

CONVEGNO/SEMINARIO TECNICO

**TUTELA DELLE FALDE IDRICHE IN TOSCANA:
UN OBIETTIVO E UN PROGETTO DI LAVORO**

Lucca, 6 Giugno 2008

RELAZIONE

**Metodi di Risanamento tradizionali e innovativi
L'Impatto Economico**

Biglia srl - Domenico Bonanno

Prevenzione

I serbatoi dismessi sono potenziali fonti di contaminazione per suoli e sottosuoli.

I serbatoi dismessi o, per meglio dire dimenticati, solitamente sono stati lasciati come l'ultimo giorno di esercizio quindi con una parte più o meno importante di combustibile all'interno. Questa è la classica situazione nella quale si possono verificare fuoriuscite accidentali di prodotto.

A causa dei vari elementi naturali e temporali, i serbatoi interrati, principalmente costruiti in ferro, perdono le loro caratteristiche strutturali e quindi il contenuto interno può migrare nel sottosuolo.

Visto il vuoto normativo in materia, quello che possiamo dire in merito alla messa in sicurezza dei serbatoi interrati sarà basato sull'esperienza e sulle regole del buon senso.

Come primo approccio al problema, bisogna eliminare la fonte di un potenziale inquinamento, quindi bonificare l'interno del serbatoio asportando completamente il contenuto interno e sgrassandolo in tutte le sue parti.

Si consiglia di farlo effettuare ad una ditta autorizzata ed abilita a svolgere tale intervento. La ditta rilascerà quindi un certificato di avvenuta bonifica.

Bonifica dei serbatoio

Le operazioni necessarie per la bonifica di un serbatoio interrato di medie piccole dimensioni sono le seguenti:

- ü predisposizione del piano operativo di sicurezza dei lavoratori D.L 626/94;
- ü allestimento del cantiere con tutte le infrastrutture provvisorie e le attrezzature necessarie allo svolgimento delle opere;
- ü impianto di illuminazione a bassa tensione per illuminazione interna al serbatoio;
- ü impianto di filtrazione aria per gli erogatori delle maschere che utilizzando gli operatori;
- ü impianto di ventilazione dei serbatoi;
- ü impianto di estrazione acque di lavaggio dai serbatoi;
- ü impianto di segnalazione acustica in caso di emergenza;
- ü impianto di recupero forzato degli operatori che accedono all'interno dei serbatoi interrati;
- ü manodopera con comprovata esperienza, specializzata e in numero adeguato all'esecuzione

dell'intervento.

Per quanto concerne i rischi legati all'attività che la ditta esecutrice sarà chiamata a svolgere, si precisa che i lavoratori addetti a tale servizi devono frequentare un corso di formazione specifico prima di essere impiegati nei servizi di bonifica.

ü Annualmente devono frequentare corsi di aggiornamento e approfondimento delle tematiche più importanti del lavoro.

ü I corsi degli operatori devono essere certificati e dimostrati.

ü Prima di iniziare l'intervento, eventuali informazioni sui rischi presenti sul luogo di lavoro dovranno essere fornite dal Committente ai sensi dell'articolo 7 del D. L.gs 626/94.

ü Materiali, automezzi, attrezzature, DPI e presidi/protezioni per l'esecuzione delle bonifiche dovranno essere conformi a quanto dettato dalle normative vigenti.

ü Rilascio certificati Gas Free.

ü Rilascio certificato di bonifica.

Per una corretta gestione della procedura di bonifica la ditta specializzata, oltre a fornire tutta la documentazione attestante le autorizzazioni dei propri operatori, dovrà fornire tutta la documentazione attestante la rintracciabilità dei rifiuti prodotti:

ü

ü rilascio copia del certificato d'iscrizione alla cat 9;

ü rilascio della copia dell'autorizzazione al trasporto dei rifiuti;

ü rilascio della copia dell'autorizzazione dell'impianto di smaltimento dei rifiuti;

ü rilascio del formulario di trasporto rifiuti.

Il serbatoio bonificato non sarà più una fonte di inquinamento.

La bonifica del serbatoio interrato elimina la fonte di inquinamento, ma non esclude che vi sia stato in passato.

Prove di Tenuta

Per verificare un eventuale cedimento strutturale del serbatoio, si può effettuare una prova di tenuta. A tal proposito ci sono varie linee di pensiero su come e con quale metodo debbono essere effettuate tali prove. La classica metodologia utilizzata, è quella di mettere in leggera pressione il serbatoio e verificarne la variazione di pressione dopo alcune ore. Tale metodo è assolutamente sconsigliato per un motivo molto semplice: nel caso il serbatoio avesse una fessura e avesse perso nel tempo del combustibile, immettendo aria favoriremmo la migrazione dello stesso.

Si ritengono più appropriate le prove in leggera depressione che, oltre ad impedire la migrazione del contaminante, nel caso di una fessura del serbatoio eventuale acqua o contaminante che si trovi all'esterno del serbatoio sarà richiamato all'interno dello stesso.

Prove di tenuta con sistema a depressione

Le prove di tenuta in leggera depressione consistono nelle operazioni di:

- Ü flangiatura delle utenze collegate al passo d'uomo, quindi tutte le tubazioni in arrivo e in partenza oltre a vari collegamenti elettrici o pneumatici;
- Ü asportazione del passo d'uomo;
- Ü installazione di apposita flangia con utenze per la prova di tenuta, quindi con valvola di non ritorno e rubinetto per chiusa flusso aria , attacco estrazione aria dal serbatoio, vuotometro per il controllo della depressione;
- Ü messa in depressione del serbatoio mediante piccola pompa;
- Ü depressione di esercizio di circa - 0,2 bar;
- Ü annotazione su apposito modulo della depressione di prova;
- Ü tenuta in depressione per 24 h;
- Ü verifica della tenuta dopo le 24 h;
- Ü ripristino utenze;
- Ü rilascio certificato;

la prova in leggera depressione si consiglia di effettuarla con il serbatoio perfettamente bonificato, ma può essere eseguita anche con presenza di combustibile al proprio interno, nel caso ci fossero dei fori o fessure nel serbatoio il prodotto contenuto potrebbe essere alterato da eventuali infiltrazioni di acqua o fango dall'esterno.

Questa metodica molto semplice, ma altrettanto efficace, consente di avere un margine di errore pari allo 0%. Resta comunque il fatto che non è assolutamente riconosciuta da nessuna normativa vigente

Prove di tenuta con sistema non distruttivo

Esistono tecnologie che utilizzano onde e ultrasuoni, ma anche queste non sono né riconosciute né normate in alcuna maniera. Una di queste tecniche propone quanto segue:

un metodo **NON DISTRUTTIVO** che controlla totalmente e contemporaneamente la cisterna, sia nella parte PIENA che nella parte VUOTA. Il sistema è denominato “**MASSTECH 2A System**” - tecnologia di massa.

Una sonda magnetica di rilevamento posizionata sul fondo del serbatoio o della vasca, collegata ad un trasduttore di pressione, registra le variazioni di massa in riferimento con la pressione assoluta generate tramite il rilascio di azoto allo stato gassoso.

Il trasduttore di pressione a sicurezza intrinseca DPI605IS è capace di rilevare micropressioni fino a ± 0.15 mbar.

- ü Probabilità di individuazione perdita pari al 100%,
- ü probabilità di falso allarme dello 0%.
- ü perdita minima rilevabile 0,0833 litri/ora (standard E.P.A. US fissato in 0,38 litri/ora).

E' possibile effettuare controlli su serbatoi e vasche in esercizio contenenti qualsiasi prodotto con un accesso di solo 20 mm di diametro.

I tempi di prova variano in funzione delle dimensioni dell'area superficiale di prodotto a partire da 2 ore. Tali valori sono poi rielaborati con il programma di analisi che consente di evidenziare perdite o ingressi da fori e crepe. La verifica è eseguibile sia sulla parte bagnata che su quella vuota anche

disgiuntamente e sulle tubazioni.

CARATTERISTICHE

Sicurezza:

- ü non è necessario utilizzare depressione;
- ü non è richiesto alcun intervento di pulizia, bonifica, scollegamento delle tubazioni;
- ü non sono necessari collegamenti elettrici durante il controllo, né allacci con pompe o automezzi in esercizio;
- ü si possono effettuare verifiche complete in solo 2 ore;
- ü si opera con apparecchiatura solo nell'area serbatoio preservando la completa funzionalità degli impianti.

Versatilità:

- Ü si possono fare controlli su qualsiasi serbatoio e vasca di prodotto fluido;
- Ü si possono eseguire verifiche a qualsiasi livello di riempimento.

"Masstech 2/A System"

IL METODO DI CONTROLLO "MASSTECH 2A System." E' PERFETTAMENTE COMPATIBILE E CONFACENTE CON LE NORME DETTATE DAL ex DECRETO 246 del 20 OTTOBRE 1998- *ed ai precedenti decreti o leggi in esso citati*, ed è particolarmente valido per le NORME DI CUI ALL'ART 17 della legge 471,del 25.10.99 - "*Legge Ronchi*".

La tecnologia è certificata "U.S.-E.P.A. --- BASEEFA --- EECS --- KRISS " ed è stata VALUTATA POSITIVAMENTE dalla U N I C H I M (manuale 195 del 2000) e dal Consorzio "A & Q" dell'Università di Milano e U.N.I. È adottata da alcune compagnie Petrolifere – da alcuni Enti Militari – da alcuni Enti Pubblici - Regioni - Province - Comuni - ARPA ed ASL.

DATI TECNICI GENERALI DI RIFERIMENTO

ü Limiti di rilevamento sono del 100% come sicurezza e la perdita standard minima rilevabile 0.083 litri ora, (inferiore ai 2 litri nelle 24 ore come previsto dal Comune di Milano), e di 0,4 cm³/ora come previsto dal decreto 246 del 20/10/98.

ü Le probabilità di falso allarme sono pari allo 0,0%.

ü Le perdite sono quantificabili sia sulla parte piena che sulla parte vuota.

Le certificazioni vengono rilasciate di norma secondo i parametri di controllo previsti dalla ex legge 246, e dalle norme internazionali U.S. EPA:

Questa metodica, come quella precedente, consente di avere un margine di errore pari allo 0%. Resta comunque il fatto che anche questa non è assolutamente riconosciuta da nessuna normativa vigente

Messa in sicurezza permanente del serbatoio interrato

Nel caso le prove riscontrino fessurazione più o meno evidente, si può procedere in più modi: ignorando completamente il problema, visto che non esiste nessuna norma, oppure procedere in conformità alla normativa vigente, come in seguito illustreremo.

Nel caso il serbatoio risulti integro, è buona norma (dopo l'avvenuta bonifica) riempirlo con materiale inerte allo stato semiliquido, possibilmente con stesso peso specifico del terreno e con proprietà impermeabili molto alte: bentonite, firplast, ecc...

E' assolutamente sconsigliato riempire il serbatoio con macerie o sabbia asciutta, che si limiterebbe a restare in prossimità del passo d'uomo e quindi non riempiendo completamente il volume del serbatoio. Un serbatoio interrato perfettamente integro e vuoto è un perfetto galleggiante, nel caso di una forte pressione idraulica potrebbe essere spinto verso l'alto.

Queste operazioni particolarmente semplici eliminano completamente la fonte inquinante.

La mancata prevenzione / abbandono

Le operazioni in precedenza descritte sono di primaria importanza per la prevenzione. Un serbatoio abbandonato/dimenticato è soggetto sistematicamente all'oscillazione annuale del livello freatico.

Nel caso di un serbatoio interrato, anche con una leggera perdita di combustibile, l'oscillazione della falda favorisce la migrazione; il serbatoio si riempirà o svuoterà in funzione del livello e il prodotto interno defluirà insieme all'acqua, immettendosi nella falsa stessa.

I serbatoi interrati, come già più volte sottolineato, non sono stati presi in considerazione in nessuna delle normative al momento in vigore, mentre è perfettamente normato l'argomento degli sversamenti accidentali.

Un breve e sintetico accenno normativo (notifica per inquinamento).

Comunicazione ai sensi art. 242, 249 e allegato 4 Parte IV Titolo V DLgs 152/2006. Sversamento accidentale con superamento delle soglie di contaminazione Parte IV Titolo V DLgs 152/2006.

1. Chiunque cagiona, anche in maniera accidentale, il superamento dei valori di concentrazione limite accettabili (superamento delle CSC concentrazione soglia di contaminazione), o un pericolo concreto e attuale di superamento degli stessi, è tenuto a darne comunicazione al Comune, alla Provincia e alla Regione nonché agli organi di controllo ambientale e sanitario entro le ventiquattro ore successive all'evento, precisando:

- a) il soggetto responsabile dell'inquinamento o del pericolo di inquinamento e il proprietario del sito;
- b) l'ubicazione e le dimensioni stimate dell'area contaminata o a rischio di inquinamento;
- c) i fattori che hanno determinato l'inquinamento o il pericolo di inquinamento;
- d) le tipologie e le quantità dei contaminanti immessi o che rischiano di essere immessi nell'ambiente;
- e) le componenti ambientali interessate, quali ad esempio, suolo, corpi idrici, flora, fauna;
- f) la stima dell'entità della popolazione a rischio o, se ciò non è possibile, le caratteristiche urbanistiche e territoriali dell'area circostante a quella potenzialmente interessata dall'inquinamento.

IDROCARBURI - VALORI LIMITE AMMESSI NEI TERRENI

		RES	IND
IDOCARBURI LEGGERI	C<12	10 ppm	250 ppm
IDOCARBURI PESANTI	C>12	50 ppm	750 ppm

Interventi di messa in sicurezza e bonifica suolo e sottosuolo

Nel caso si debba bonificare un suolo/sottosuolo contaminato da idrocarburi, si può intervenire con svariate tecnologie.

Vige sempre la regola principale che debba essere rimossa la fonte di contaminazione, e questo spesso avviene mediante mezzi meccanici.

La tecnica è molto semplice e consolidata: viene rimosso il terreno assieme all'idrocarburo ed inviato presso un impianto di smaltimento, si procede poi fino a quando i valori di fondo rientrano nella tabella di appartenenza alla tipologia del sito da bonificare. Una volta ripristinati i CSC, si procede con il reintegro dello scavo con terreno vegetale di certa e certificata provenienza.

Una contaminazione da idrocarburi può propagarsi rapidamente, quindi in alcuni casi (*purtroppo non rari*) tale contaminazione investe vaste aree del sottosuolo o falde acquifere, che rendono impraticabile la tecnica di rimozione meccanica del terreno.

La rimozione fisica del terreno contaminato spesso non può essere effettuata per molteplici fattori oggettivi. Alcuni esempi pratici:

- ü contaminazione di rilevati stradali;
- ü contaminazione di centri storici;
- ü contaminazione di aree vaste;
- ü contaminazione di falde;
- ü contaminazione di aree a ridosso di edifici;
- ü altri casi ancora dove si rende impraticabile la tecnica di rimozione meccanica;

Nei casi sopra citati, una rimozione meccanica del terreno contaminato provocherebbe danni materiali e strutturali incalcolabili.

Negli ultimissimi anni sta incominciando a prendere campo (anche in Italia) la cultura delle bonifiche in situ. Tale tecnologia consente di ripristinare le CSC direttamente sul posto.

Le tecnologie di bonifica in situ sono di vario tipo e per poterle applicare regolarmente devono essere precedute da un'attenta analisi dello stato di contaminazione (*progetto di caratterizzazione del sito*). Tale progetto deve essere finalizzato ad un accurato e attento esame dello stato e grado di contaminazione, oltre che a tutti gli aspetti tecnici e geologici, per individuare quale sistema di bonifica in situ adottare.

Anche in questo caso vige una regola fondamentale; nel caso vi sia il rischio concreto di un eventuale contaminazione della falda, questa deve essere messa immediatamente in sicurezza, senza aspettare l'esito del progetto di caratterizzazione.

La tecnica della messa in sicurezza di un falda consiste nelle operazioni di:

- ü realizzazione di N piezometri per intercettare la falda a valle dell'area contaminata;
- ü prova di portata della falda per determinare e dimensionare l'impianto da installare;
- ü aspirazione dell'acqua di falda ed invio ad impianto di trattamento in situ.

In tal caso si adotta il più classico e consolidato dei sistemi di bonifica in situ (*sistema Pump & Treat*) descritto di seguito.

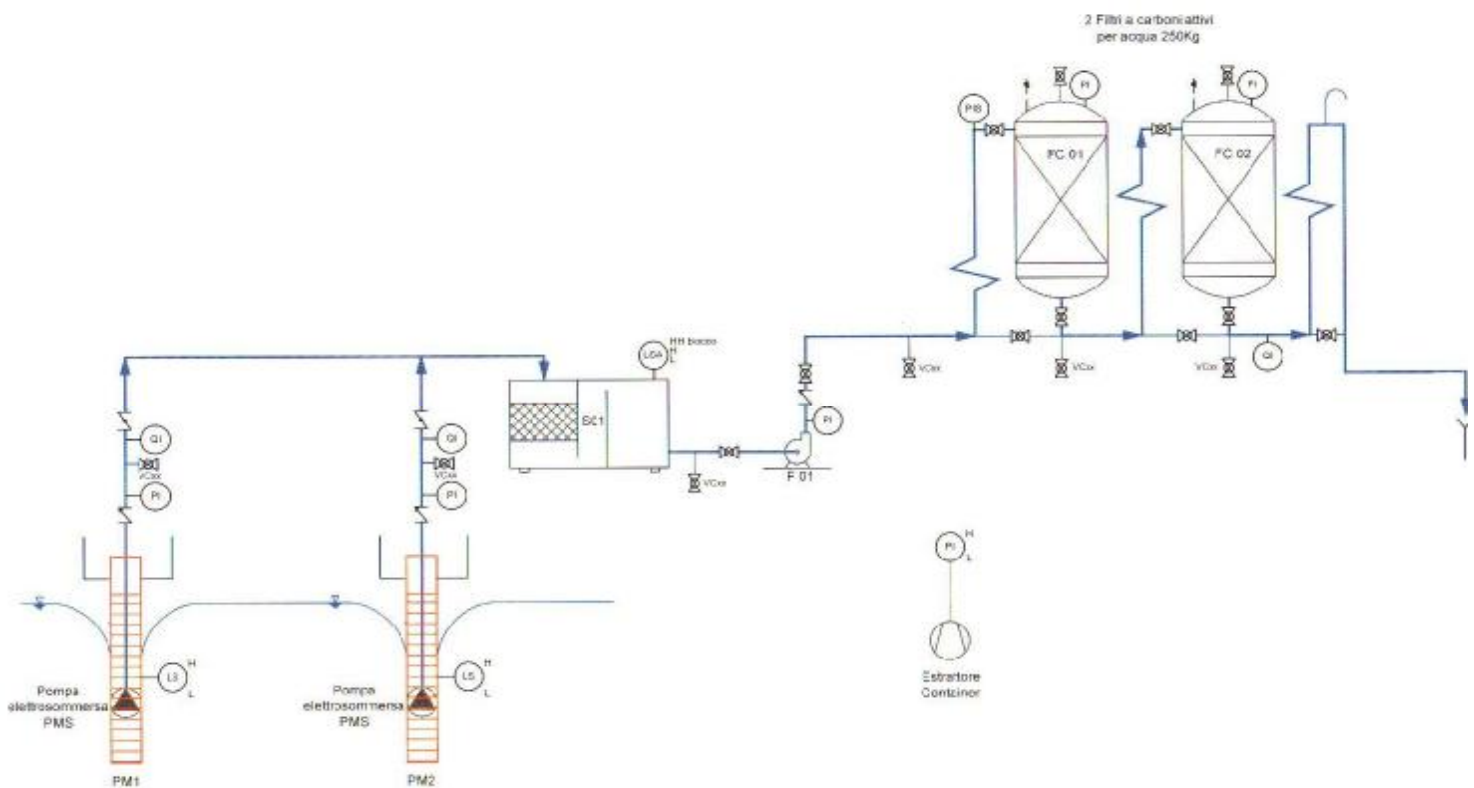
Vi sono altri sistemi di bonifica in situ che consentono la bonifica in situ, in seguito si descrivono alcuni di questi sistemi maggiormente utilizzati ;

Pump and Treat

E' una tecnica di bonifica del suolo che consiste nel pompaggio e trattamento in superficie delle acque di falda inquinate. Il processo prevede la creazione di uno sbarramento idraulico, dovuto al pompaggio di acqua dalla falda, ed il successivo trattamento delle acque estratte. L'acqua, in uscita dal processo di trattamento può essere riversata in fognatura o in un bacino idrico superficiale.

La tecnica di Pump and Treat è un processo di bonifica **in situ**.

Il processo di bonifica avviene (solitamente) secondo le seguenti fasi:



- Ü **prelievo dell'acqua inquinata** dai pozzi di estrazione per mezzo di pompe. Il numero di pozzi impiegati dipende dall'estensione dell'area da bonificare e dal tipo di sorgente contaminante;
- Ü **raccolta dell'acqua** in serbatoi e invio all'impianto di trattamento;
- Ü **depurazione dell'acqua inquinata** e reinserimento della stessa nella falda o eventuale scarico in fognatura o acque superficiali

Per il trattamento dell'acqua di falda pompata dal terreno contaminato si utilizzano le tradizionali tecnologie di trattamento applicate alle acque di scarico di tipo biologico e non (trattamento fanghi sospesi, a biomassa immobilizzata, con carboni, ecc.). Per migliorare il processo di bonifica l'acqua depurata può essere reinserita a monte della zona inquinata, in questo modo si ha l'aumento della portata di ricircolazione nella zona da trattare migliorando il recupero dell'inquinante.

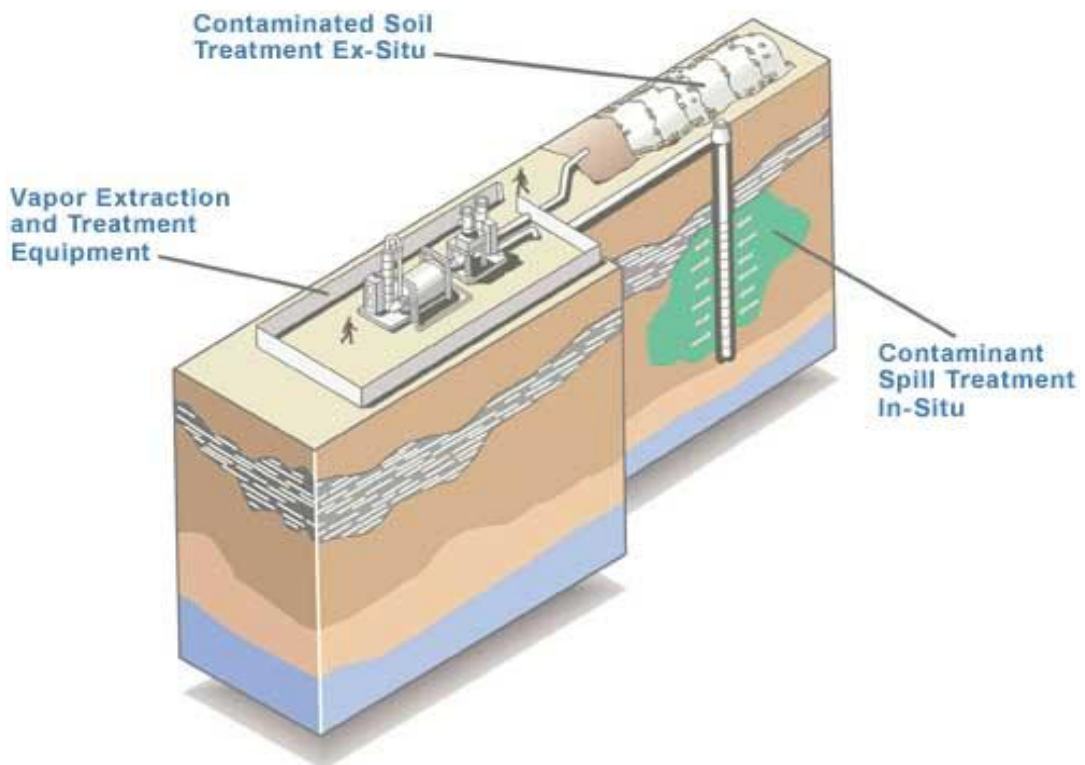
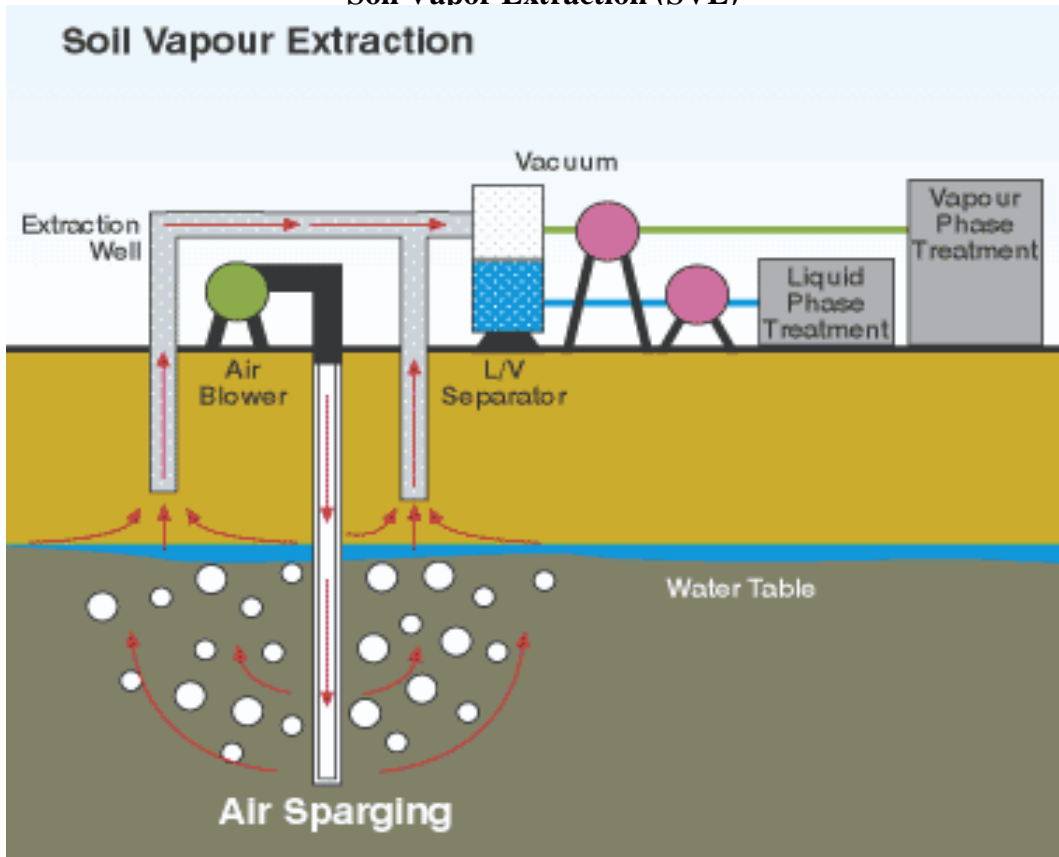
I principali aspetti da tenere in considerazione nel realizzare un impianto per la bonifica di tipo Pump and Treat, sono i seguenti:

- Ü la **portata** totale del pompaggio dei pozzi;
- Ü il **numero** e l'**ubicazione** dei pozzi impiegati;
- Ü il **tempo** previsto per realizzare la bonifica dell'area;
- Ü il **sistema di monitoraggio** che si intende utilizzare.

La tecnica di Pump and Treat, vista la tipologia del processo che comporta il pompaggio dell'acqua dalla falda e un successivo reinserimento della stessa in superficie, può portare all'impoverimento della falda stessa e quindi questa metodologia non permette di preservare la risorsa dal punto di vista quantitativo; inoltre vi è la possibilità che l'acqua trattata migri verso la zona contaminata della falda compromettendo l'azione svolta. E' quindi importante, prima di effettuare questo tipo di trattamento, conoscere l'ubicazione delle sorgenti contaminanti (tipologia, natura ed estensione, caratteristiche chimiche degli inquinanti) e le caratteristiche ideologiche dell'area da bonificare; questo attraverso prove in-situ e in laboratorio.

La caratterizzazione di un sito consente di ottenere tutti gli elementi per procedere con le tecniche sotto esposte.

Soil Vapor Extraction (SVE)



E' un intervento per il trattamento di suoli che permette, tramite un flusso controllato di aria, la rimozione di contaminanti organici volatili presenti nella zona insatura del terreno. La zona insatura è quella porzione di terreno in cui l'acqua si muove principalmente per percolazione. La tecnica è di tipo **in situ**.

Attraverso la SVE vengono create nel sottosuolo sacche di vuoto che favoriscono la rimozione dei contaminanti mediante una loro volatilizzazione; si crea quindi una depressione che estrae i componenti volatili dell'inquinante presenti nel terreno.

L'aspirazione di un flusso controllato dal sottosuolo richiama nuova aria dalla superficie favorendo così processi di degradazione biologica delle sostanze contaminanti. I gas aspirati vengono trattati in superficie prima del loro rilascio definitivo in atmosfera.

La quantità di contaminanti estratta nell'unità di tempo decresce rapidamente durante la ventilazione. L'unica difficoltà nell'applicazione di questo sistema è data dalla **complessità delle matrici sotterranee**, che non permettono un controllo completo dell'ambiente in cui si opera con rischi di diffusioni indesiderate non rilevabili; per ridurre tale rischio si affiancano a tale intervento sistemi di controllo della migrazione dei contaminanti.

Dal punto di vista impiantistico il sistema di ventilazione in situ è costituito da:

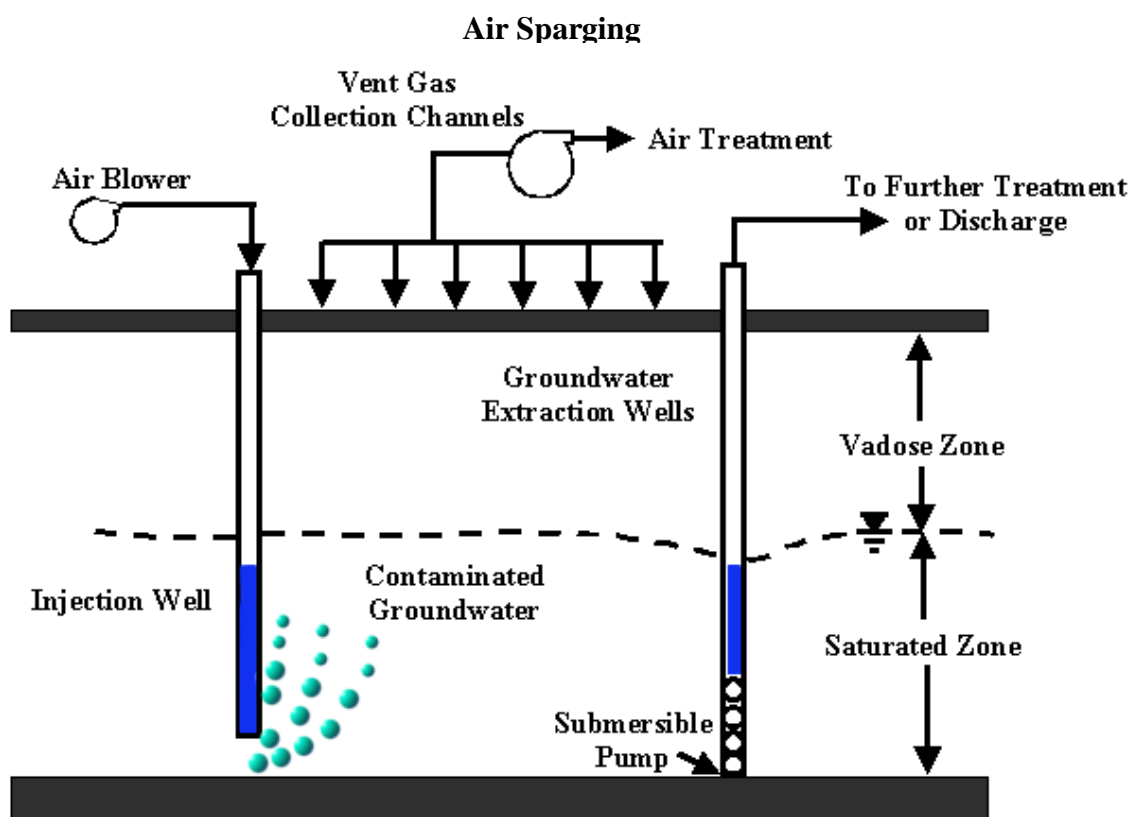
- ü pozzi o dreni di estrazione vapori;
- ü pozzi o dreni di immissione aria (eventuali);
- ü pozzi di monitoraggio.

Le **principali fasi** del processo di SVE consistono:

- ü nella **ventilazione** del suolo tramite uno o più pozzi tenuti sotto vuoto con apposite pompe. Tramite i pozzi di iniezione viene applicata una corrente di aria compressa che trascina con sé i contaminanti e li dirige verso i pozzi di estrazione sotto forma di vapore o gas;
- ü nel convogliamento dei gas estratti verso un **sistema di raccolta** per il successivo trattamento;
- ü nel richiamo di aria dalla superficie che innesca i naturali processi di **degradazione biologica dei contaminanti**.

La rimozione dei contaminanti è effettuata con l'applicazione di altri trattamenti come l'assorbimento su carbone attivo, l'ossidazione catalitica o con trappole a freddo e in certi casi con un sistema di termodistruzione.

Il tipo di trattamento dipende dal contaminante e dalla sua concentrazione.



L' **Air Sparging** è una tecnica utilizzata **in situ** per la bonifica dei terreni e delle falde acquifere contaminate mediante l'immissione d'aria in pressione su pozzi trivellati nella zona contaminata. Tale immissione causa un **gorgogliamento** d'aria che penetra orizzontalmente e verticalmente nel terreno e nella falda provocando lo **strippaggio** (processo fisico di separazione) dei composti organici presenti nel liquido (acqua) e la volatilizzazione di quelli presenti negli interstizi del solido (terreno).

Le sostanze inquinanti vengono pertanto spinte e trasportate verso la zona insatura dopo un processo di **volatilizzazione** indotto dal gorgogliamento stesso. Il moto di trasporto verso l'alto del gas volatilizzatosi viene inoltre facilitato dallo sviluppo di una zona di depressione in prossimità del pozzo di aspirazione. I gas sprigionati vengono poi assorbiti da un sistema di aspirazione che può sfruttare una tecnologia **SVE**, evitando così che gli agenti inquinanti si disperdano nelle zone limitrofe la zona da trattare.

Il sistema nel suo complesso sfrutta la pressione e l'iniezione dell'aria pulita nella zona contaminata per favorire due tipi di azioni:

- ü la movimentazione dell'agente inquinante verso una zona dove è possibile estrarlo con una tecnica forzata (SVE);
- ü un processo di aerazione nella falda e nel terreno che favorisce i processi di degradazione microbica dell'agente contaminante ad opera dell'ossigeno fino a produrne la mineralizzazione.

L'azione di degradazione svolta dalla flora microbica aerobica nel terreno è favorita anche da fattori naturali come una buona presenza di acqua nel terreno, la presenza di ossigeno negli interstizi del terreno, un pH del terreno ottimale tra 5 e 9, la buona disponibilità di elementi nutritivi C, N, P.

Dal punto di vista **impiantistico**, l'intero sistema prevede la creazione di due distinti pozzi:

- ü **un pozzo soffiante (Pozzo di Sparging)** dove si immette l'aria pulita in pressione;
- ü **un pozzo di estrazione SVE** collegato ad una camera di trattamento gas in uscita per l'abbattimento o il trattamento dell'inquinante.

La pressione d'aria ottimale in ingresso nel pozzo soffiante è in genere di 0,35 bar, in relazione ad una portata di 8,5 m³/h, ma l'immissione ottimale dovrebbe avvenire per impulsi lenti e continui per favorire una maggiore miscelazione aria/acqua in funzione di una migliore attività microbica. Il monitoraggio e la raccolta di informazioni prima e durante le operazioni di Air Sparging risultano

pertanto di fondamentale importanza sia nella determinazione della **concentrazione** di agenti inquinanti nel sottosuolo (soprattutto idrocarburi), sia nella quantità di ossigeno presente nella falda.

La **velocità** dell'intero processo è influenzata, oltre che dalla **volatilità** dell'inquinante, dalla **superficie specifica** nel passaggio liquido-gas (Legge di Fick) e sono pertanto molto influenti le **dimensioni delle bolle d'aria iniettate**.

Inoltre, è necessario controllare anche la **temperatura** sulle pressioni in gioco, poiché all'aumentare di questa aumenta la pressione di vapore degli agenti inquinanti. Il processo potrebbe essere quindi agevolato iniettando aria calda o vapore. La tecnica di Air Sparging risulta tanto più efficiente quanto più è adattata alla situazione idrogeologica specifica del sito. Per ottimizzare l'efficienza e i risultati è necessario far precedere alla messa in opera dell'intero sistema una fase di test pilota. Questi test si compongono di una serie di impianti composti da:

- Ü un pozzo di immissione dell'aria atmosferica (**Pozzo di Sparging**);
- Ü i cosiddetti "piezometri", cioè dei punti per il costante monitoraggio della pressione interstiziale;
- Ü componentistica varia come elettrovalvole, compressori, pressostati e regolatori di flusso.

I test vengono effettuati mediante l'immissione di aria atmosferica calibrando diverse portate e risultano utili per determinare se la falda è in pressione, il suo livello, la quantità di vapori organici, la quantità di ossigeno e anidride carbonica presenti. La necessità di effettuare numerose prove, onde evitare l'eventuale dispersione dell'inquinante, costituisce il vero **fattore limitante** nell'utilizzo di questa tecnologia che potrebbe pertanto risultare molto lunga nei tempi pre-bonifica.

Se il flusso d'aria attraverso la zona satura non si diffonde in modo uniforme e canalizzato, potrebbe verificarsi il movimento incontrollato delle sostanze pericolose verso zone incontaminate. Tale fenomeno è più probabile in presenza di idrocarburi con basso peso specifico, con terreni disomogenei o con presenza di falde in pressione.

Un'attenzione particolare va posta in caso di dosi consistenti di agenti inquinanti surnatanti (es. idrocarburi in sospensione), onde evitare che la spinta e il gorgogliamento provochino la dispersione del prodotto nelle zone limitrofe.

In tal caso si fa precedere all'azione di Air Sparging la tecnica del **Soil Venting** per l'eliminazione dell'inquinante nella sua parte più grossolana.

Oltre a quelli sopra citati vi sono altri sistemi il quali consentono la bonifica di siti contaminati senza la necessità di rimuovere il terreno.

Ci siamo limitati alla descrizione di alcuni casi per informare gli addetti ai lavori che le tecniche di bonifica sono di vario tipo, concludiamo dicendo che un'area contaminata dovrebbe essere considerata come paziente che deve essere curato e non soppresso a priori, quindi dove è possibile si devono trovare le adeguate tecnologie per ripristinare i valori limite senza trasferire in discarica montagne di terreni o fiumi di acque ai depuratori.