



13-15 MAGGIO
2024

**S
T
I
N**



BONIFICA SITI INQUINATI

PROCEDIMENTO DI BONIFICA

Ing. Emiliano SANDRIN



Esiste una legislazione europea in materia di protezione dei suoli?

- Non esiste una legislazione comune europea in materia di bonifica di siti contaminati e di gestione di terre e rocce da scavo.
- Ogni paese ha approvato la propria disciplina, con differenze notevoli all'interno dell'Unione e con ovvie conseguenze anche dal punto di vista della parità di trattamento tra imprese operanti in diversi paesi europei.
- Esistono, tuttavia, norme europee approvate in ambiti diversi da quello delle bonifiche che indirettamente incidono anche su tale settore:

➡ Direttiva europea sulla responsabilità ambientale (Direttiva 2004/35/EU), in particolare per quanto riguarda l'applicazione del principio **“chi inquina paga”**;

➡ Direttiva europea sulle emissioni industriali (Direttiva 2010/75/EU) che prevede la presentazione, prima della messa in esercizio dell'installazione, di una «relazione di riferimento» contenente informazioni sullo stato di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee da parte di sostanze pericolose pertinenti al fine di effettuare un raffronto in termini quantitativi con lo stato al momento della cessazione definitiva delle attività.



Normativa nazionale

La disciplina della bonifica dei siti contaminati è stata introdotta nel nostro ordinamento nel 1997 con il decreto legislativo n. 22/1997 (cd. Decreto Ronchi) e il D.M. 471/1999.

Attualmente, è disciplinata al **Titolo V, della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 (Norme in materia ambientale)** ed è corredato da cinque allegati.

In particolare, ai fini della definizione di un sito come contaminato, si è passati da un sistema completamente **tabellare** ad un approccio basato sulla **valutazione del rischio sanitario e ambientale** correlato allo stato di contaminazione del sito.



Normativa nazionale – parametri di valutazione della contaminazione dei siti

Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) – articolo 240, comma 1 lett. b

Sono definite all'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV alla tabella 1 per suolo e sottosuolo in base alle destinazioni d'uso (verde pubblico, privato e residenziale oppure commerciale e industriale) e tabella 2 per le acque sotterranee.

Rappresentano i livelli di contaminazione delle matrici ambientali **al di sopra dei quali** è necessaria:

- la caratterizzazione del sito
- l'analisi di rischio sito-specifica.

Sito potenzialmente contaminato

Concentrazioni soglia di rischio (CSR) – articolo 240, comma 1 lett. c)

Livelli di contaminazione delle matrici ambientali, «accettabili per il sito», da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi rischio sito specifica e sulla base dei risultati della caratterizzazione,.

Il superamento delle CSR richiede la messa in sicurezza e la bonifica del sito.





Ambito di applicazione del Titolo V Parte quarta del d.lgs 152/2006 e abbandono rifiuti

Il concetto di **inquinamento e quello di bonifica** sono distinti da quello di **rifiuto**, ed infatti ai sensi dell'art. 239, comma 2, lettera a), del d. lgs. 152/2006 la disciplina delle bonifiche non si applica "all'abbandono dei rifiuti disciplinato dalla parte quarta del ... decreto". Ciò risponde evidentemente a logica, prima che a diritto, perché **non necessariamente l'abbandono di un rifiuto genera un inquinamento** in senso proprio e richiede una bonifica. Si tratta però di un'eventualità possibile, e quindi il legislatore dispone, anche qui, che come regola i rifiuti abbandonati vadano senz'altro rimossi, ai sensi dell'art. 192 del decreto, e dispone poi con l'art. 239, comma 2, lettera a), seconda parte che "qualora, a seguito della rimozione, avvio a recupero, smaltimento dei rifiuti abbandonati o depositati in modo incontrollato, si accerti il superamento dei valori di attenzione, si dovrà procedere alla caratterizzazione dell'area ai fini degli eventuali interventi di bonifica e ripristino ambientale". (Consiglio di Stato Sez. IV n. 5768 del 5 agosto 2021).

Presupposto per l'applicazione della disciplina in materia è, dunque, la presenza di una (potenziale) contaminazione del sito.



RIFIUTI

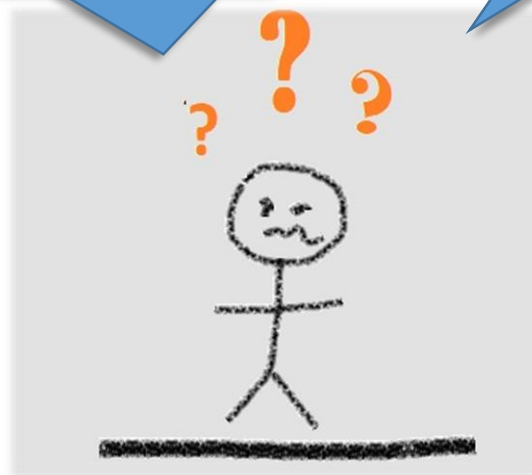
PARTE QUARTA – TITOLO DA I A IV

BONIFICHE

PARTE QUARTA –
TITOLO V

RIFIUTI E BONIFICHE SITI INQUINATI SONO ENTRAMBI DISCIPLINATI DALLA PARTE QUARTA DEL D.LGS 152/06

- **SONO LA STESSA COSA?**
- **UNO IMPLICA NECESSARIAMENTE L'ALTRO?**
- **QUANDO SI ENTRA NEL PROCEDIMENTO DI BONIFICA?**



242. Procedure operative ed amministrative

1. **Al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di contaminare il sito**, il responsabile dell'inquinamento mette in opera entro ventiquattro ore le misure necessarie di prevenzione e ne dà immediata comunicazione ai sensi e con le modalità di cui all'articolo 304, comma 2. La medesima procedura si applica all'atto di individuazione di contaminazioni storiche che possano ancora comportare rischi di aggravamento della situazione di contaminazione.



D.LGS 152/2006
Art. 242
nel dettaglio:



Comma 1: Al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di contaminare il sito, il responsabile dell'inquinamento mette in opera entro ventiquattro ore le misure necessarie di prevenzione e ne dà immediata comunicazione secondo le modalità di cui all'articolo 304, comma 2. 
La medesima procedura si applica all'atto di individuazione di contaminazioni storiche che possano ancora comportare rischi di aggravamento della situazione di contaminazione.



Comma 2: Il responsabile dell'inquinamento, attuate le necessarie misure di prevenzione, svolge, nelle zone interessate dalla contaminazione, un'indagine preliminare sui parametri oggetto dell'inquinamento..... e.....



Comma 2: ove accerti che il livello delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) non sia stato superato, provvede al ripristino della zona contaminata, dandone notizia, con apposita autocertificazione,  al comune ed alla provincia competenti per territorio entro quarantotto ore dalla comunicazione.
L'autocertificazione conclude il procedimento



E se invece le indagini preliminari evidenziano che nonostante le misure di prevenzione e ripristino dei luoghi **permangono valori superiori alle CSC ?**

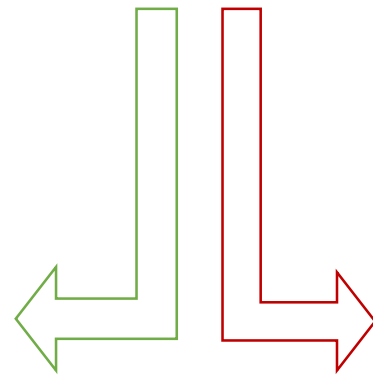


Comma 3: Qualora l'indagine preliminare di cui al comma 2 **accerti** l'avvenuto **superamento** delle CSC **anche per un solo parametro**, il responsabile dell'inquinamento ne dà immediata notizia  al comune ed alle province competenti per territorio con la descrizione delle misure di prevenzione e di messa in sicurezza di emergenza adottate. Nei successivi **trenta giorni**, presenta alle predette amministrazioni, **nonché alla regione territorialmente competente** il **PIANO DI CARATTERIZZAZIONE (PDC)** ►
Sulla base delle risultanze della caratterizzazione, al sito è applicata la procedura di **ANALISI DEL RISCHIO SITO SPECIFICA (ADR)** ► per la determinazione delle concentrazioni soglia di rischio (CSR)e.....



Nella **Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia** **dal 01/01/2017** le Province sono state abolite e le relative **competenze in tema di siti contaminati** delle Province **sono state assorbite dalla Regione** stessa

Comma 5: Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la **concentrazione** dei contaminanti presenti nel sito è **< delle CSR** con l'approvazione del documento dell'analisi del rischio, **viene dichiarato concluso positivamente il procedimento.**



Comma 7: Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la **concentrazione** dei contaminanti presenti nel sito è **> delle CSR**, il **soggetto responsabile** sottopone alla regione, nei successivi **sei mesi** dall'approvazione del documento di analisi di rischio, il **PROGETTO OPERATIVO INTERVENTI DI BONIFICA (POB)** ► o DI **MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)** o **PERMANENTE (MISP)** ►, e, **ove necessario**, le **ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale**, al fine di minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione del sito.



IL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE - PDC



La caratterizzazione ambientale di un sito è identificabile con **l'insieme delle attività che permettono di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali**, in modo da ottenere le informazioni di base **su cui prendere decisioni realizzabili e sostenibili per la messa in sicurezza e/o bonifica del sito**. Le attività di caratterizzazione devono essere condotte in modo tale da permettere la validazione dei risultati finali da parte delle Pubbliche Autorità in un quadro realistico e condiviso delle situazioni di contaminazione eventualmente emerse.

Per caratterizzazione dei siti contaminati si intende quindi l'intero processo costituito dalle seguenti fasi disciplinate nei :

CRITERI GENERALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI CONTAMINATI ALLEGATO 2 – PARTE QUARTA D.LGS152/06

- 1. Ricostruzione storica** delle attività produttive svolte sul sito.
- 2. Elaborazione del Modello Concettuale Preliminare** del sito e predisposizione di **un piano di indagini ambientali** finalizzato alla definizione dello stato ambientale del **suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee**.
- 3. Esecuzione** del piano di **indagini** e delle eventuali indagini integrative necessarie alla luce dei primi risultati raccolti.
- 4. Elaborazione dei risultati** delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.
- 5. Elaborazione del Modello Concettuale Definitivo**.
- 6. Identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili** - sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza e/o di bonifica, che si rendessero successivamente necessari a seguito dell'analisi di rischio- **calcolati mediante analisi di rischio**





PRIMA DELL'APPROVAZIONE DEL PDC IN CDS

MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

è realizzato sulla base delle **informazioni storiche disponibili prima dell'inizio del Piano di investigazione**, nonché di eventuali indagini condotte nelle varie matrici ambientali nel corso della normale gestione del sito. Con il modello concettuale preliminare vengono infatti descritte: caratteristiche specifiche del sito in termini di potenziali fonti della contaminazione; estensione, caratteristiche e qualità preliminari delle matrici ambientali influenzate dalla presenza dell'attività esistente o passata svolta sul sito; potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati. **Tale modello deve essere elaborato prima di condurre l'attività di campo in modo da guidare la definizione del Piano di investigazione.**

PIANO DI INDAGINI AMBIENTALI

Le indagini avranno l'obiettivo di:

- verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo e acque sotterranee; definire il grado, l'estensione volumetrica dell'inquinamento; delimitare il volume delle aree di interrimento di rifiuti;
- individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali ricettori;
- ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- individuare i possibili ricettori.

A tal fine devono essere definiti:

- l'ubicazione e tipologia delle indagini da svolgere, sia di tipo diretto, quali sondaggi e piezometri, sia indiretto, come i rilievi geofisici;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo, rifiuti e acque sotterranee;
- il piano di analisi chimico-fisiche e le metodiche analitiche;
- la profondità da raggiungere con le perforazioni, assicurando la protezione degli acquiferi profondi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento ;
- le metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.

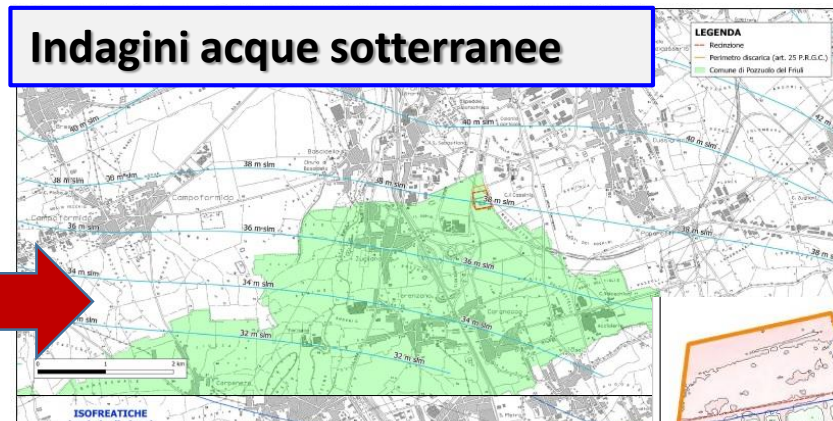




Raccolta dati pregressi

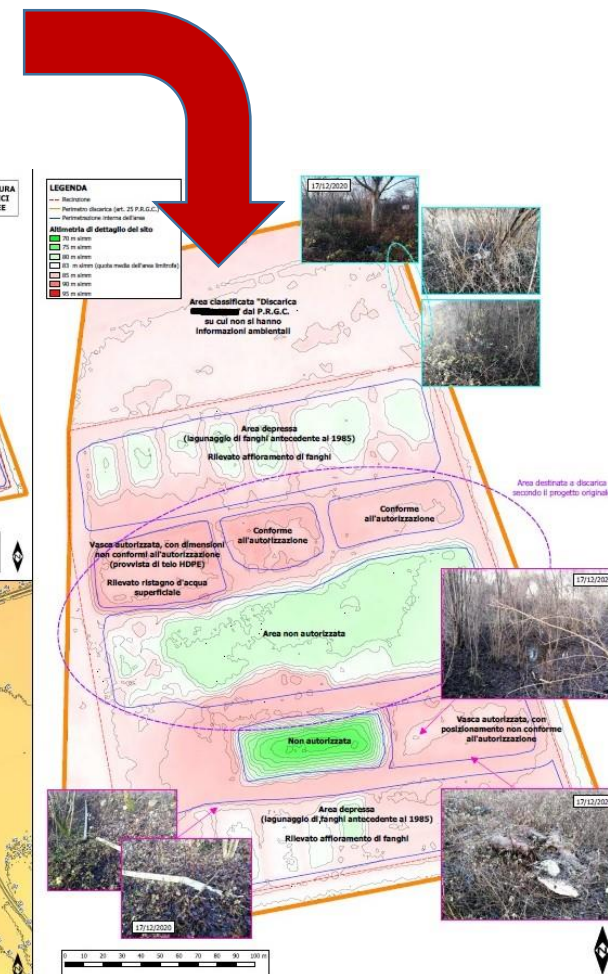
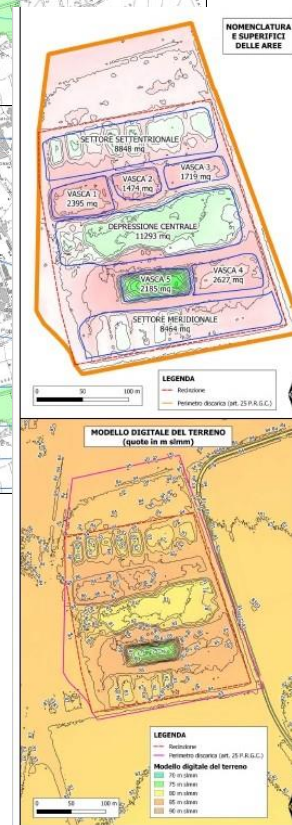


Indagini acque sotterranee



Scelta ubicazione sondaggi /piezometri

Indagini preliminari sito specifiche





ESECUZIONE PDC DOPO APPROVAZIONE IN CDS

MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

Il Modello Concettuale Definitivo include:

- le caratteristiche specifiche del sito in termini di stato delle **potenziali fonti della contaminazione (attive, non attive, in sicurezza, ecc.)**;
- **grado ed estensione della contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee del sito** e dell'ambiente da questo influenzato; a tale fine dovranno essere individuati dei **parametri specifici di rappresentazione** (ad esempio; concentrazione media della sorgente secondaria di contaminazione);
- **percorsi di migrazione** dalle sorgenti di contaminazione ai **bersagli** individuati nello **scenario attuale** (siti in esercizio) o **nello scenario futuro** (in caso di riqualificazione dell'area).

Parte integrante del modello concettuale del sito è la definizione del **modello idrogeologico** dell'area che descrive in dettaglio le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi superficiali e profondi **in quanto possibili veicoli della contaminazione**.

Il Modello Concettuale definitivo costituisce pertanto la base per l'applicazione dell'Analisi di Rischio che dovrà verificare gli scenari di esposizione in esso definiti.

IDENTIFICAZIONE DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE RESIDUA ACCETTABILI

Fatto salvo quanto previsto per i casi in cui si applicano le procedure speciali (procedure semplificate, D.M. carburanti etc.) la caratterizzazione del sito si riterrà conclusa **con la definizione da parte del Proponente e l'approvazione da parte delle Autorità Competenti dei risultati della caratterizzazione**.

Questi ultimi porteranno:

- **alla chiusura del procedimento** se le concentrazioni riscontrate in sito risulteranno inferiori alle CSC
- **alla identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili (CSR)** nel terreno e nelle acque sotterranee mediante l'applicazione dell'analisi di rischio sito specifica che dovrà essere sviluppata verificando i percorsi di esposizione attivi individuati dal Modello Concettuale Definitivo





Suolo/sottosuolo



Parametro	Sondaggio S7 - 1 fango	Sondaggio S7 - 2 Terreno superficiale	Sondaggio S7 - 3 Terreno profondo	Limite Colonna A Tabella 1 D. Lgs 152/06
Profondità	0 - 3,80 m	3,80 - 4,80 m	4,80 - 5,80 m	-
Cadmio (mg/Kg)	3,7	3,3	0,30	2
Piombo (mg/Kg)	5900	1500	27	100
Zinco (mg/Kg)	630	170	46	150

Parametro	Sondaggio S8 - 1 fango	Sondaggio S8 - 2 Terreno superficiale	Sondaggio S8 - 3 Terreno profondo	Limite Colonna A Tabella 1 D. Lgs 152/06
Profondità	0 - 3,80 m	3,80 - 4,80 m	4,80 - 5,80 m	-
Cadmio (mg/Kg)	2,8	< 0,2	< 0,2	2
Piombo (mg/Kg)	6000	4,6	5,0	100
Zinco (mg/Kg)	580	15	16	150

Parametro	Sondaggio S9 - 1 fango	Sondaggio S9 - 2 Terreno superficiale	Sondaggio S9 - 3 Terreno profondo	Limite Colonna A Tabella 1 D. Lgs 152/06
Profondità	0 - 3,80 m	3,80 - 4,80 m	4,80 - 5,80 m	-
Cadmio (mg/Kg)	2,8	< 0,2	< 0,2	2
Piombo (mg/Kg)	6000	4,6	5,0	100
Zinco (mg/Kg)	580	15	16	150

Acque sotterranee



8.2. Risultati analitici acqua di falda

Nella tabella sottostante si riportano i risultati analitici della matrice acqua di falda che presentano dei superamenti rispetto ai limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione della tabella 2 allegato 4 del D. Lgs. 152/06 per quanto riguarda il primo ciclo di campionamento dei quattro previsti dal Piano di Caratterizzazione ambientale.

Si sono registrati superamenti nei piezometri Pz1, Pz2, Pz3 e Pz4

Parametro	Piezometro Pz1	Piezometro Pz2	Piezometro Pz3	Piezometro Pz4	Limite CSC Tabella 2 D. Lgs 152/06
Ferro (µg/l)	1940	83	1150	9,2	200
Manganese (µg/l)	800	8,7	85	37,6	50
Boro (µg/l)	910	3860	2490	9700	1000
Solfati (µg/l)	130	260	22	41	250

Parametro	Sondaggio S10 - 3 Terreno profondo	Limite Colonna A Tabella 1 D. Lgs 152/06
Profondità	3,30 - 4,30 m	-
Cadmio (mg/Kg)	< 0,2	2
Piombo (mg/Kg)	33	100
Zinco (mg/Kg)	25	150





ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA - ADR



I CRITERI GENERALI PER L'ANALISI DI RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE SITO - SPECIFICA SONO DEFINITI NELL'ALLEGATO 1 – PARTE QUARTA D.LGS152/06

L'analisi di rischio si può applicare **prima, durante e dopo** le operazioni di bonifica o messa in sicurezza in quanto la grandezza rischio, in tutte le sue diverse accezioni, ha costantemente al suo interno componenti probabilistiche. Nella sua applicazione per definire gli obiettivi di risanamento è importante sottolineare che la probabilità **non è legata all'evento di contaminazione** (già avvenuto), quanto alla **natura probabilistica degli effetti nocivi** che la contaminazione, o meglio l'esposizione ad un certo contaminante, può avere sui ricettori finali.

L'articolato normativo fa riferimento a **due criteri-soglia** di intervento: **il primo (CSC)** da considerarsi valore di attenzione, superato il quale occorre svolgere una caratterizzazione ed **il secondo (CSR)** che identifica i livelli di contaminazione residua accettabili, calcolati mediante analisi di rischio, sui quali impostare gli interventi di messa in sicurezza e/o di bonifica

Posto che le Concentrazione soglia di contaminazione (**CSC**) nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti sono fissate per norma (Allegato 5 parte quarta D.Lgs 152/06 **Tabella 1** e **tabella 2**) al fine di determinare correttamente le CSR , indipendentemente dal tipo di metodologia impiegata dovranno essere parametrizzate le seguenti componenti:

- **CONTAMINANTI INDICE**
- **SORGENTI**
- **VIE E MODALITÀ DI ESPOSIZIONE**
- **RICETTORI FINALI**





CONTAMINANTI INDICE



La scelta dei contaminanti indice, desunti dai risultati della caratterizzazione, deve tener conto dei seguenti fattori:

- **Superamento della o delle CSC, ovvero dei valori di fondo naturali.**
- **Livelli di tossicità.**
- **Grado di mobilità e persistenza nelle varie matrici ambientali**
- **Correlabilità ad attività svolta nel sito**
- **Frequenza dei valori superiori al CSC.**

SORGENTI



Le indagini di caratterizzazione dovranno portare alla valutazione della **geometria** della sorgente: tale valutazione dovrà necessariamente tenere conto delle **dimensioni globali del sito**, in modo da procedere, eventualmente, ad una **suddivisione in aree omogenee** sia per le caratteristiche idrogeologiche che per la presenza di sostanze contaminanti, da sottoporre individualmente ai calcoli di analisi di rischio.





VIE DI
ESPOSIZIONE



Le **vie di esposizione** sono quelle mediante le quali il potenziale **bersaglio entra in contatto** con le **sostanze inquinanti** tramite:

- **esposizione diretta** se la via di esposizione coincide con la sorgente di contaminazione;
- **esposizione indiretta** se il contatto con l'inquinante avviene a seguito della migrazione dello stesso

Le vie di esposizione sono dunque:

- **Suolo superficiale** (compreso fra piano campagna e 1 metro di profondità).
- **Suolo profondo** (profondità > di 1 metro).
- **Aria outdoor** (porzione di ambiente aperto, aeriforme, dove si possono avere evaporazioni di sostanze inquinanti).
- **Aria indoor** (porzione di ambiente aeriforme confinata in ambienti chiusi)
- **Acqua sotterranea** (falda superficiale e/o profonda).





MODALITA' DI ESPOSIZIONE

Le **modalità di esposizione** per il contatto tra l'inquinante ed il bersaglio sono:

- **INGESTIONE DI ACQUA POTABILE.**
- **INGESTIONE DI SUOLO.**
- **CONTATTO DERMICO.**
- **INALAZIONE DI VAPORI E PARTICOLATO.**

RECETTORI FINALI

I **recettori o bersagli** della contaminazione sono i **recettori umani**, identificabili in **residenti e/o lavoratori presenti nel sito (on-site) o persone che vivono al di fuori del sito (off-site)**.

Particolare importanza ha la scelta del **punto di conformità per le acque sotterranee** che **rappresenta il punto** a valle idrogeologico della sorgente **al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale del corpo idrico sotterraneo**, onde consentire tutti i suoi usi potenziali. Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e **la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC** di cui all'Allegato 5 della parte quarta del D.Lgs. 152/06 ([Tabella2](#))





Analisi di rischio.... Modalità diretta o modalità inversa?

MODALITÀ DIRETTA

Sorgente



Trasporto



Bersagli

Basata sulla **rilevazione** delle **concentrazioni alla sorgente** per stimare il **rischio a cui il recettore è esposto**, sia on-site che off-site.

Metodo utilizzato al fine di determinare se le concentrazioni rilevate in sito siano compatibili con le attività svolte dai recettori

MODALITÀ INVERSA

Sorgente



Trasporto



Bersagli

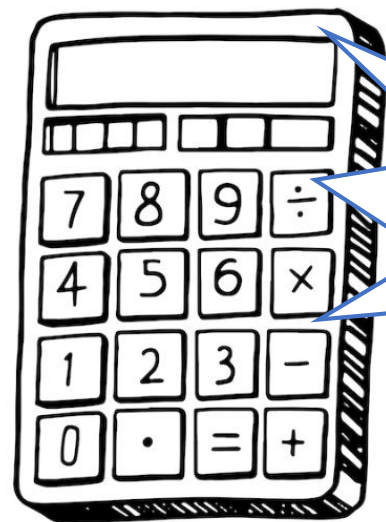
Determinato il livello di rischio a cui può essere esposto il bersaglio senza ricevere nocumento alla sua salute, **si calcola** la **massima concentrazione accettabile alla sorgente** patibile con la condizione di accettabilità del rischio,

Metodo utilizzato per determinare gli obiettivi di bonifica a cui portare in sito affinché il rischio sia accettabile rispetto alle CSR calcolate.





Definiti i parametri si procede al calcolo delle concentrazioni soglia di rischio (CSR) con l'ausilio di appositi programmi tra i quali, a titolo esemplificativo si ricorda:



File esempio

File risk

- **ROME** (ReasOnable Maximum Exposure) versione 2.1, sviluppato da ANPA nel 2001 (Italia)
- **GIUDITTA** (Gestione Informatizzata Di Tollerabilità Ambientale) ver. 3.2, sviluppato da Provincia di Milano e URS Dames & Moore nel 2008 (Italia)
- **RBCA** (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases ver. 2.6, sviluppato da Groundwater Service, Inc. nel 2010 (USA) – software commerciale
- **RISC** (Risk-Integrated Software for Cleanups) ver. 5.0 sviluppato da Spence Engineering nel 2011 (USA, UK) – software commerciale
- **RACHEL** (Risk Analysis Calculation Handbook for Environmental and Living-beings) ver. 1.1.5 sviluppato da Politecnico di Torino e Dream S.r.l. nel 2012 (Italia) – software commerciale
- **RISK-NET** ver. 3.1 sviluppato da Università degli Studi di Roma Tor Vergata nel 2018 (Italia).





Quindi.....

.....Cosa abbiamo Capito?

- **SITO POTENZIALMENTE CONTAMINATO** = sito nel quale risultano superati i valori di CSC, ma rispetto al quale ancora non si conoscono i valori di CSR
- **SITO CONTAMINATO** = sito in cui risultano superati i valori di CSR (o di CSC per il POC*)
- **SITO NON CONTAMINATO** = sito nel quale sono rispettati i valori di CSC oppure i valori di CSR (anche in presenza del superamento dei valori di CSC).
- **L' Allegato 1 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006 prescrive che nel “punto di conformità” delle acque sotterranee, cioè nel punto a valle idrogeologico della sorgente di inquinamento da fissarsi non oltre il confine del sito oggetto di bonifica, per ciascuna sostanza contaminante devono essere rispettati i valori di CSC.*





IL PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA – MESSA IN SICUREZZA (OPERATIVA – PERMANENTE)



LA BONIFICA di un sito inquinato è finalizzata ad **eliminare l'inquinamento** delle matrici ambientali o **a ricondurre le concentrazioni** delle sostanze inquinanti in suolo, sottosuolo, acque sotterranee e superficiali, **entro i valori soglia di contaminazione (CSC)** stabiliti per la destinazione d'uso prevista **o ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR)** definiti in base ad una metodologia di Analisi di Rischio condotta per il sito specifico.

Gli interventi di **MESSA IN SICUREZZA** sono finalizzati **alla rimozione e all'isolamento delle fonti inquinanti**, e al **contenimento della diffusione** degli inquinanti **per impedirne il contatto con l'uomo e con i recettori ambientali** circostanti.

Essi hanno carattere di **continuità e compatibilità** con le lavorazioni svolte **nei siti produttivi in esercizio (messa in sicurezza operativa - MISO)**, **ovvero di definitività** nei casi in cui, **nei siti non interessati da attività produttive in esercizio, non sia possibile procedere alla rimozione degli inquinanti pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili (MISP)**

NOTA BENE: **La messa in sicurezza** di un sito inquinato **è comprensiva delle azioni di monitoraggio e controllo** finalizzate alla verifica nel tempo delle soluzioni adottate ed il mantenimento dei valori di concentrazione degli inquinanti nelle matrici.





CRITERI GENERALI PER LA SELEZIONE E L'ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE, DI MESSA IN SICUREZZA (D'URGENZA, OPERATIVA O PERMANENTE), NONCHE' PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE D'INTERVENTO A COSTI SOPPORTABILI - ALLEGATO 3 – PARTE QUARTA D.LGS152/06

GLI INTERVENTI DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE E PIÙ IN GENERALE DI MESSA IN SICUREZZA DEVONO RISPETTARE I SEGUENTI CRITERI TECNICI GENERALI:

- ☐ privilegiare le tecniche di bonifica che **riducono permanentemente** e significativamente la concentrazione nelle diverse matrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- ☐ **privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito**, trattamento in-situ ed on-site del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- ☐ privilegiare le tecniche di bonifica/messa in sicurezza permanente che **bloccano** le sostanze inquinanti in composti chimici stabili (ed es. fasi cristalline stabili per metalli pesanti).
- ☐ privilegiare le tecniche di bonifica che **permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito** anche dei materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito **come materiali di riempimento**;





- ❑ **prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei** sottoposti a trattamenti off-site sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;
- ❑ **privilegiare negli interventi di bonifica** e ripristino ambientale l'impiego di **materiali** organici di adeguata qualità **provenienti da attività di recupero di rifiuti urbani**;
- ❑ **evitare ogni rischio aggiuntivo** a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori;
- ❑ evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;
- ❑ **adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso** e alle caratteristiche morfologiche, vegetazionali e paesistiche dell'area.
- ❑ per la messa in sicurezza **privilegiare gli interventi che permettano** il trattamento in situ ed il riutilizzo industriale dei terreni, dei materiali di risulta e delle acque estratte dal sottosuolo, **al fine di conseguire una riduzione del volume di rifiuti prodotti** e della loro pericolosità;





Ed infine:

- ☐ adeguare le misure di sicurezza alle caratteristiche specifiche del sito e dell'ambiente da questo influenzato;
- ☐ evitare ogni possibile peggioramento dell'ambiente e del paesaggio dovuto dalle opere da realizzare.

Tutti i criteri enunciati si traducono, all'interno del progetto, in una dettagliata analisi comparativa delle diverse tecnologie di intervento applicabili al sito in esame, in considerazione delle specifiche caratteristiche dell'area, in termini di efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali, concentrazioni residue, tempi di esecuzione, impatto sull'ambiente circostante degli interventi; questa analisi deve essere corredata da un'analisi dei costi delle diverse tecnologie.

Le alternative presentate dovranno permettere di **comparare l'efficacia** delle tecnologie **anche in considerazione delle risorse economiche disponibili** per l'esecuzione degli interventi.

in estrema sintesi, ai fini ambientali, sono sempre da preferire interventi attuati secondo il seguente ordine di priorità:

1. **interventi in-situ**: effettuati senza movimentazione o rimozione del suolo;
2. **interventi ex situ on-site**: con movimentazione e rimozione di materiali e suolo inquinato, ma con trattamento nell'area del sito stesso e possibile riutilizzo;
3. **interventi ex situ off-site**: con movimentazione e rimozione di materiali e suolo inquinato fuori dal sito stesso, per avviare i materiali e il suolo negli impianti di trattamento autorizzati o in discarica





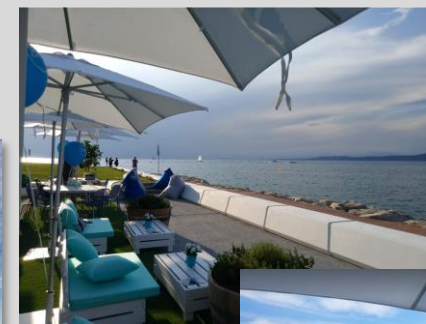
BARRIERAMENTO FISICO

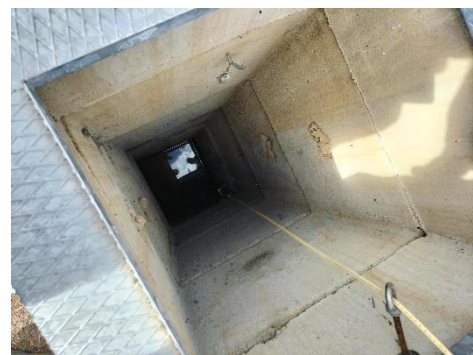
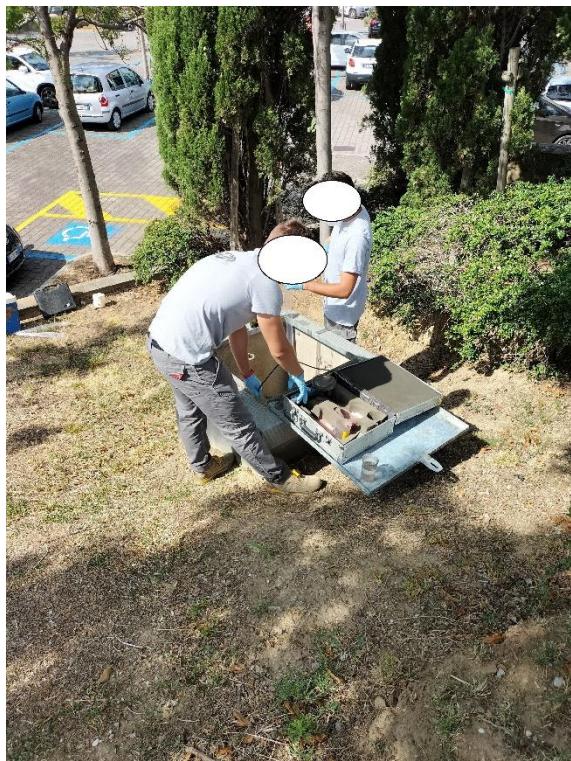
**BARRIERAMENTO
IDRAULICO**





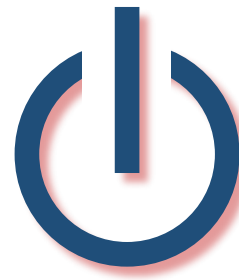
BONIFICHE SITI INQUINATI → IL PROCEDIMENTO DI BONIFICA ORDINARIO → **ESEMPI**







Switch Off – Cambio argomento



Pausa



TECNOLOGIE DI BONIFICA **VS** **CICLO GESTIONE RIFIUTI**



RICHIAMIAMO I CRITERI GENERALI PER LA SELEZIONE E L'ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE, DI MESSA IN SICUREZZA (D'URGENZA, OPERATIVA O PERMANENTE), NONCHE' PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE D'INTERVENTO A COSTI SOPPORTABILI - ALLEGATO 3 – PARTE QUARTA D.LGS152/06 - **QUESTA VOLTA LIMITATAMENTE E CON SPECIFICO RIFERIMENTO ALLA RELAZIONE CON I RIFIUTI**

- ☐ **privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito**, trattamento in-situ ed on-site del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- ☐ privilegiare le tecniche di bonifica che **permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito** anche dei materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito **come materiali di riempimento**;
- ☐ **prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei** sottoposti a trattamenti off-site sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;
- ☐ **privilegiare negli interventi di bonifica** e ripristino ambientale l'impiego di **materiali** organici di adeguata qualità **provenienti da attività di recupero di rifiuti urbani**;
- ☐ per la messa in sicurezza **privilegiare gli interventi che permettano** il trattamento in situ ed il riutilizzo industriale dei terreni, dei materiali di risulta e delle acque estratte dal sottosuolo, **al fine di conseguire una riduzione del volume di rifiuti prodotti** e della loro pericolosità;



Tutti i criteri enunciati si traducono, all'interno del progetto, in una dettagliata analisi comparativa delle diverse tecnologie di intervento applicabili al sito in esame, in considerazione delle specifiche caratteristiche dell'area, in termini di efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali, concentrazioni residue, tempi di esecuzione, impatto sull'ambiente circostante degli interventi; questa analisi deve essere corredata da un'analisi dei costi delle diverse tecnologie.

Le alternative presentate dovranno permettere di **comparare l'efficacia** delle tecnologie **anche in considerazione delle risorse economiche disponibili** per l'esecuzione degli interventi.

in estrema sintesi, ai fini ambientali, sono sempre da preferire interventi attuati secondo il seguente ordine di priorità:

1. **interventi in-situ**: effettuati senza movimentazione o rimozione del suolo;
2. **interventi ex situ on-site**: con movimentazione e rimozione di materiali e suolo inquinato, ma con trattamento nell'area del sito stesso e possibile riutilizzo;
3. **interventi ex situ off-site**: con movimentazione e rimozione di materiali e suolo inquinato fuori dal sito stesso, per avviare i materiali e il suolo negli impianti di trattamento autorizzati o in discarica



1.INTERVENTI IN-SITU

Interventi **in-situ** sono gli interventi *effettuati senza movimentazione o rimozione del suolo* che consentono il trattamento della matrice contaminata **direttamente nella sua sede geologica**, senza quindi necessità di rimuovere terreni o emungere acque di falda

Quali sono?

(a titolo esemplificativo e non esaustivo)

Per i Terreni:

- Bio venting
- Bio remediation (aerobica o anaerobica)
- Fitorimediao
- Ossidazione chimica
- Ossidazione elettrochimica
- Soil vapour extraction (SVE)
- Solidificazione sabilizzazione
- CappingEtc.

Per le acque:

- Fitorimediao
- Air sparging
- Ossidazione chimica/elettrochimica
- Barriere permeabili reattive
- Etc.



PRO

INTERVENTI IN-SITU

CONTRO



- ✓ **impatto ambientale ridotto** (nessun escavo, no polvere, no disagi olfattivi, no rumore, no traffico veicolare camion e mezzi, produzione di rifiuti ridotta ai minimi termini)
- ✓ **nessuna interruzione delle attività** svolte quotidianamente sul sito;
- ✓ **Possibilità di combinare più tecnologie** insieme per una aumentata efficacia della bonifica (es. Air Sparging + ossidazione + SVE)
- ✓ **Esistenza di impianti mobili** dedicati di pronto utilizzo
- ✓ **Costi inferiori alle bonifiche tradizionali?** (Da verificare)

- ✓ **necessitano di modellizzazione più spinta** e profonda conoscenza del sito per essere opportunamente tarati;
- ✓ **tempo di azione maggiore** rispetto ad intervento di mero asporto;
- ✓ **Non certezza dei tempi** (tempi legati alla risposta condizionata dalle condizioni a contorno (banalmente variazione climatiche piogge siccità non prevedibili)
- ✓ **Possono richiedere particolari configurazioni del sito** non sempre disponibili (area confinata, alta permeabilità etc.);
- ✓ **Possibilità di Rebound** (se seguito di interruzione trattamento)
- ✓ **Tempi di monitoraggio pre collaudo**



2. INTERVENTI EX SITU ON-SITE

Interventi **ex-situ ON SITE** sono gli interventi con movimentazione e rimozione di materiali e suolo inquinato, ma con trattamento nell'area del sito stesso e possibile riutilizzo

Quali sono?

(a titolo esemplificativo e non esaustivo)

Per i Terreni:

- Separazione/vagliatura
- Soil washing
- Etc.

Per le acque:

- Lagunaggio
- Bioreattori
- Pump & Treat (con reimmissione)
- Etc.



PRO

INTERVENTI EX-SITU ON SITE

CONTRO



- ✓ **impatto ambientale ridotto** anche se maggiore degli interventi in situ (produzione di rifiuti contenuta ma comunque presente)
- ✓ **nessuna interruzione delle attività** svolte quotidianamente sul sito ma necessitano di spazi dove collocare impianti e stoccaggi
- ✓ **Esistenza di impianti mobili** dedicati di pronto utilizzo
- ✓ **Costi inferiori alle bonifiche tradizionali?** (Da verificare)

- ✓ **necessitano di buona modellizzazione** del sito per essere opportunamente tarati;
- ✓ **tempo di azione maggiore** rispetto ad intervento di mero asporto;
- ✓ **Possono richiedere particolari configurazioni del sito** non sempre disponibili (area confinata, alta permeabilità etc.);
- ✓ **Possibilità di Rebound** (se seguito di interruzione trattamento se lo stesso non è completato)



3. INTERVENTI EX-SITU OFF- SITE

Gli Interventi **ex-situ off-site** sono gli interventi che prevedono **movimentazione e rimozione** di materiali e suolo inquinato **fuori dal sito stesso, per avviare** i materiali e il suolo **negli impianti di trattamento autorizzati o in discarica**

Quali sono?

(a titolo esemplificativo e non esaustivo)

Per i Terreni:

- Escavo e conferimento a discarica
- Invio a impianto di trattamento
- Incenerimento/pirolisi

Per le acque:

- Pump & Treat (con smaltimento)
- Pump & Stock
- Filtraggio a carboni attivi (con smaltimento)
- Etc.



PRO

INTERVENTI EX-SITU OFF-SITE

CONTRO



- ✓ **Rapidità di intervento;**
- ✓ **Verifica diretta;**
- ✓ **Minore conoscenza e modellizzazione del sito** consentono comunque l'intervento;
- ✓ **Maggior indipendenza delle condizioni a contorno** indipendente da permeabilità conformazione fisico/chimica del sito
- ✓ **Minor possibilità di rebound**
- ✓ **Esistenza di impianti mobili** dedicati di pronto utilizzo
- ✓ **Costi inferiori alle bonifiche tradizionali?** (Da verificare soprattutto su grandi volumi trattati)

- ✓ **Minor sostenibilità ambientale** (movimentazione terre, polveri, problemi odorigeni, trasporti, elevata operatività di macchine meccaniche in sito etc.)
- ✓ **Necessità di spazi per gestione cantiere** (depositi, viabilità mezzi, etc.);
- ✓ **Rischio interruzione attività produttiva in sito;**
- ✓ **Elevati costi su grandi volumi di bonifica** (costi di smaltimento o di recupero in impianto);



LE PIU' DIFFUSE TECNOLOGIE DI BONIFICA IN PILLOLE

- Insufflaggio di aria in falda (**Air Sparging**) per la volatilizzazione degli inquinanti, spesso associato all'aspirazione dei vapori contaminati dal terreno insaturo soprastante (**Soil Vapour Extraction**) – MPE **Multi Phase extraction** (quando simultaneo da terreni e acque);
- Iniezione di composti e reagenti chimici nella falda acquifera allo scopo di favorire la trasformazione degli inquinanti presenti in sottoprodotti innocui (**ossidazione chimica/riduzione chimica**);
- Stimolazione di processi di degradazione biologica aerobica e/o anaerobica ad opera di micro-organismi già presenti in falda, per mezzo di iniezione ossigeno o altre sostanze (**Bioremediation**);
- Riscaldamento del suolo in situ al fine di vaporizzare ed estrarre i contaminanti presenti (**Thermal Desorption**);



LE PIU' DIFFUSE TECNOLOGIE DI BONIFICA IN PILLOLE

- Interventi di bonifica mediante lavaggio dei terreni con impianti mobili installati in sito (**On Site Soil Washing**);
- Impianti di estrazione e trattamento delle acque di falda (Pump & Treat) – estrazione, stoccaggio e smaltimento (**Pump & Stock**)
- **Barriere permeabili reattive** (reagiscono con le acque trasformando il contaminate in sottoprodotti innocui)
- **Capping** (isolamento/sarcofago)
- **Lagunaggio** (principalmente azione meccanica di sedimentazione)
- **Bioreattori** (volumi di controllo chiusi in cui possono coesistere le 3 fasi solido/liquido/gassosa maggior efficacia che trattamento in situ)
- **Fitodepurazione** / Fitocapping (bonifica o confinamento con utilizzo di specie vegetali)



COME SI DECIDERE QUALE TECNICA UTILIZZARE?

Un primo aiuto per la selezione delle tecnologie potenzialmente applicabili, in fase di elaborazione di un progetto di bonifica può arrivare dalla **Matrice di screening delle tecnologie di bonifica sviluppata dall'ISPRA**



[https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/Matrice tecnologie ISPRA rev2018.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/Matrice_tecnologie_ISPRA_rev2018.pdf)

(Fonte: Sito ISPRA)

