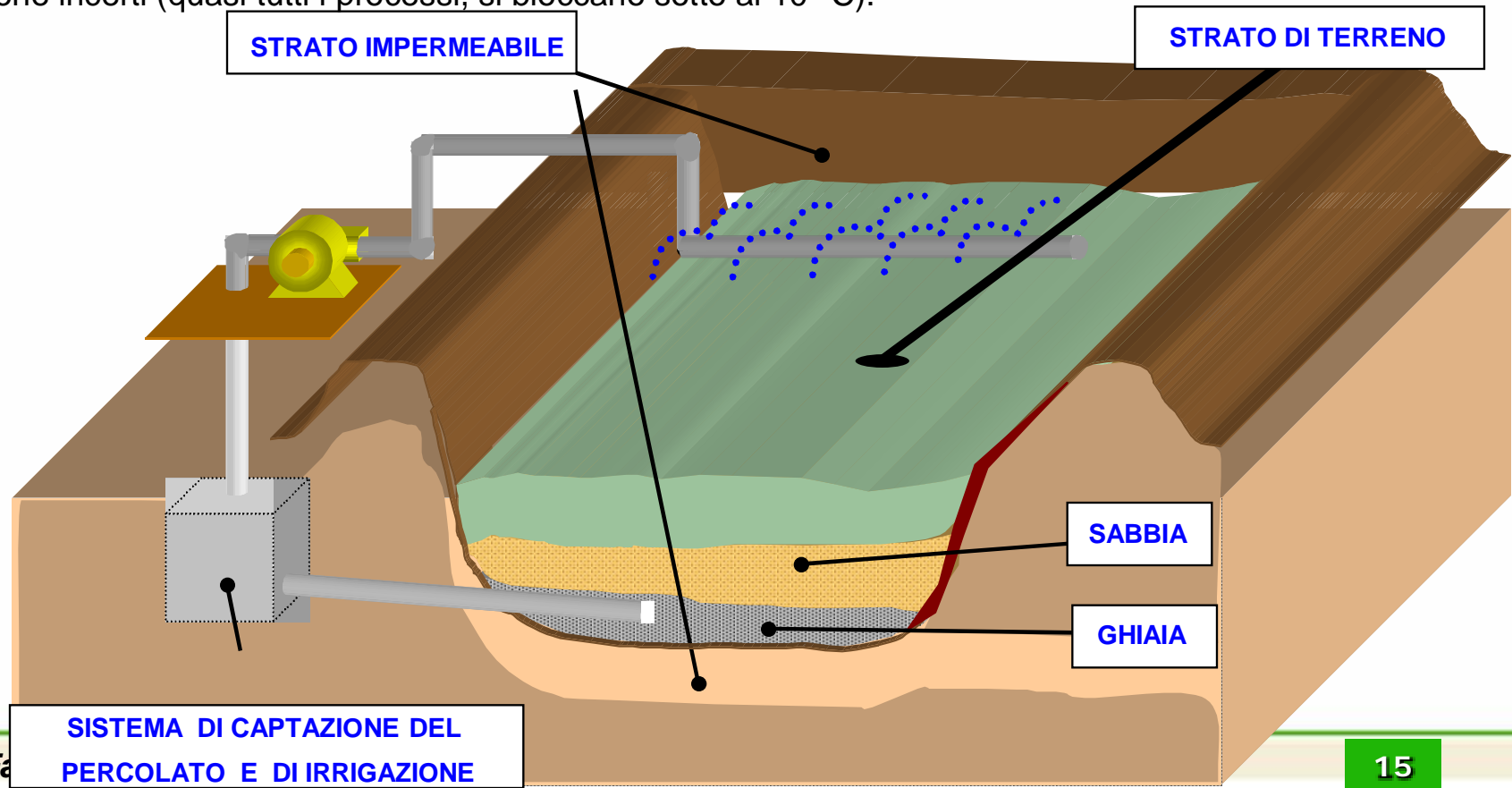
## Landfarming

Prevede l'escavazione e consiste nello stendere un terreno o un sedimento contaminato sopra un letto sabbioso, sistemando un manto impermeabile in **HDPE** (spessore di circa 1 mm) al fondo dello stesso per proteggere il sottosuolo e un sistema di raccolta del percolato. **Il suolo viene dissodato periodicamente** per garantire un'efficace miscelazione fra i microrganismi naturalmente presenti, l'ossigeno, i nutrienti e le sostanze contaminanti.

- Tratta idrocarburi, fenoli, pesticidi, cianati
- è un trattamento relativamente semplice da installare e da mantenere, ma ha tempi di realizzazione incerti (quasi tutti i processi, si bloccano sotto ai 10 °C).



**Bio**



Conformazione Naturale

## Constructed wetlands



Conformazione Ingegnerizzata



- Può essere applicato all'Acid Mine Drainage (Fe, Pb, Cr, Zn, S e pH)
- Tratta anche i composti organici (semi)volatili
- I metalli possono essere chelati o creare complessi con la sostanza organica, precipitare come solfuri o carbonati, o essere presi dalle piante.
- Quando il sistema non ha più capacità di assorbimento, il principale metodo per la rimozione rimane la formazione di solfuri metallici (batteri solfato-riduttori ossidano la sostanza organica per formare  $H_2S$  che poi reagisce con i metalli a formare solfuri che poi precipitano).



## Attenuazione naturale monitorata




E' diverso dall'opzione "do nothing" e si basa sui processi naturali del sottosuolo come diluizione, volatilizzazione, biodegradazione, assorbimento e reazioni chimiche con il sottosuolo che permettono di ridurre la concentrazione al di sotto dei livelli di accettabilità.


1. Osservazione di una riduzione nella concentrazione dei contaminanti
  2. Indicatori geochimici di degradazione e stima del grado di attenuazione
  3. informazioni microbiologiche e analisi ancor più sofisticate della 1° e della 2° linea di evidenza come uso di modelli o stime di capacità di assimilazione.
- Applicabile per **idrocarburi**, **solventi** e altri composti chimici nelle acque e nei suoli.
  - La prima e la seconda evidenza sono necessarie per autorizzare l'implementazione del metodo. La terza è richiesta quando le prime 2 sono inadeguate o non conclusive.
  - Il **tempo** necessario deve essere "**ragionevole**" quando è confrontato con le tecnologie di bonifica.
  - Il prodotto libero deve essere **rimosso** alla massima estensione possibile.
  - Il monitoraggio deve essere continuato da a 1 a 3 anni **dopo** che le concentrazioni obiettivo sono state raggiunte.



BIOSCREEN attempts to answer two fundamental questions regarding RNA:

- 
1. How far will the dissolved contaminant plume extend if no engineered controls or further source zone reduction measures are implemented?

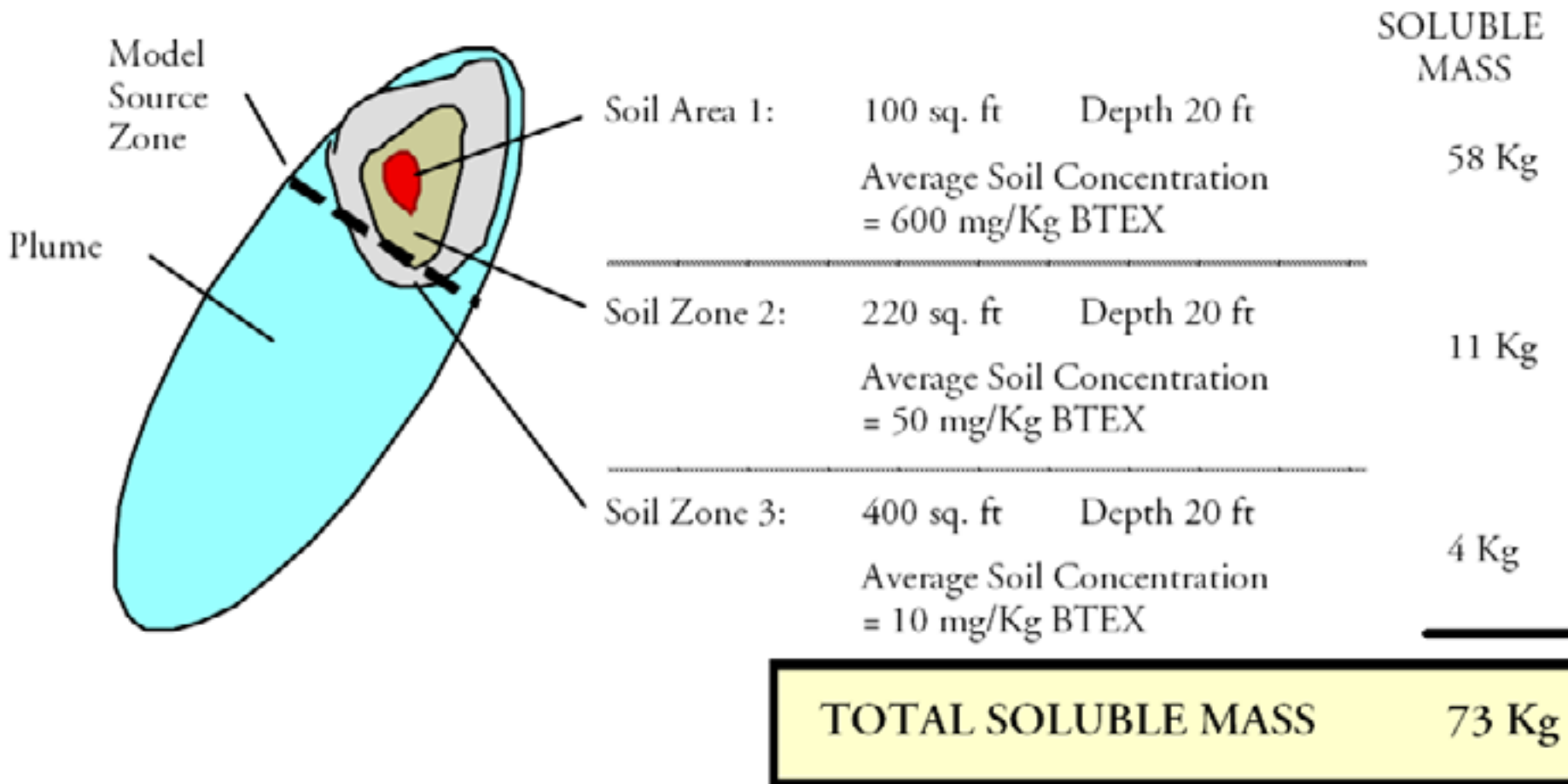
BIOSCREEN uses an analytical solute transport model with two options for simulating in-situ biodegradation: first-order decay and instantaneous reaction. The model will predict the maximum extent of plume migration, which may then be compared to the distance to potential points of exposure (e.g., drinking water wells, groundwater discharge areas, or property boundaries). Analytical groundwater transport models have seen wide application for this purpose (e.g., ASTM 1995), and experience has shown such models can produce reliable results when site conditions in the plume area are relatively uniform.

- 
2. How long will the plume persist until natural attenuation processes cause it to dissipate?

BIOSCREEN uses a simple mass balance approach based on the mass of dissolvable hydrocarbons in the source zone and the rate of hydrocarbons leaving the source zone to estimate the source zone concentration vs. time. Because an exponential decay in source zone concentration is assumed, the predicted plume lifetimes can be large, usually ranging from 5 to 500 years. Note: This is an unverified relationship as there are few data showing source concentrations vs. long time periods, and the results should be considered order-of-magnitude estimates of the time required to dissipate the plume.

# BIOSCREEN

## INPUT





1. As a screening model to determine if RNA is feasible at a site.



In this case, BIOSCREEN is used early in the remedial investigation to determine if an RNA field program should be implemented to quantify the natural attenuation occurring at a site. Some data, such as electron acceptor concentrations, may not be available, so typical values are used. In addition, the model can be used to help develop long-term monitoring plans for RNA projects.



2. As the primary RNA groundwater model at smaller sites.

The Air Force Intrinsic Remediation Protocol (Wiedemeier, Wilson, *et al.*, 1995) describes how groundwater models may be used to help verify that natural attenuation is occurring and to help predict how far plumes might extend under an RNA scenario. At large, high-effort sites such as Superfund and RCRA sites, a more sophisticated model such as BIOPLUME is probably more appropriate. At less complicated, lower-effort sites such as service stations, BIOSCREEN may be sufficient to complete the RNA study. (Note: "Intrinsic remediation" is a risk-based strategy that relies on RNA).

**BIOSCREEN** has the following limitations:

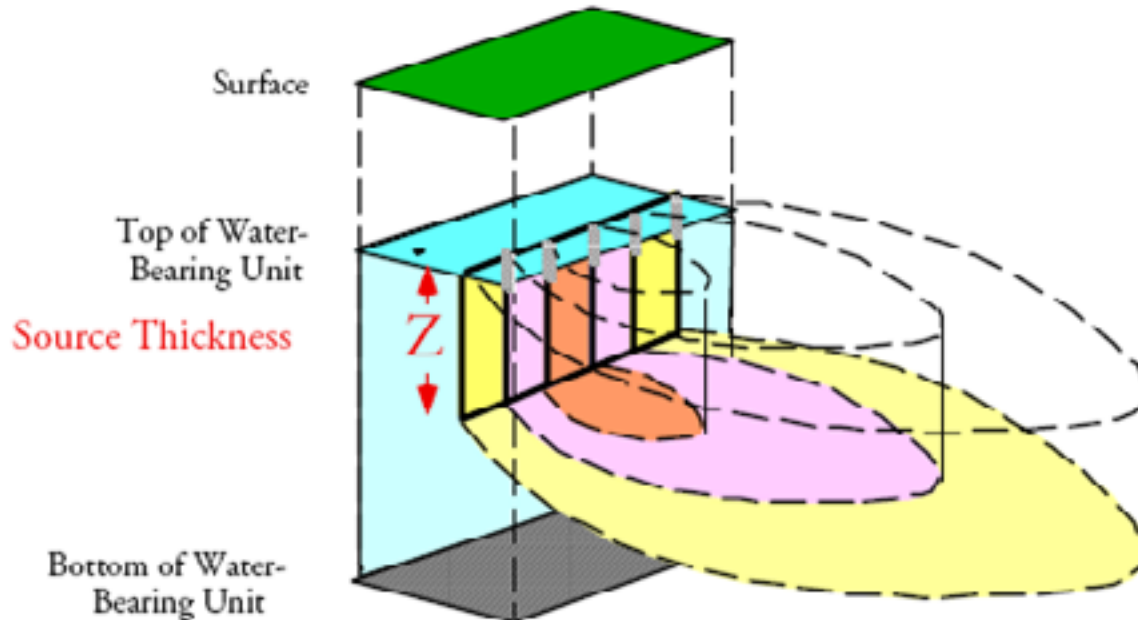
1. As an analytical model, BIOSCREEN assumes simple groundwater flow conditions.
2. As a screening tool, BIOSCREEN only approximates more complicated processes that occur in the field.

# BIOSCREEN

### Source Thickness In Saturated Zone ( $z$ )

ft

The Domenico (1987) model assumes a vertical plane source of constant concentration. For many fuel spill sites the thickness of this source zone is only 5 - 20 ft, as petroleum fuels are LNAPLs (light non-aqueous phase liquids) that float on the water table. Therefore, the residual source zones that are slowly dissolving, creating the dissolved BTEX plume, are typically restricted to the upper part of the aquifer.



# BIOSCREEN

# Soil Flushing

1. Applicazione del fluido di lavaggio (acqua arricchita con reagenti chimici) al suolo e al sottosuolo
2. Dissoluzione e/o dispersione dell'inquinante nel liquido stesso
3. Recupero a valle della soluzione con sistema di estrazione
4. Ricircolo fluido di lavaggio/Smaltimento contaminanti

Chi/Fis

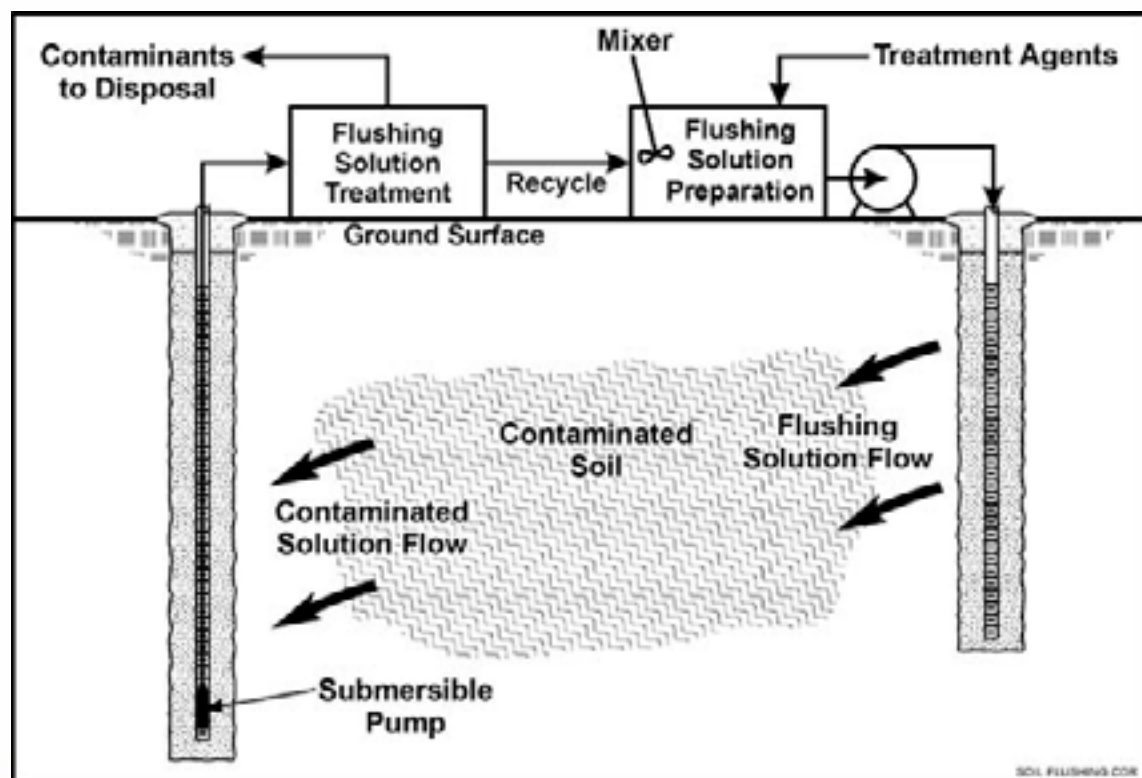


## Vantaggi

- Può essere usato congiuntamente a metodi biologici
- Tratta anche i metalli
- Terreni grossolani

## Svantaggi

- Grandi quantitativi di liquido inquinato
- Applicabilità al solo spessore insaturo
- La necessità di un'accuratissima ricostruzione del bilancio iniezione/estrazione



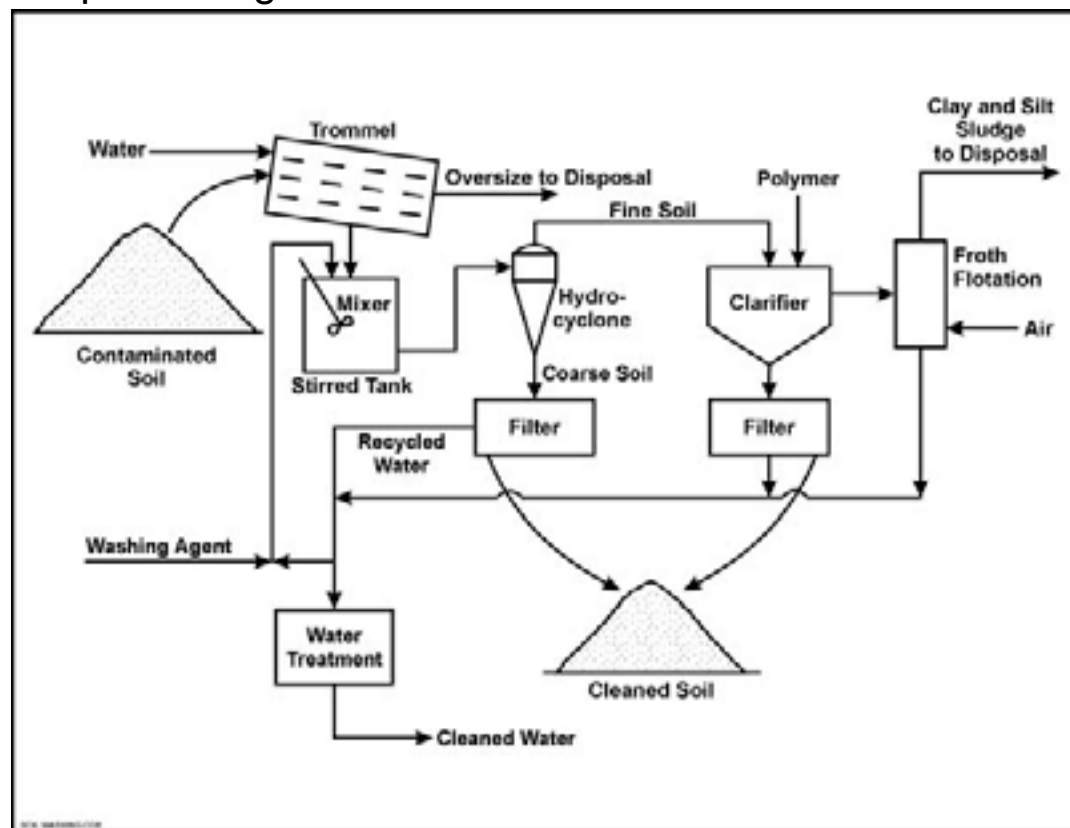
# Soil Washing

I contaminanti presenti nel suolo sono da essi separati e portati in soluzione anche eventualmente mediante l'uso di additivi. Mediante surfatanti, aggiustamento del pH e l'uso di agenti chelanti si produce la rimozione di composti organici e di metalli. Il fluido di lavaggio deve essere poi trattato prima dello scarico

Applicabile ai SVOC, i combustibili e i composti inorganici

- La presenza di materiali fini può richiedere l'**aggiunta di polimeri** per la loro rimozione dal fluido di lavaggio.
- Le **miscele** di contaminanti provocano difficoltà nella selezione della tipologia e nell'efficacia del fluido di lavaggio.
- Un elevato contenuto di acidi umici richiede un **pretrattamento** dei materiali.
- Le acque di processo richiedono un trattamento.

## Chi/Fis



## Strippaggio in pozzo

Chi/Fis



- Iniezione all'interno di un pozzo verticale finestrato a due differenti profondità (uno nel saturo e uno nell'insaturo).

- Risalita di acqua con strippaggio dei VOC

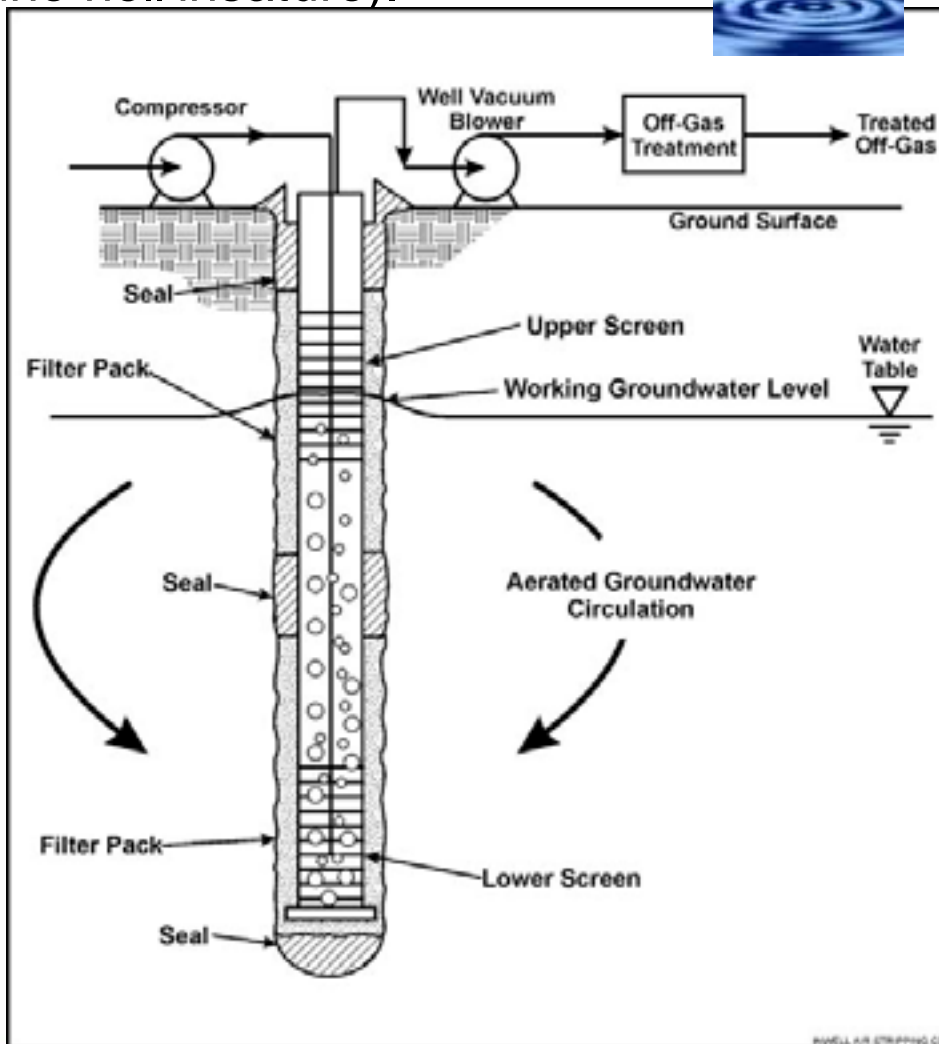
- Potenziale iniezione di additivi (ad es. nutrienti, accettori di elettroni ecc.)

- La durata del trattamento è in funzione dalla natura dei contaminanti e delle caratteristiche idrogeologiche del sito di applicazione

- Non ci sono acque di rifiuto = minori costi

- Migliori risultati

- VOC, Halogenated-VOC e SVOC.
- Grandi profondità della falda (minori costi di pompaggio).





# Incenerimento (1)

## Term



1) **Pretrattamento:** il suolo viene generalmente omogeneizzato attraverso un frantumatore multistadio (a sinistra) che rende il materiale in pezzatura non superiore a 30-60 mm;

2) **Trattamento termico:** il materiale viene setacciato ed inviato al forno che solitamente è del tipo a tamburo rotante (a destra); una temperatura di 200-400 °C determina l'evaporazione dell'umidità del terreno ed una prima separazione delle sostanze organiche più volatili; dopo un tempo di permanenza di 10/15 minuti il terreno abbandona il tamburo rotante ed i gas provenienti dall'incenerimento vengono combusti a temperature superiori.



## Incenerimento (2)

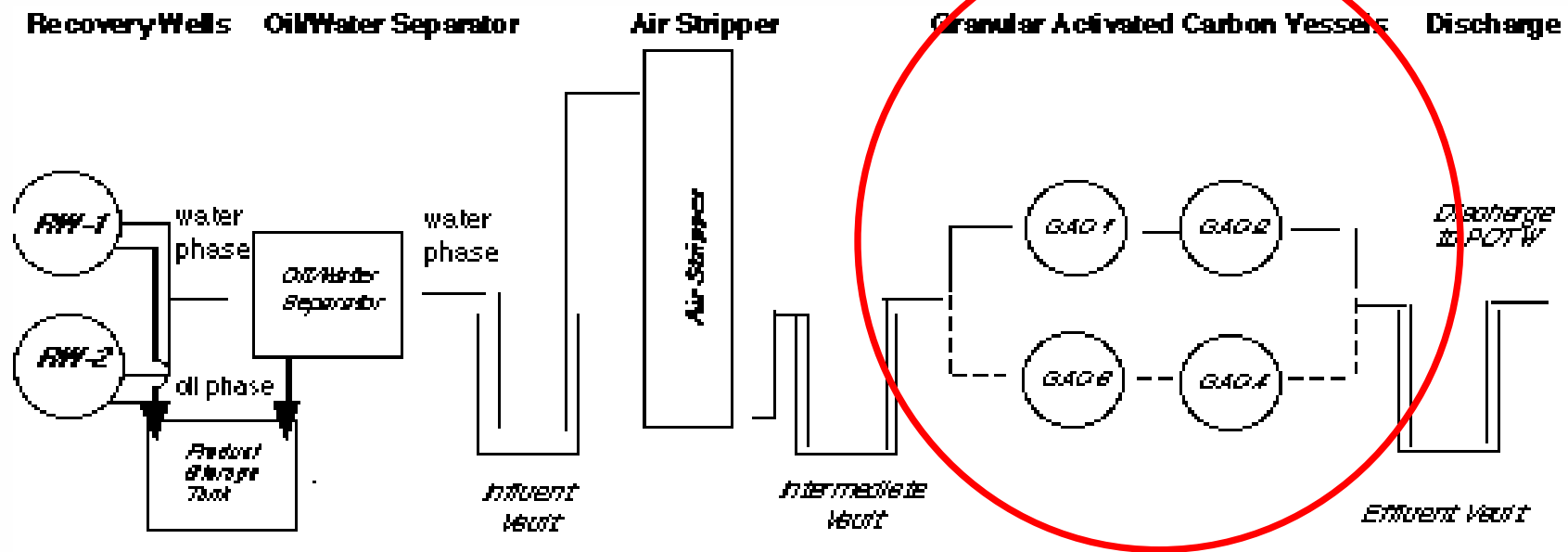
3) **Trattamento degli effluenti gassosi**: in quest'ultima fase vengono abbattute le sostanze tossiche passate alla fase gassosa; trattamento per l'abbattimento delle polveri, poi trattamenti a secco oppure ad umido.

Necessita una valutazione di fattibilità dell'intervento (oltre alle caratteristiche dei contaminanti, anche quelle dei terreni/rifiuti da trattare)

- Umidità
- Granulometria
- Sostanza organica
- Temperatura di fusione

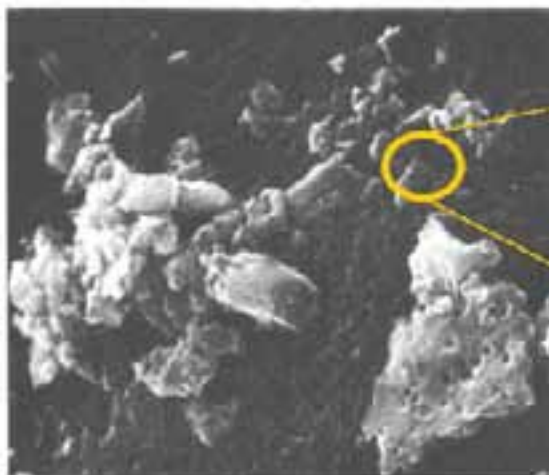


## Carbone attivo granulare (GAC)



- L'acqua è pompata in una colonna contenente carbone attivo e lascia la colonna attraverso un sistema di scarico.
- I contaminanti vengono adsorbiti nei carboni attivi ad alto rapporto superficie/massa (fino a **1200 m<sup>2</sup>/grammo**)
- Il filtro deve essere periodicamente sostituito o rigenerato (**-5-10%**).
- Si lavora con più colonne **in serie** ed **in parallelo**, sicuramente non si avrà mai un esaurimento totale del sistema di depurazione.

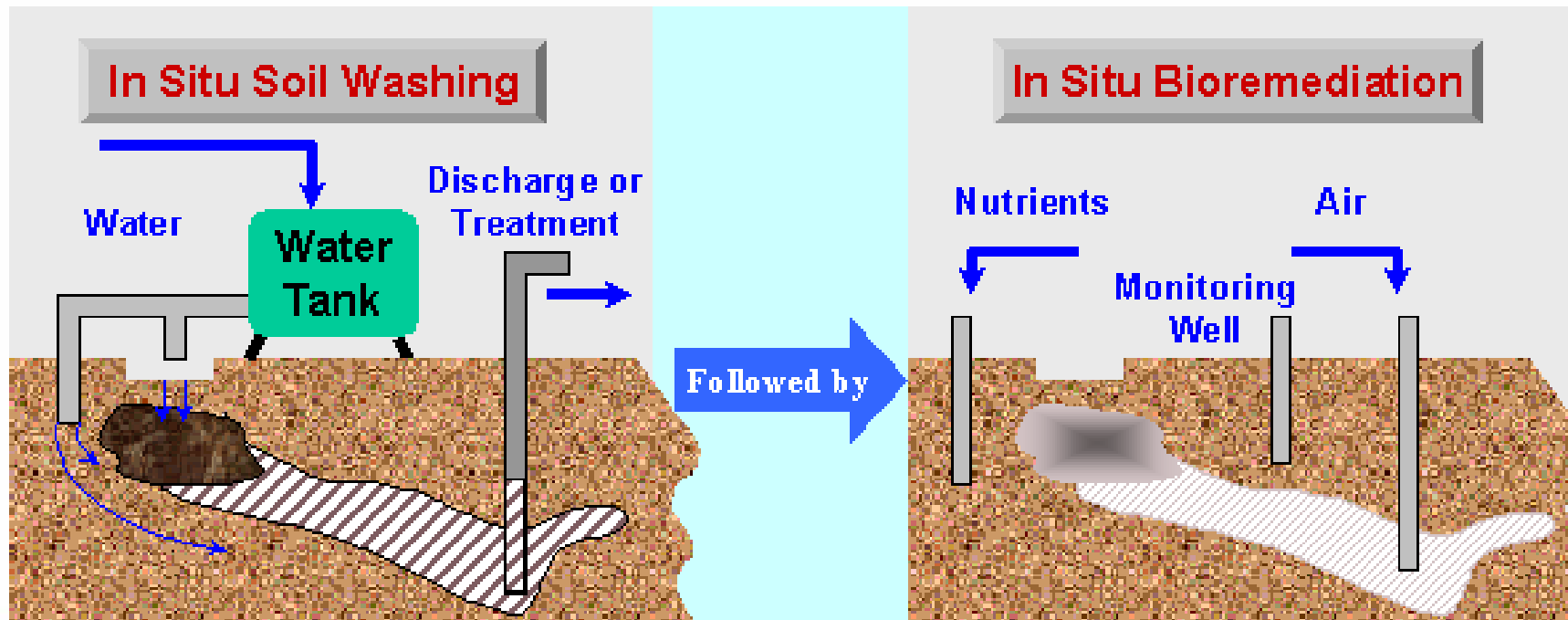
# Carbone attivo granulare (GAC)



<b>Materia prima</b>	<b>Densità (kg/L)</b>	<b>Struttura del CA</b>	<b>Applicazioni</b>
<b>Legno tenero</b>	0,4 -0,5	molle, grande volume del poro	adsorbimento di fase acquosa
<b>Lignite</b>	1,00 -1,35	duro, piccolo volume del poro	trattamento d'acqua di scarico
<b>Nutshells</b>	1,4	duro, alta concentrazione di micropori	adsorbimento di fase del vapore
<b>Antracite</b>	1,5 -1,8	duro, volume grande del poro	adsorbimento gas

## Criteri di scelta degli interventi

- individuazione delle alternative di intervento percorribili in relazione alle sostanze presenti ed al loro livello ed ai caratteri fisico - idrogeologici del sito;
- la migliore compatibilità ambientale ed i tempi di applicazione;
- l'analisi costi-benefici delle diverse alternative.
- la possibilità di implementare treni di tecnologie





- Home
- What's New?
- Technology Screening Matrix
- Cost & Performance Case Studies
- Decision Support Matrix
- Environmental Cost Engineering
- Remediation Optimization
- FRTR Meetings
- Current Publications
- Agency Program Links
- Abbreviations & Acronyms
- Glossary
- Archives
- Site Map
- Search
- Comments

## Technology Screening Matrix

The Remediation Technologies Screening Matrix *NOTE: This document can only be accessed by those using Netscape (Version 6 or higher) or Internet Explorer. Updated in 2007*

A user-friendly tool for screening potentially applicable technologies for a remediation project. The matrix allows you to screen 64 *in situ* and *ex situ* technologies for either soil or groundwater remediation. Variables used in screening include contaminants, development status, overall cost, and cleanup time. In-depth information on each technology is also available, including direct links to the database of cost and performance reports written by FRTR members.

**<http://www.frtr.gov>**

[Home](#) || [What's New?](#) || [Technology Screening Matrix](#) || [Cost & Performance Case Studies](#)  
[Decision Support Matrix](#) || [Environmental Cost Engineering](#) || [Remediation Optimization](#) || [FRTR Meetings](#)  
[Current Publications](#) || [Agency Program Links](#) || [Abbreviations & Acronyms](#) || [Glossary](#) || [Archives](#)  
[Site Map](#) || [Search](#) || [Comments](#)

URL: <http://www.frtr.gov/scmttools.htm>  
 Page last modified on: Monday, July 14, 2008



- Home
- What's New?
- Technology Screening Matrix
- Cost & Performance Case Studies
- Decision Support Matrix
- Environmental Cost Engineering Remediation Optimization
- FRTR Meetings
- Current Publications
- Agency Program Links
- Abbreviations & Acronyms
- Glossary
- Archives
- Site Map
- Search
- Comments

## Environmental Cost Estimating Tools

- 
[Guide to Developing & Documenting Remedial Alternative Cost Estimates During the Feasibility Study \(2000\)](#) – Updates and clarifies previous EPA guidance for developing and documenting complete and accurate remedial alternative cost estimates during the feasibility study.
- 
[Environmental Cost Element Structure \(ECES\)](#) – A standardized, comprehensive, hierarchical list of elements that might be required to accomplish environmental projects. ECES is comprised of activities conducted throughout the life-cycle of a project or program and the essential parameters that impact project cost and schedule. It includes new and baseline technologies, environmental restoration, waste management, decontamination and decommissioning (D&D), long-term stewardship, and other tasks.
- 
[Historical Cost Analysis System \(HCAS\)](#) – A PC-based stand-alone system which is used to collect and store historical cost data for hazardous, toxic, and radioactive waste (HTRW) remedial action projects. Project costs are stored in the program using the Remedial Action Work Breakdown Structure (RAWBS)
- 
[Remedial Action Cost Engineering Requirements \(RACER\) System, including TankRACER](#) – A PC-based tool for preparing cost estimates for environmental remediation, which provides location-specific estimates based on annually updated multi-agency pricing data and is suited for estimating full life-cycle costs for CERCLA and RCRA hazardous wastes, petroleum releases, and radioactive facility decontamination and decommissioning.

<http://www.frtr.gov>

# Decision Support Tool

## Decision Support Tools (DST)

This web site provides information about software tools that can be used as part of a structured decision making process for environmental site clean up.





# Decision Support Tool

Decision Support Tool	Functions  Note: □ DST supports this function; however, this function was not evaluated. ■ DST supports this function; this function was evaluated.	Interactive (I) or File (F)	Contaminants						Media					Potential Technical Team Members						
			Metals	Chlorinated Solvents	SVOCs	Pesticides / PCBs	Petroleum	Radionuclides	Soil / Sediment	Soil Gas	Air	Surface Water	Groundwater							
<a href="#">AMD Treat</a> <a href="#">Software Home Page</a>	Cost Estimating Calculator(Water Quality)	■	I	NA	NA	NA	NA	Yes	√	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	√	√	-Engineer -Geochemist	
<a href="#">ARAMS</a> <a href="#">Software Home Page</a>	Conceptual Site Model Statistical Analysis Ecological Risk Assessment Human Health Risk Assessment	■ □ □ □	I	NA	xls bt	NA	NA	Yes	√	√	√	√	√	√	√	NA	√	√	√	•Risk Assessor
<a href="#">BIOCHLOR</a> <a href="#">Software Home Page</a>	Analytical Modeling Site Screening Remedial Process Selection	■ ■ □	I	NA	NA	NA	NA	Yes	NA	√	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	√	-Hydrogeologist - General technical staff familiar with chemical fate and transport
<a href="#">BIOPLUME III</a> <a href="#">Software Home Page</a>	Numerical Modeling Visualization Remedial Process Selection	■ □ ■	I	NA	csv txt	bmp	bmp	Yes	NA	√	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	√	-Hydrogeologist •General technical staff familiar with chemical fate and transport
<a href="#">BIOSCREEN</a> <a href="#">Software Home Page</a>	Analytical Modeling Remedial Process Selection	■ □	I	NA	xls	NA	xls	Yes	NA	NA	NA	NA	√	NA	NA	NA	NA	NA	√	•Hydrogeologist
<a href="#">CAMEO</a>	Database	■	I/F	mer	zip	jpg	jpg	Yes	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	•Emergency

# TABLE 3-2: TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance					Availability	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's	Nonhalogenated SVCC's	Halogenated SVCC's	Fuels	Inorganics	Radionuclides	Explosives
			O&M	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time									
			<b>Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge</b>													
<b>3.1 In Situ Biological Treatment</b>																
4.1 Bioventing	●	●	●	●	●	●	○	●	●	◇	●	○	●	○	◇	○
4.2 Enhanced Bioremediation	●	●	○	○	○	●	○	●	●	●	●	◇	●	◇	◇	●
4.3 Phytoremediation	●	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	◇	○	○	○	○
<b>3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment</b>																
4.4 Chemical Oxidation	●	●	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	◇	○	○
4.5 Electrokinetic Separation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○
4.6 Fracturing	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4.7 Soil Flushing	●	●	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	●	○	○
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○	○	○	●	●	○	●	●	○	○	○	●	○	○	○
4.9 Solidification/Stabilization	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○
<b>3.3 In Situ Thermal Treatment</b>																
4.10 Thermal Treatment	●	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
<b>3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)</b>																
4.11 Biopiles	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	◇	●	◇	○	○
4.12 Composting	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	○	◇	●	○	○	●
4.13 Landfarming	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	○	○	●	○	○	◇
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	○	○	○	○	○	○	●	○	●	●	◇	●	◇	○	●

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance					Availability	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's
			O&M	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time			
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge										
<b>3.1 In Situ Biological Treatment</b>										
4.1 Bioventing	●	●	●	●	●	●	○	●	●	◇
4.2 Enhanced Bioremediation	●	●	○	○	○	●	○	●	●	●

## Factors

● Above Average

### Development Status

Scale status of an available technology

Implemented as part of the final remedy at multiple sites, well documented, understood, etc.

### Treatment Train

Is the technology only effective as part of the treatment train?

Stand-alone technology (not complex in terms of number of media/treatment technologies, maybe one "routine" technology in addition)

○ Average

○ Below Average

Has been implemented at full scale but still needs improvements, testing, etc.

Not been fully implemented but has been tested (pilot, bench, lab scale) and is promising

Relatively simple (two-car train or so), and well understood, widely applied, etc.

Complex (more technologies, media to be treated, generates excessive waste, etc.)

<b>Factors</b>		<b>● Above Average</b>
<b>Relative Costs</b> Design, construction, and operations and maintenance (O&M) costs of the core process that defines each and pre-and post-treatment		Low degree of general costs relative to other options
<b>Time</b> Time required to clean up a "standard" site using the technology	in situ soil	Less than 1 year
	ex situ soil	Less than 0.5 year
	groundwater	Less than 3 years

<b>● Average</b>	<b>○ Below Average</b>
Average degree of general costs relative to other options 1-3 years	High degree of general costs relative to other options More than 3 years for in situ soil
0.5-1 year	More than 1 year for ex situ soil
3-10 years	More than 10 years for water

	Composti Inorganici										Composti Organici										Tempi	Necessità di manutenzione/ monitoraggio a lungo termine	Impatti a breve e lungo termine sulle risorse naturali	Applicabilità e limiti	Casi Studio																									
	Arsenico	Cadmio	Cromo	Piombo	Mercurio	Zinco	Altri metalli e composti inorganici	Idrocarburi Aromatici	Idrocarburi Policiclici Aromatici	Idrocarburi Alifatici clorurati cancerogeni	Idrocarburi Alifatici clorurati non cancer.	Idrocarburi Alifatici alogenati cancer.	Nitrobenzeni	Clorobenzeni	Fenoli non clorurati	Fenoli clorurati	Ammine aromatiche	Fitofarmaci	Diossine e furani																															
<b>Suolo, sedimenti</b>																																																		
<b>- trattamento biologico in situ</b>																																																		
- Bioventing	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Bioremediation	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Phytoremediation	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
<b>- trattamento chimico-fisico in situ</b>																																																		
- Ossidazione chimica	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Ossidazione elettrochimica	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Separazione elettrocinetica	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Soil Flushing	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Soil Vapour Extraction	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Solidificazione/Stabilizzazione	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
<b>- trattamento termico in situ</b>																																																		
- Trattamento termico	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
<b>- trattamento biologico ex situ (con escavazione)</b>																																																		
- Biopile	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Compostaggio	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Landfarming	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Bioreattori	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
<b>- trattamento chimico-fisico ex situ (con escavazione)</b>																																																		
- Estrazione chimica	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Ossidazione/riduzione chimica	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Soil Washing	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						
- Solidificazione/Stabilizzazione	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB					bt	html																						

[http://www.apat.gov.it/site/\\_files/Matrice\\_tecnologie\\_ISPRA\\_rev050908.pdf](http://www.apat.gov.it/site/_files/Matrice_tecnologie_ISPRA_rev050908.pdf)



### INTERSTATE TECHNOLOGY & REGULATORY COUNCIL

*Advancing Environmental Solutions*

[About ITRC](#) | [News](#) | [Teams](#) | [Contacts](#) | [Membership](#) | [Outreach Materials](#) | [Travel Reimbursement](#)

[Internet-Based Training](#)

[Classroom Training](#)

[Guidance Documents](#)

[Quarterly Updates](#)

[Meetings](#)

[Success Stories](#)

[Planning](#)

## Guidance Documents



ITRC guidance documents help state environmental agencies gain technical knowledge and develop consistent regulatory approaches for reviewing and approving specific technologies. The documents are developed by multidisciplinary, consensus-based teams that receive input from states, federal agencies, the private sector, academia, and citizen stakeholders. Guidance documents are categorized below by authoring team. To view or request documents authored by any team, click the corresponding gray button.

[View Shopping Cart](#)

ITRC documents are provided free of charge, as long as quantities last. To order hard copies, choose a team below, then check the table to verify document availability and make requests. Use the View Shopping Cart link (at right) to see the items in your cart.

Accelerated Site Characterization	Alternative Landfill Technologies	Bioremediation of DNAPLs	Brownfields
Constructed Wetlands	<a href="#">Dense Nonaqueous Phase Liquids</a>	Diffusion/Passive Samplers	Ecological Land Reuse
Enhanced Attenuation: Chlorinated Organics	Enhanced In Situ Bionitrification	In Situ Bioremediation	In Situ Chemical Oxidation
Enhanced Remediation: In Situ Chemical Oxidation	Enhanced Remediation: In Situ Phytoremediation	Mitigation Wetlands	MTBE and Other Fuel Oxygenates
Enhanced Remediation: In Situ Phytoremediation	Enhanced Remediation: In Situ Phytoremediation	Phytotechnologies	Plasma Technologies
Policy	Radionuclides	Remediation Process Optimization	Risk Assessment Resources
Sampling, Characterization and Monitoring	Small Arms Firing Range	Thermal Desorption	Unexploded Ordnance

<http://www.itrcweb.org>

## Ottimizzazione degli interventi

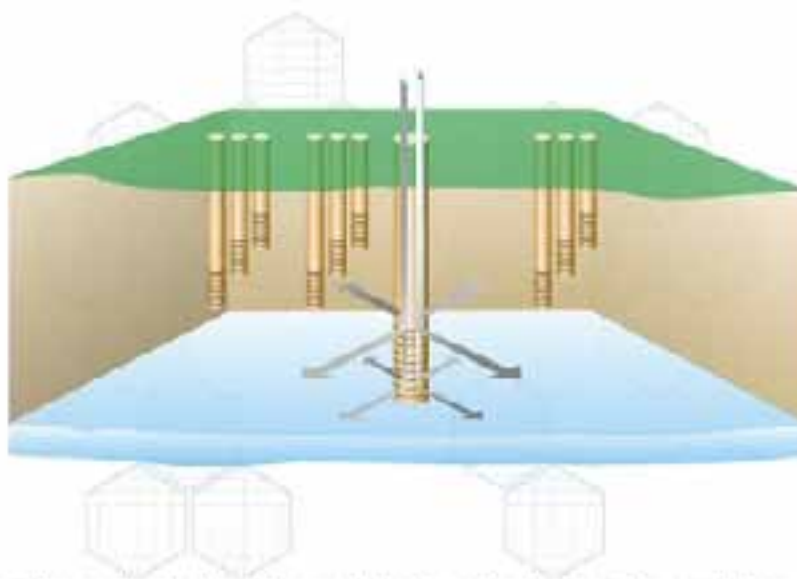


- Obiettivi della Remedial Site Evaluation:
  - Assicurare la presenza di un obiettivo finale
  - Riduzione dei costi e ottimizzazione del processo considerando lo stato attuale del sito e le nuove tecnologie
  - Assicurare un'adeguata manutenzione alla strumentazione
  - Il rapporto di RSE deve avere un prezzo ragionevole 25.000 \$ (18.000 €)

[www.environmental.usace.army.mil/rse\\_checklist.htm](http://www.environmental.usace.army.mil/rse_checklist.htm)

**Inside AFCEE**
[Resource Library](#) > [Technology Transfer](#) > [Programs and Initiatives](#) > [Bioventing](#)

## Bioventing



**Bioventing** is the process of aerating soils to stimulate in situ biological activity and promote bioremediation. Bioventing typically is applied in situ to the vadose zone (i.e., unsaturated soils) by injecting oxygen in the form of air. Bioventing systems are designed to maximize biodegradation while minimizing volatilization. The technology is applicable to any chemical that can be aerobically biodegraded; however, to date has been implemented primarily at petroleum-contaminated sites.

- Overview
- Development History
- Cost
- **Site Screening**
- When To Use
- When To Avoid
- Bioventing Sites
- Resources

# Air Force Center for Engineer and the Environment



**Inside AFCEE**
[Resource Library](#) > [Technology Transfer](#) > [Programs and Initiatives](#) > [Bioventing](#)

### Bioventing: Site Screening

Site characterization is an important step in determining the feasibility of bioventing and in providing information for a full-scale bioventing design. *Volume 2* of the Bioventing Principles and Practice Manual discusses site characterization methods that are recommended for bioventing sites based on field experience and a statistical analysis of the Bioventing Initiative data. These parameters have proven to be the most useful in predicting the potential applicability of bioventing at a contaminated site. The sequence of site characterization activities that should be conducted at a potential bioventing include the following:

1. Review existing site data
2. Conduct soil gas survey
3. Characterize soil
4. Perform in situ respiration testing
5. Perform soil gas permeability testing

In general, sites may be deemed amenable for bioventing if the following parameters are met:

- Low oxygen in soil gas (less than 2% vol/vol) compared to background (e.g., 15 - 21%)
- High carbon dioxide in soil gas (greater than 2%) compared to background (e.g., 0.5%)
- Elevated volatile hydrocarbons in soil gas
- Contaminants of concern above cleanup goals

Thus, one can use standard soil gas techniques to confirm the appropriateness of bioventing. At sites where the contamination is at sufficiently shallow depths (typically < 20 ft [6.1 m]), a soil-gas survey should be conducted initially to determine whether oxygen-limited conditions exist. Oxygen-limited conditions are a good indicator that bacteria capable of degrading the contaminants of concern are present, given that soil gas in uncontaminated vadose zone soils generally will exhibit oxygen concentrations equivalent to ambient air. The soil gas survey also assists in delineating the extent of contamination and locating suitable areas for well and monitoring point placement. Data on soil gas concentrations of oxygen, carbon dioxide, and total petroleum hydrocarbons (TPH) can provide valuable insight into the extent of subsurface contamination and the potential for in situ bioventing. *Addendum One, Test Plan and Technical Protocol for A Field Treatability Test for Bioventing - Using Soil Gas Surveys to Determine Bioventing Feasibility and Natural Attenuation Protocol*, provides a working knowledge of how soil gas can be used as an indicator of subsurface hydrocarbon contamination and how bioventing feasibility can be determined using soil gas monitoring techniques.



The screenshot shows the EPA CLU-IN website. At the top left is the CLU-IN logo (an orange circle with smaller circles around it) and the EPA logo (United States Environmental Protection Agency). To the right is the text 'Technology Innovation Program' and a search bar. The main heading is 'Clean-Up Information' with 'Contaminated Site' above it. Below the heading is a navigation menu with tabs: Technologies, Contaminants, Issues, Strategies & Initiatives, Vendors & Developers, Training & Events, and Additional Resources. Below the menu, the breadcrumb 'CLU-IN | Technologies | Remediation' is visible. The main content area features the text 'Technologies Remediation' and 'EPA CLU-IN' in large green letters. To the right, there are links for 'Other Remediation Resources' and a 'Staying Connected' button with social media icons.

## About Remediation Technologies

[Air Sparging](#) | [Bioreactor Landfills](#) | [Bioremediation of Chlorinated Solvents](#) | [Bioventing and Biosparging](#) | [Electrokinetics](#) | [Fracturing](#) | [Ground-Water Circulating Wells](#) | [In Situ Flushing](#) | [In Situ Oxidation](#) | [Multi-Phase Extraction](#) | [Natural Attenuation](#) | [Permeable Reactive Barriers](#) | [Phytotechnologies](#) | [Remediation Optimization](#) | [Soil Vapor Extraction](#) | [Soil Washing](#) | [Solvent Extraction](#) | [Thermal Treatment: Ex Situ](#) | [Thermal Treatment: In Situ](#) |

Innovative Remediation Technologies: Field-Scale Demonstration Projects in North America, 2nd Edition, Year 2000 Report

**POPULAR!**

A revision and expansion of the EPA publication Completed North American Innovative Technology Demonstration Projects, the project information in the new document is now available in an online, searchable database of ongoing and completed field demonstrations of innovative remediation technologies sponsored by government agencies working in partnership with private technology developers to bring new technologies into the hazardous waste remediation marketplace.

Note: This database only contains projects through June 2000. Current demonstration project information is available within the separate Remediation Technology Demonstration Project Profiles database.

[Overview](#)

[Browse or Search Projects](#)

[Download \(532K/PDF\)](#)

[Order EPA 542-B-00-004](#)

[Remediation Technology Demonstration Project Profiles](#)



[Contact Us](#)  
[Site Map](#)