

**LA BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI -**  
**LE ATTIVITA' DI CAMPO**

Convegno presso Ordine degli Ingegneri di Macerata

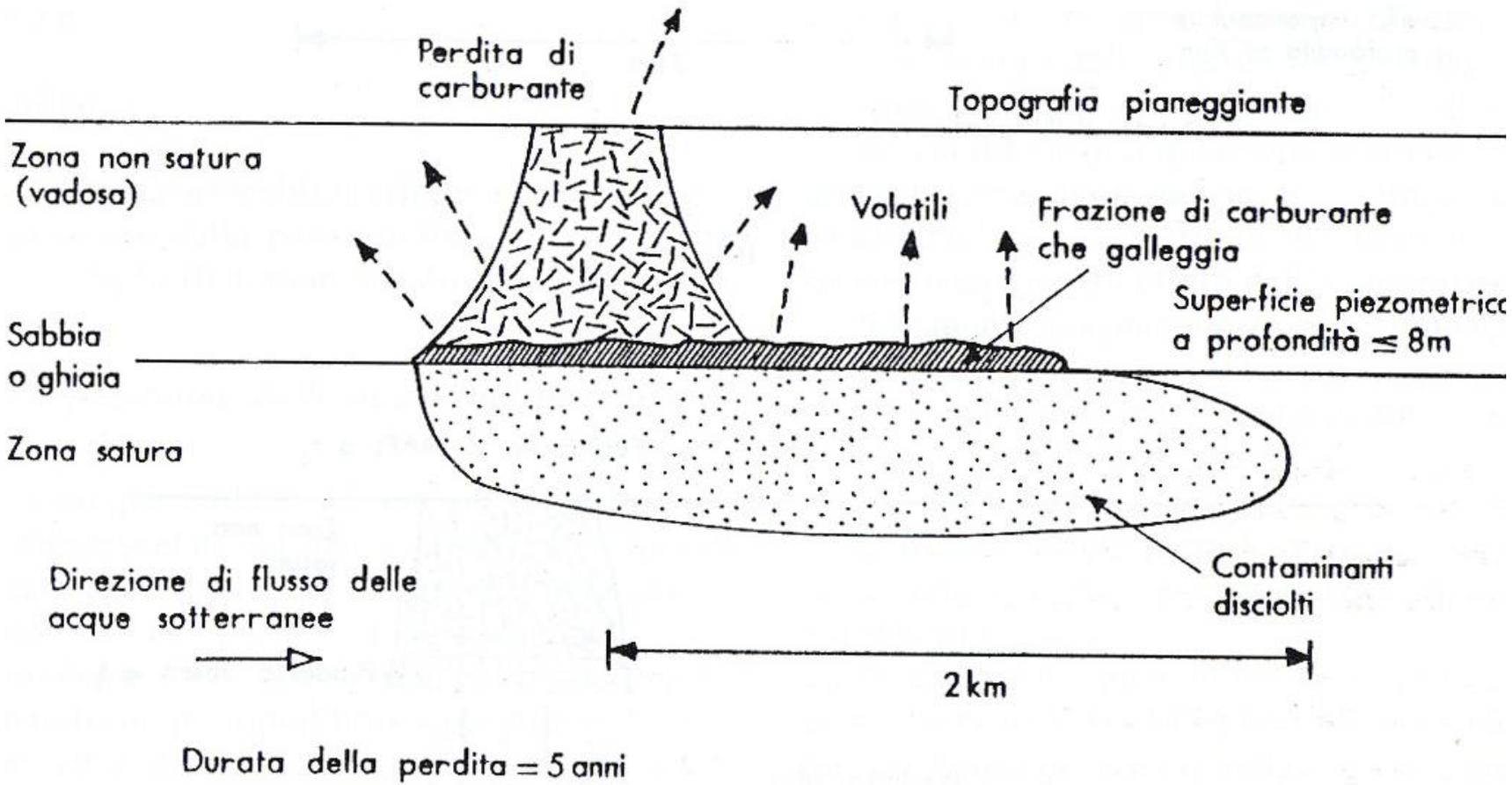
**Relatore: Dr. Geol. Alessandro Parise**

(17 giugno 2022)



Via Archimede, 3 – 47122 Forlì – Tel. 0543.795999

# CONTAMINAZIONE SOTTOSUOLO: DISTRIBUZIONE NELLE IN «FASI»



# FASI DELLA CONTAMINAZIONE: RAPPORTO ESTENSIONE / MASSA

<i>Fasi di prodotto nel sottosuolo</i>	<i>Estensione areale</i>	<i>Distribuzione teorica della massa dispersa</i>
<b>FASE SEPARATA</b> (cd. LNAPL o DNAPL )	<b>0 - 10 %</b>	<b>0 - 30%</b>
<b>PRODOTTO ADSORBITO</b> (al terreno)	<b>20 - 30 %</b>	<b>60 - 100 %</b>
<b>PRODOTTO DISCIOLTO</b> (in falda)	<b>50 - 80 %</b>	<b>1 - 3 %</b>
<b>VAPORI</b> (soil gas)	<b>90 - 100 %</b>	<b>&lt;&lt; 1 %</b>

N.B. Valutazioni esemplificative.

# CONTAMINAZIONE DEL SOTTOSUOLO

## TIPI DI SORGENTE DI CONTAMINAZIONE:

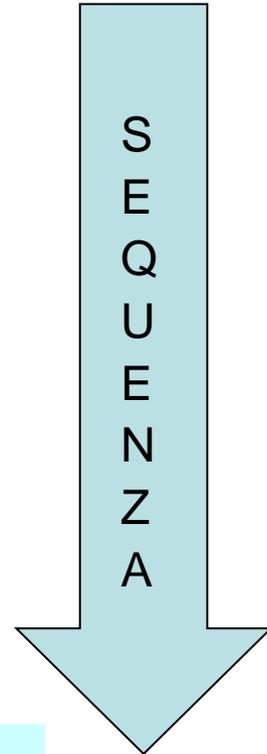
- Sversamenti superficiali (es. rotture impianti, azioni dolose, incidenti stradali ecc.)
- Perdite nel sottosuolo (da serbatoi, linee interrato, fognature...)
- Abbancamento rifiuti (es. discariche, abbandoni, depositi incontrollati).

## CAUSE:

- Cause accidentali (malfunzionamenti, cedimenti, apertura di flange, degrado di impianti ecc.)
- Errori umani (manovre sbagliate, mancata manutenzione, operazioni di travaso, incidenti stradali ecc.);
- Dolose (sversamenti, abbandono rifiuti, discariche abusive...)

Obblighi in caso di una potenziale contaminazione.

1. Misure di prevenzione;
2. Messa in sicurezza d'emergenza;
3. Piano di Caratterizzazione;
4. Analisi di Rischio;
5. Bonifica / Messa in sicurezza permanente.



***Vige il principio «Chi inquina paga», di derivazione europea.***

## **OBBLIGHI AUTORIZZATIVI:**

- L'azienda che intende esercitare le attività di messa in sicurezza e bonifica di siti contaminati deve essere iscritta all'ALBO NAZIONALE GESTORI AMBIENTALI (nella Categoria 9), ai sensi dell'art. 212 del D.Lgs. 152/06.

Il mancato rispetto di tale norma comporta le sanzioni previste dall'art. 256 del D.Lgs. 152/06.

# DEFINIZIONI D.Lgs. 152/2006

## MISURE DI PREVENZIONE (art. 240, comma 1, lett. i):

*“iniziative per contrastare un evento, un atto o un’omissione che ha creato una minaccia imminente per la salute o per l’ambiente, intesa come rischio sufficientemente probabile che si verifichi un danno sotto il profilo sanitario o ambientale...”.*

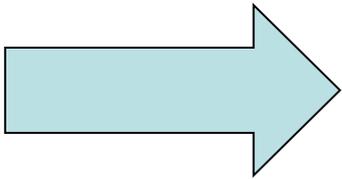


## ELIMINAZIONE CAUSE (SORGENTI)

- Devono essere realizzate entro 24 ore.
- L’obbligo grava anche sul proprietario o sul gestore dell’area che rilevi il superamento o il pericolo concreto e attuale del superamento della concentrazione soglia di contaminazione (CSC), nel momento in cui ne dà comunicazione agli Enti preposti, come previsto dall’art. 245 del D. Lgs. 152/2006.

## MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA - art. 240 c. 1-m:

*Interventi immediati o a breve termine, che si attuano per contenere la diffusione delle sorgenti primarie (cioè delle sostanze che possono produrre l'inquinamento), per impedirne il contatto con le altre matrici presenti in sito e rimuoverle.*



## MISURE DI CONTENIMENTO

Obbligo di metterle in atto quando sussistono le «condizioni d'emergenza» di cui allo stesso comma, lett.t, ad esempio:

- 1) concentrazioni di vapori in **spazi confinati** prossime ai livelli di esplosività o idonee a causare effetti nocivi;*
- 2) quantità significative di prodotto in fase separata sul suolo o in corsi di acqua superficiali o nella falda;*
- 3) contaminazione di pozzi ad utilizzo idropotabile o agricolo;*
- 4) pericolo di incendi ed esplosioni.*

# Misure di prevenzione – Messa in Sicurezza d’Emergenza

## *Esempi:*

- *Rimozione rifiuti, svuotamento di vasche, raccolta liquidi sversati, pompaggio liquidi inquinanti galleggianti;*
- *Svuotamento/bonifica serbatoi, vasche, tubazioni ecc.*
- *Rimozione di serbatoi/vasche non a tenuta, tubazioni...*
- *Copertura o impermeabilizzazione temporanea di suoli e fanghi contaminati;*
- *Emungimento falda acquifera contam. (pump & treat).*

# I SERBATOI INTERRATI

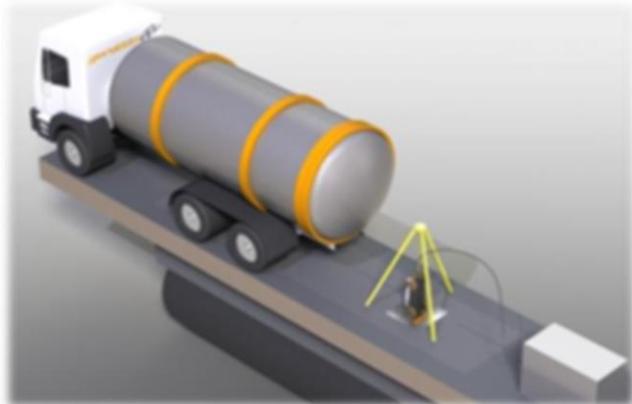
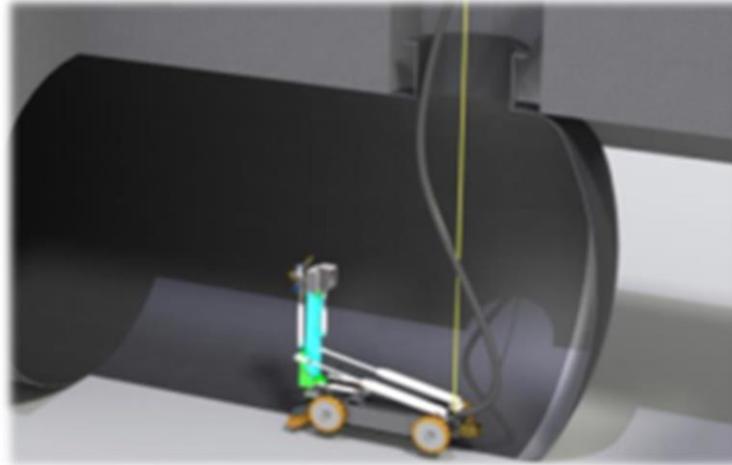
## D.G.R. Marche n. 1623/2013 (Linee Guida).

- Colma parzialmente un vuoto normativo in questo ambito (abrogazione D.M. 246/99);
- Specifica le procedure per la dismissione di serbatoi interrati di contenimento liquidi ad uso commerciale, industriale, riscaldamento domestico (o assimilabili);
- I serbatoi, dopo la loro dismissione devono essere rimossi in quanto rifiuti o fonti di contaminazione;
- Prima della rimozione deve essere inviata comunicazione al SUAP, che informerà ARPAM.

## D.G.R. Marche n. 1623/2013 (Linee Guida).

- Qualora un serbatoio venga dismesso si deve procedere alla sua messa in sicurezza temporanea e, nei successivi 12 mesi, alla sua rimozione;
- Si considera «dismesso» un serbatoio, quando definitivamente escluso dal ciclo produttivo, svuotato e disconnesso fisicamente dalle linee di erogazione e/o alimentazione;
- Qualora la rimozione del serbatoio non fosse tecnicamente possibile, si effettuerà la sua messa in sicurezza permanente/definitiva.

# BONIFICA SERBATOI



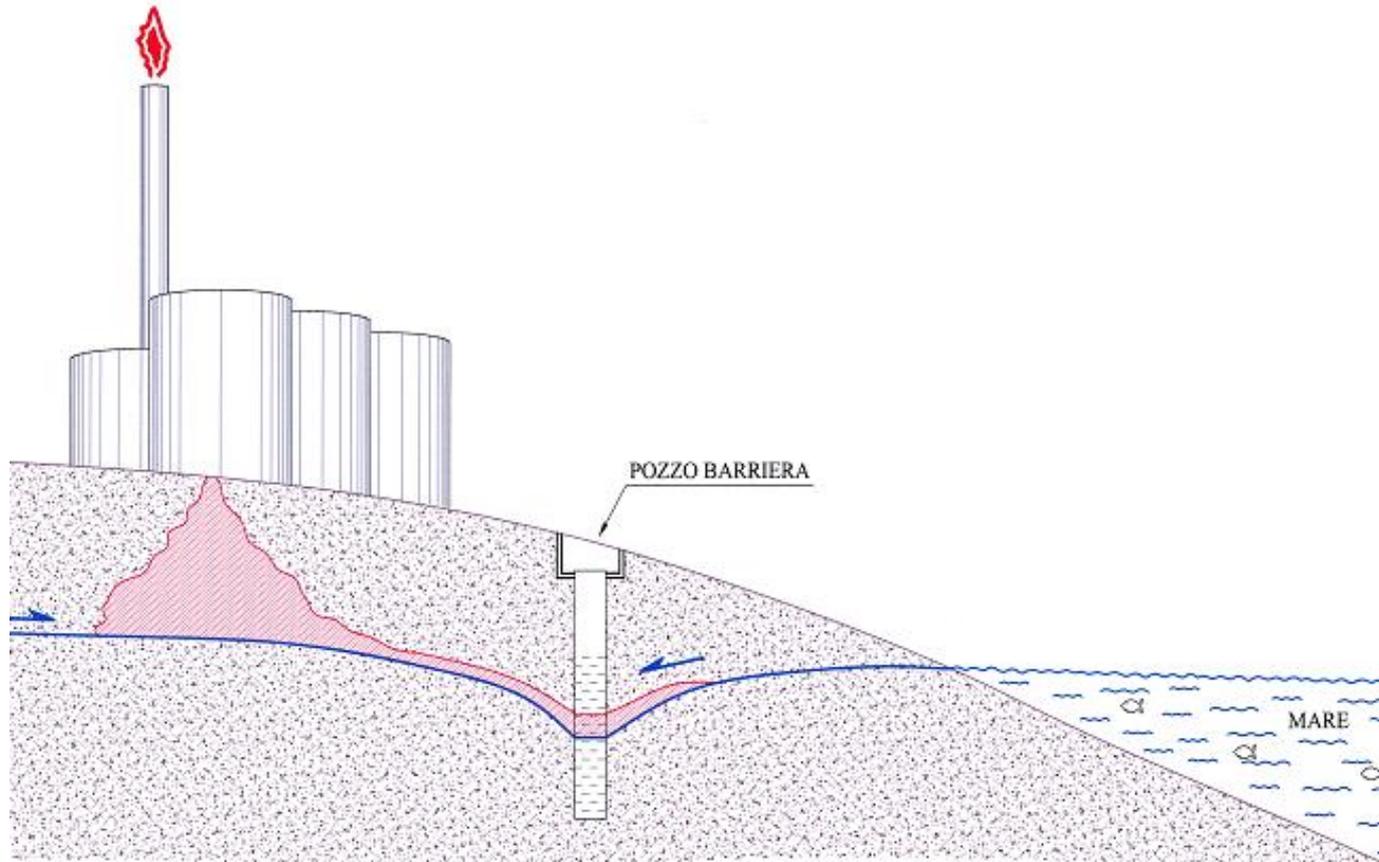
**Bonifica mediante Mini-robot ATEX senza  
l'ingresso di operatori in spazi confinati**

# BONIFICA SERBATOI



**Bonifica serbatoi con ingresso di operatori in spazi confinati (D.P.R. 177/2011)**

# PUMP & TREAT (CONO DI DEPRESSIONE)



- *Rappresentazione grafica di un cono di depressione generato dall'emungimento di un pozzo*

# DIMENSIONAMENTO DEL PUMP & TREAT

- Operazioni sul campo:
  - Prove idrauliche per determinazione del coefficiente di permeabilità:
    - Lefranc (in foro);
    - Slug test (in piezometri);
    - Prove di pompaggio:
      - A gradini;
      - Di lunga durata.
- Elaborazione dei dati:
  - Metodi di calcolo tradizionali;
  - Software per elaborazione prove (es. Hydro Pump);
  - Software per la modellizzazione (es. Modflow).

# DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' K

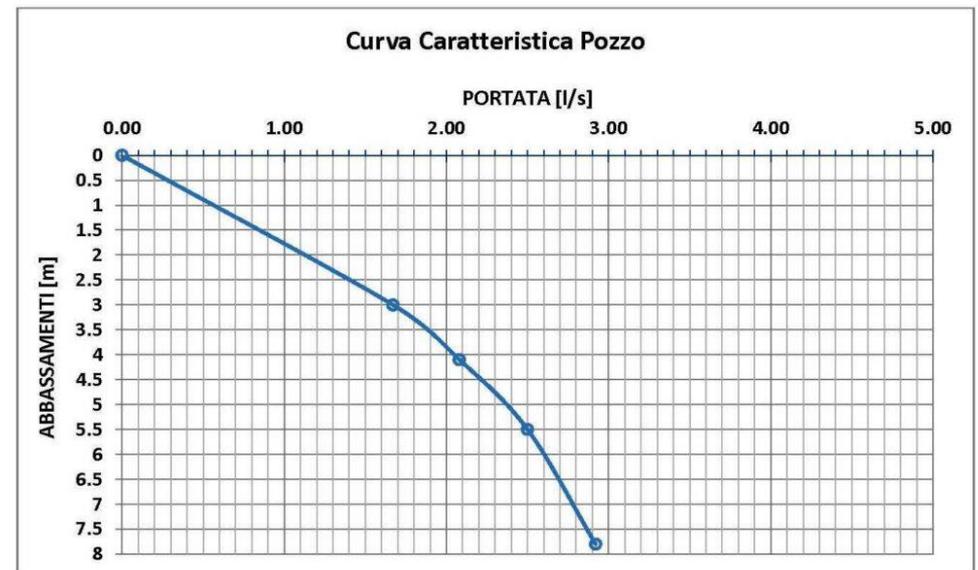
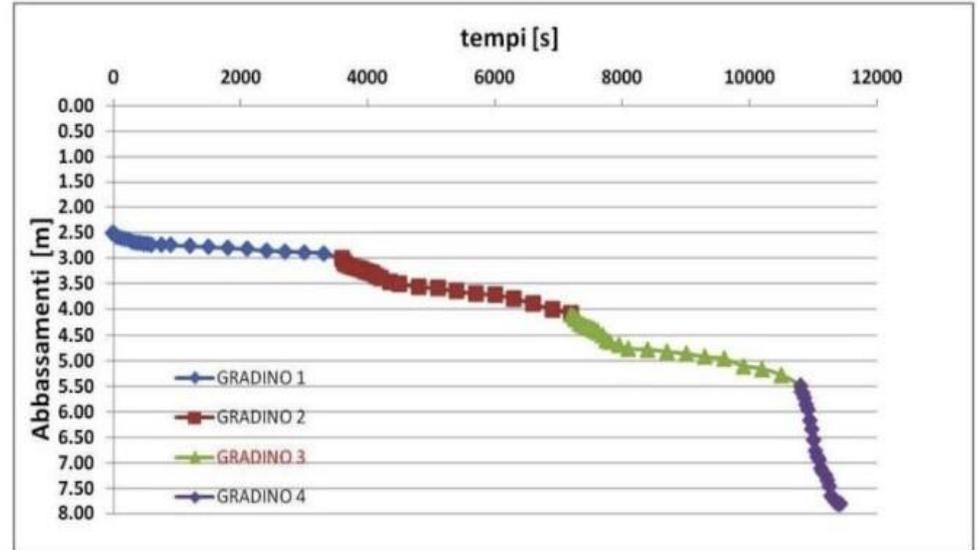
## PROVA DI PORTATA

### «A GRADINI»

E' una prova di pompaggio in pozzo, a portata variabile. Si effettua con gradini di portata crescenti (almeno 4).

Con essa si determinano:

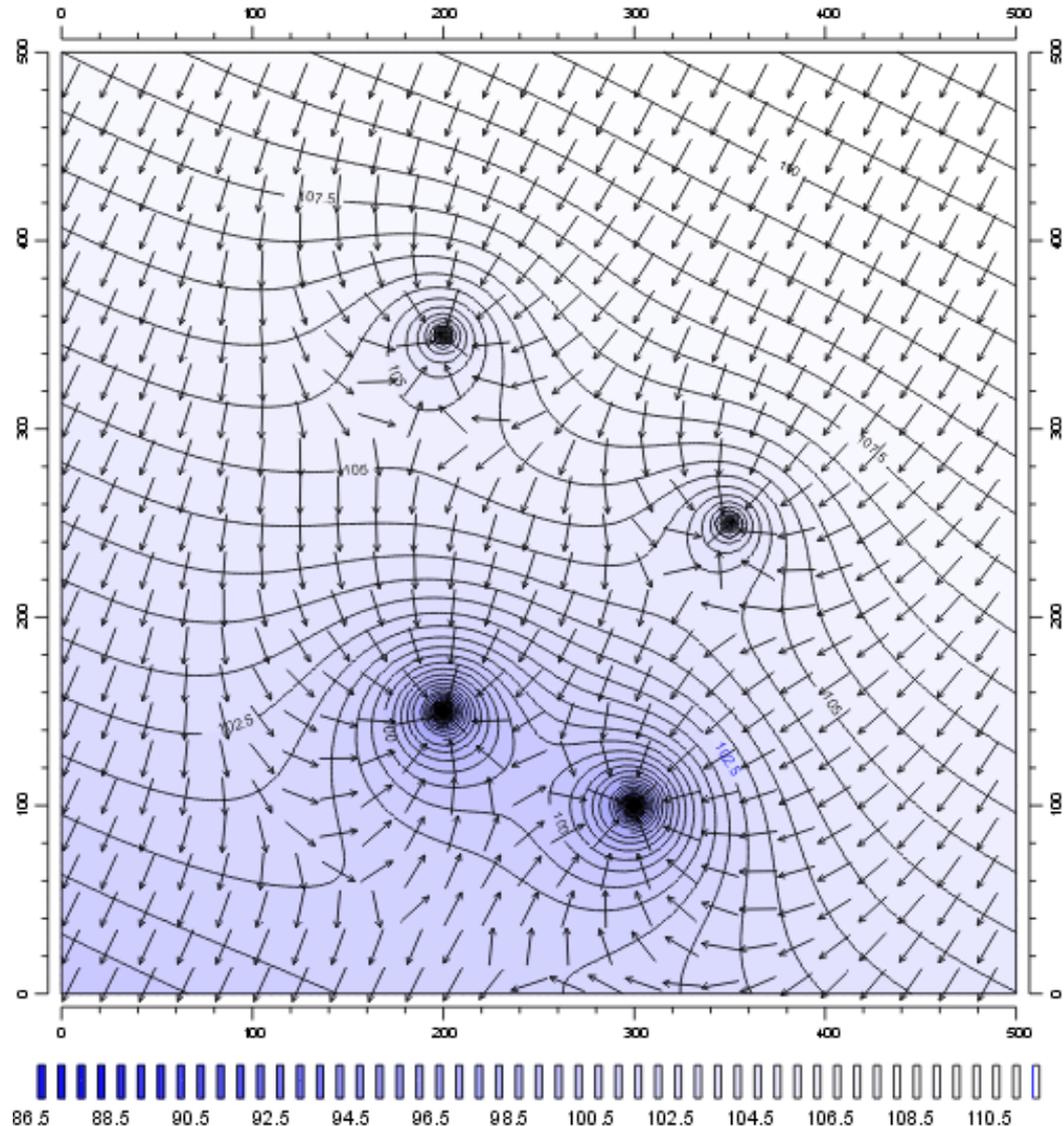
- Portata ottimale;
- Portata critica;
- Coefficiente di permeabilità.

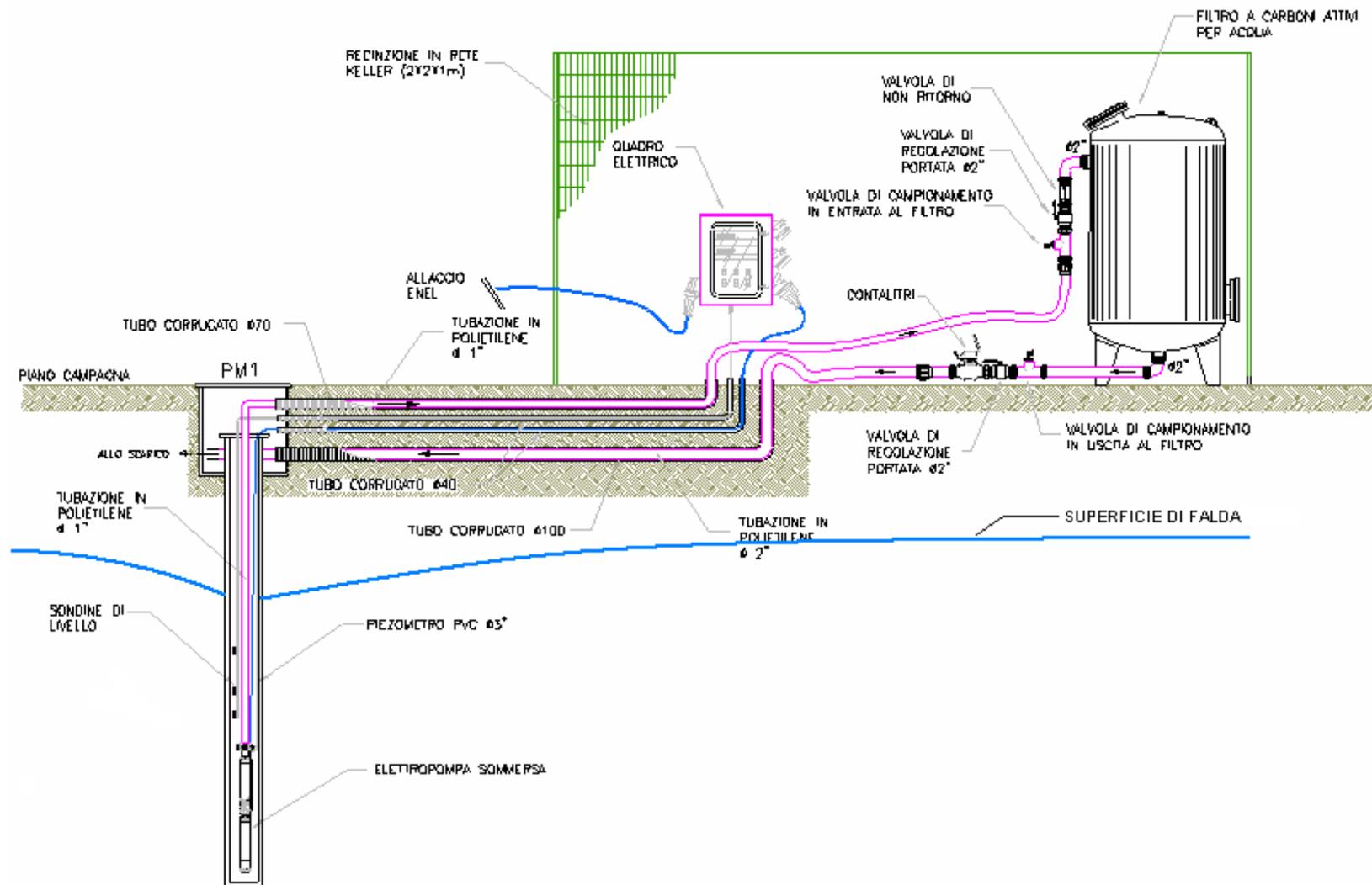


# DIMENSIONAMENTO DEL PUMP & TREAT

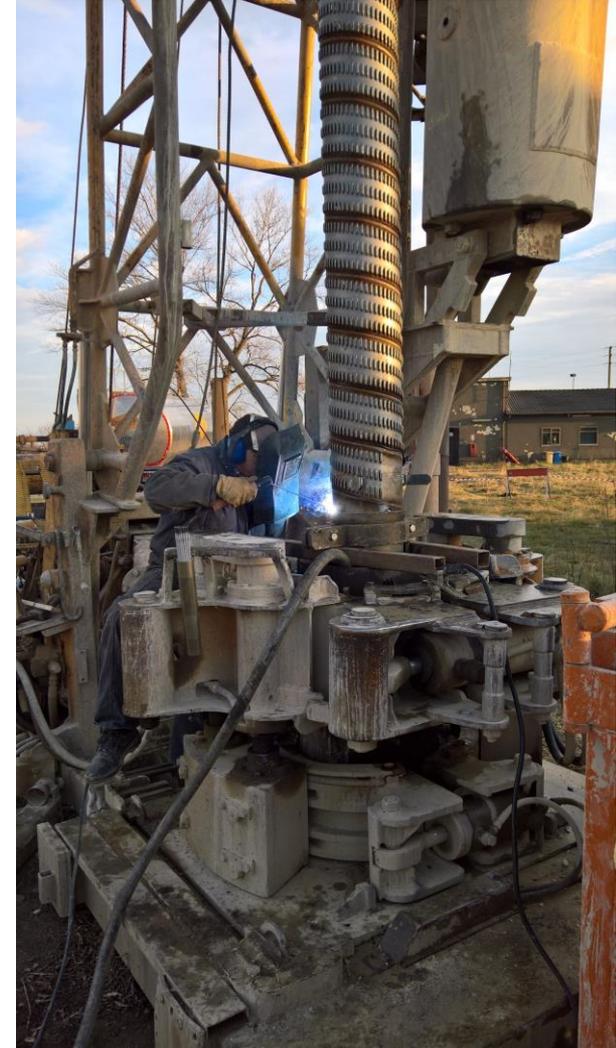
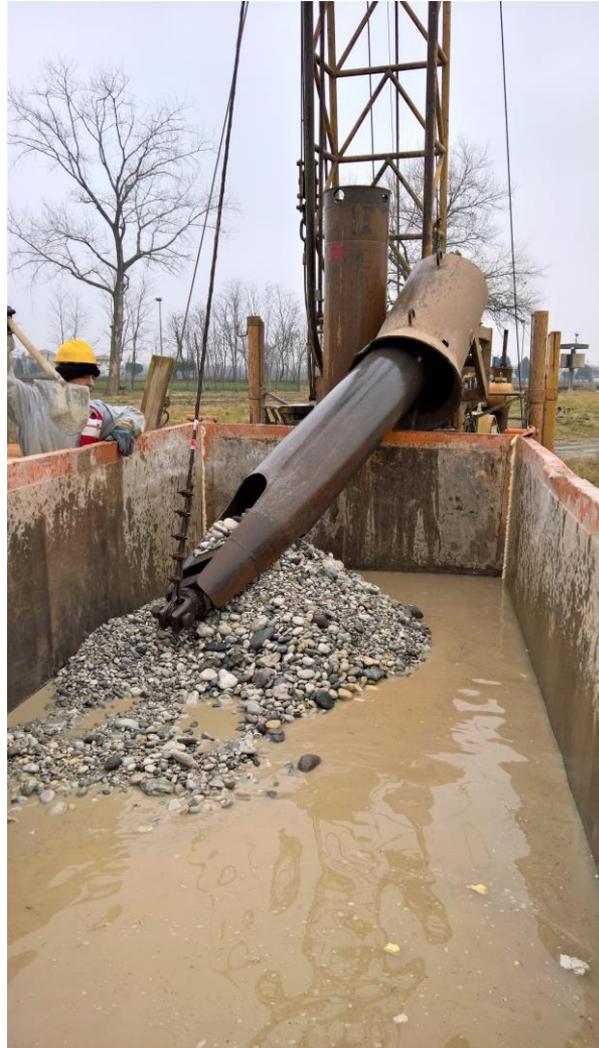
Partendo dai dati geologici e idrogeologici è possibile dimensionare il sistema di, P&T:

- simulare gli effetti del pompaggio (abbassamenti, aree di cattura ecc.);
- determinare le portate ottimali;
- scegliere le pompe più adeguate;
- dimensionare i sistemi di trattamento in relazione alla quantità d'acqua da trattare e ai contaminanti.





- Sistema con pompa sommersa e filtro a carboni attivi



- Realizzazione pozzi di emungimento

# PUMP & TREAT



- Installazione sistema di Pump & Treat



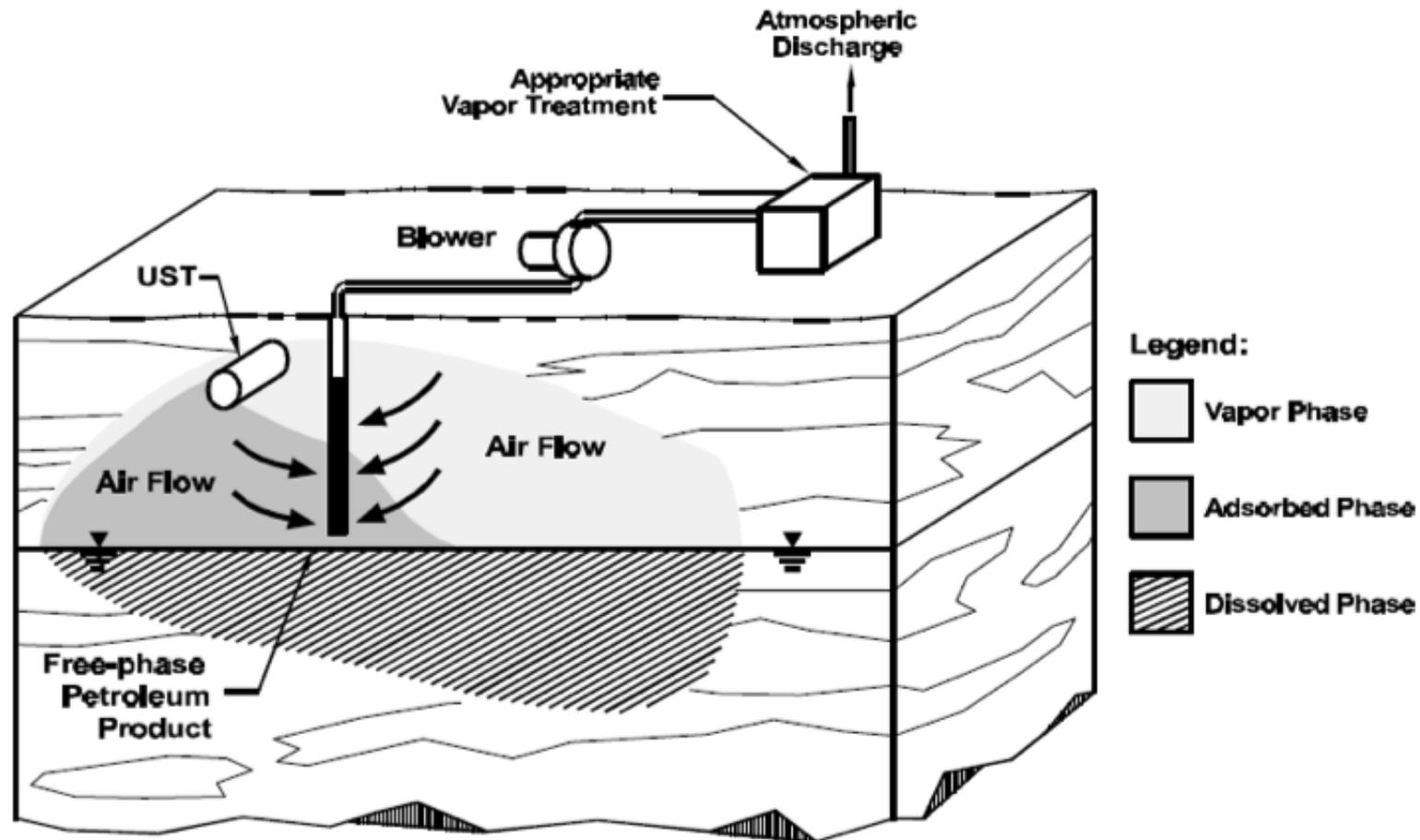
- Installazione sistema di Pump & Treat

Per i terreni insaturi, tra le più diffuse, citiamo:

- Rimozione diretta e smaltimento/trattamento del terreno off-site (dig & dump);
- Soil vapor extraction (SVE) – Bioventing (applicabili a contaminati volatili e/o biodegradabili);
- Ossidazione chimica;
- Riduzione Chimica;
- Stabilizzazione (inertizzazione);
- Desorbimento termico...

***Gli interventi «in site» devono essere preliminarmente dimensionati mediate opportune prove pilota.***

# SOIL VAPOR EXTRACTION (SVE) / BIOVENTING - schema



- Estrazione di vapori dal terreno, loro trattamento e scarico in atmosfera

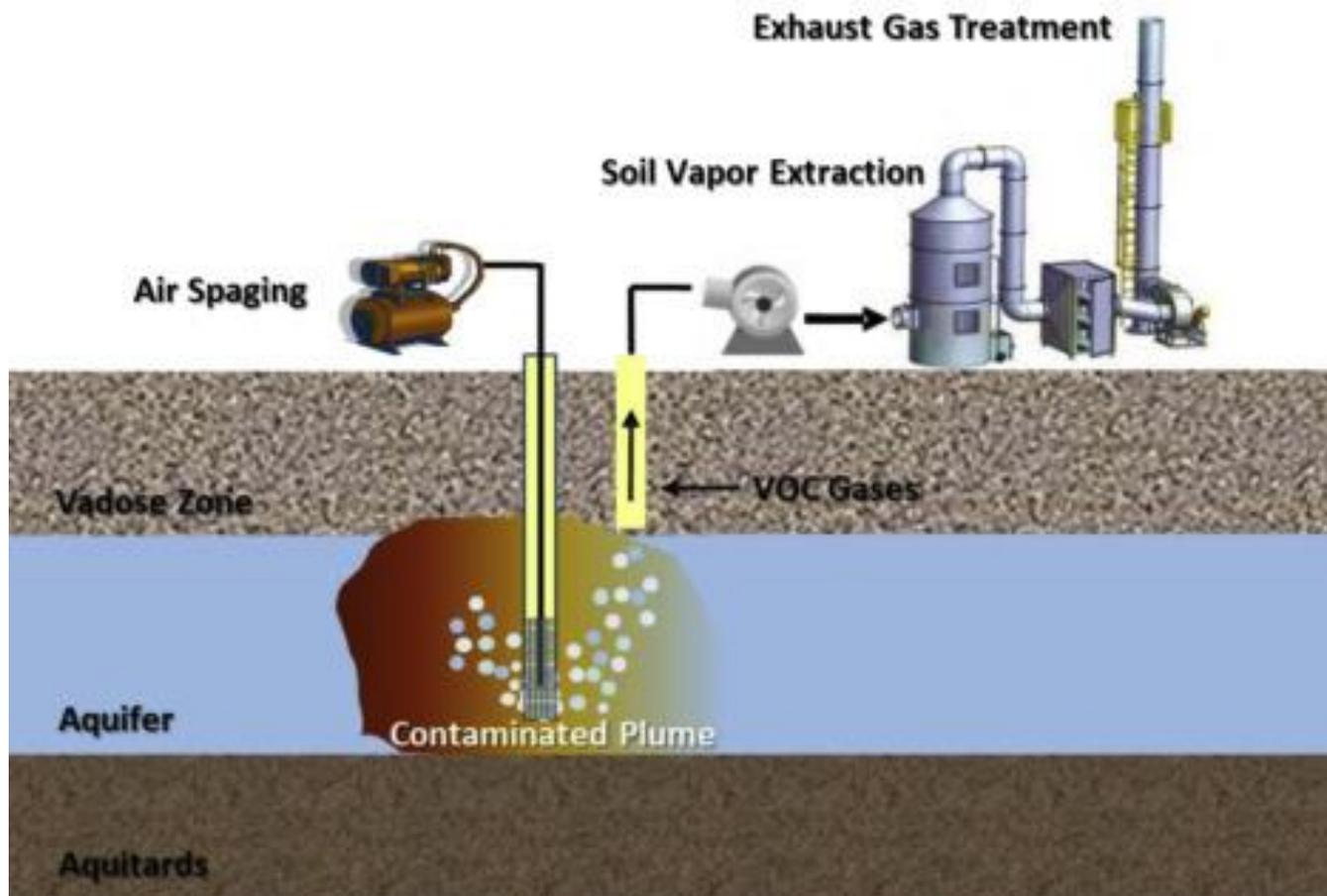
Per le acque sotterranee, tra le più diffuse, citiamo:

- *Pompaggio e trattamento delle acque (pump & treat);*
- *Dual phase high vacuum extraction;*
- *Air sparging e Biosparging;*
- *Biodegradazione accelerata (con ORC, ossigeno ecc.)*
- *Ossidazione chimica – Riduzione chimica.*

***Gli interventi devono essere preliminarmente dimensionati mediante opportune prove pilota.***

# AIR SPARGING + SVE

## CASO DI STUDIO



Si agisce sia sul terreno insaturo che sulla falda acquifera, con:

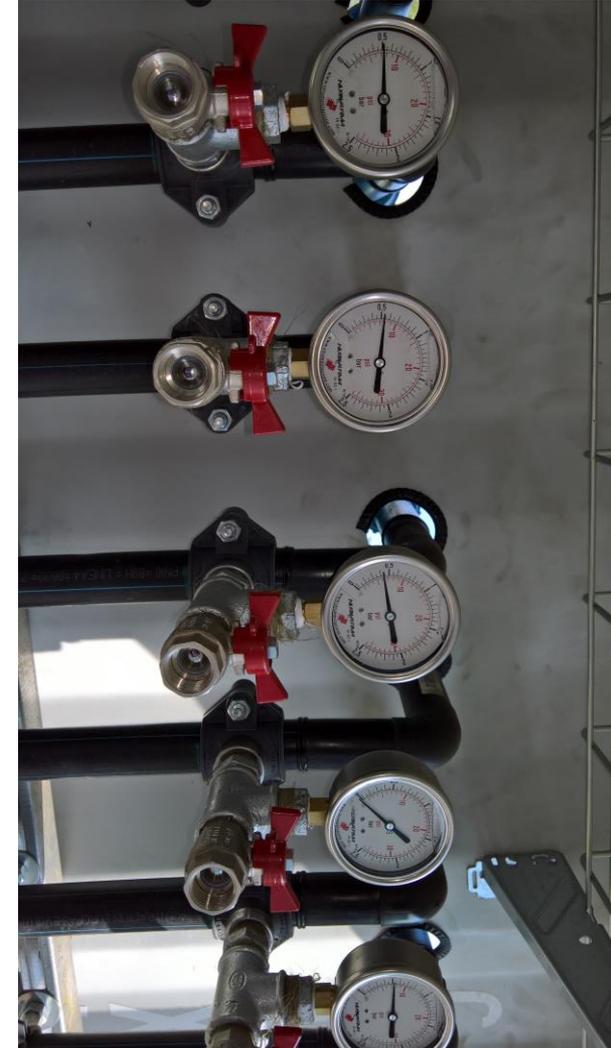
- iniezione d'aria in falda (*air sparging*)
- recupero dei vapori emessi mediante *soil vapor extraction*

# AIR SPARGING + SVE



- Impianto per l'iniezione d'aria compressa in falda (*air sparging*) e recupero dei vapori emessi mediante *soil vapor extraction*, con trattamento di questi ultimi

# AIR SPARGING + SVE



- Iniezione d'aria in falda (air sparging) e recupero dei vapori emessi mediante soil vapor extraction

# BIODEGRADAZIONE ACCELERATA

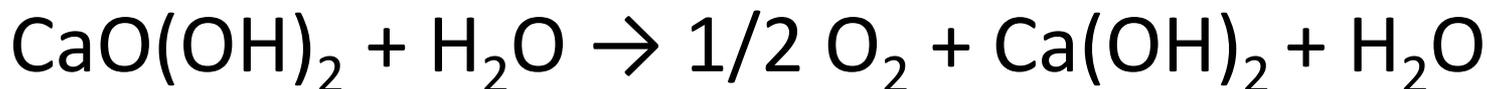
Stimolazione della degradazione biologica in situ, nel contesto dei meccanismi di attenuazione naturale.

E' applicabile sia per via aerobica che per via anaerobica.

Quella aerobica, si ottiene attraverso l'aumento della % di ossigeno disciolto in falda.

Un sistema molto utilizzato per realizzarla prevede l'immissione in falda di composti a lento rilascio di ossigeno (cd. ORC o similari) - composti brevettati con vari marchi.

Es. reazioni su cui si fonda questo processo:



# BIODEGRADAZIONE ACCELERATA MEDIANTE INIEZIONE DI COMPOSTI A LENTO RILASCIO DI OSSIGENO



Preparazione miscela in autospurgo

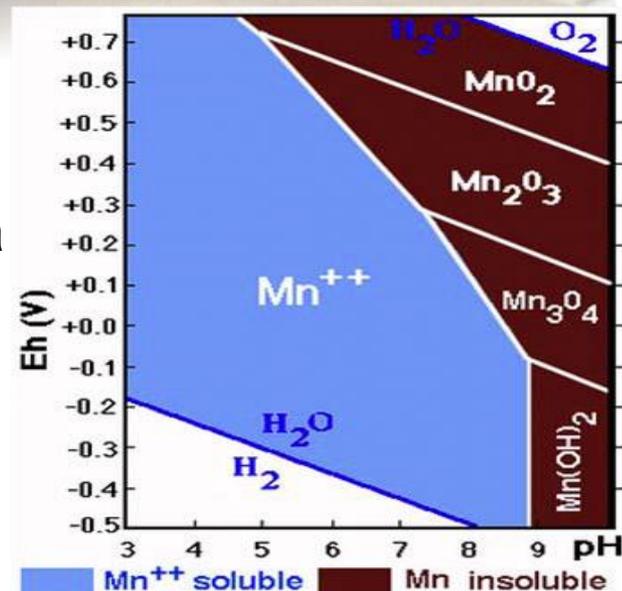


Immissione della miscela nello scavo mediante autospurgo

# Caso di studio (Marche)



- Contaminazione storica da idrocarburi dovuta alle attività pregresse del sito;
- In una prima fase: rimozione dei terreni contaminati (serbatoi – zone sorgenti);
- Ampio plume contaminante a valle della zona sorgente con presenza di Fe e Mn, legata alle condizioni anaerobiche indotte dalla contaminazione organica.



***PermeOx Ultra di Peroxychem è stato selezionato come tecnologia di bonifica dell'acquifero in quanto consente il rilascio controllato di ossigeno per circa 12 mesi, al suo contenuto di ossigeno (18%) e alla facilità e sicurezza di applicazione.***

*Esistono prodotti analoghi di altre case produttrici (es. Regenesis, Carus)*

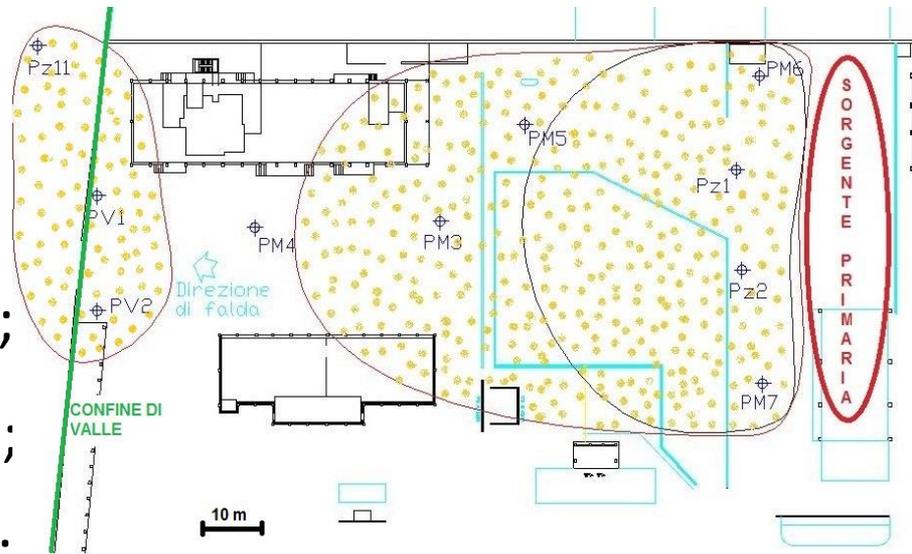
# INIEZIONE DI COMPOSTI A LENTO RILASCIO DI OSSIGENO Caso di studio (Marche)



Preparazione miscela



Immissione della miscela in foro mediante perforatrice idraulica

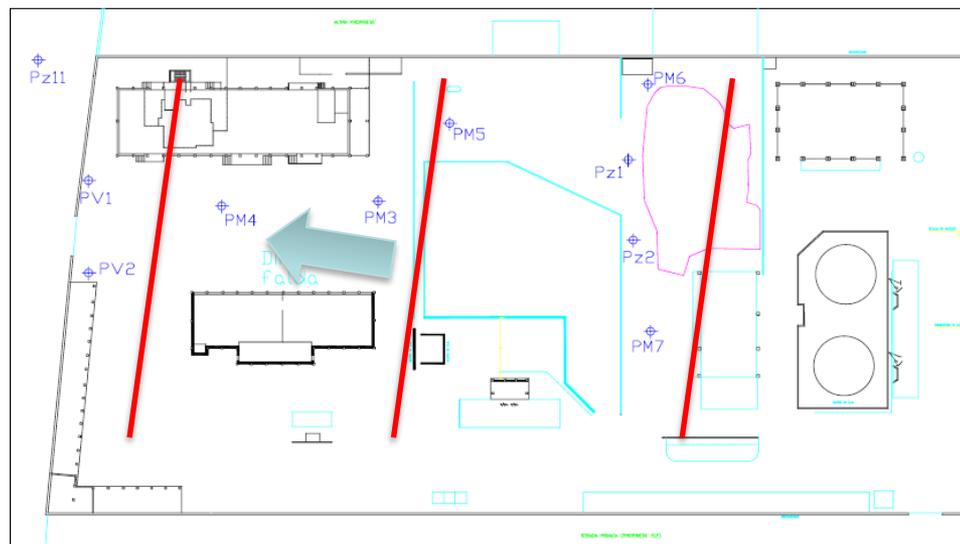
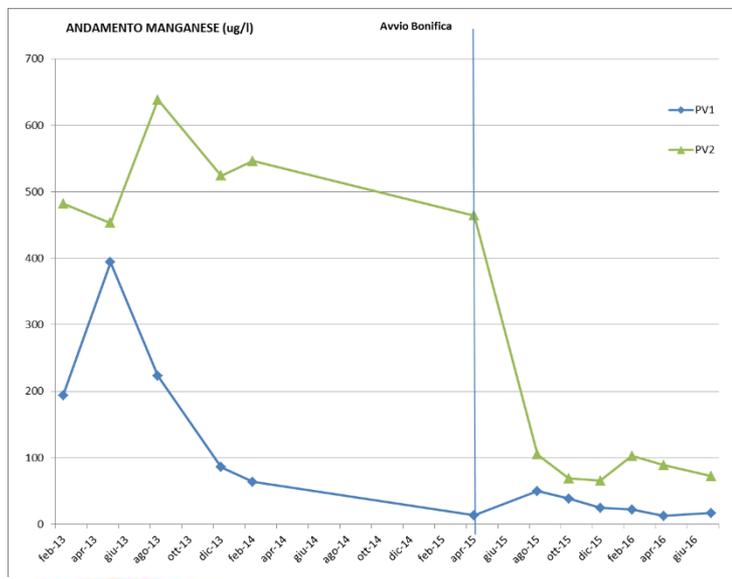


- Superficie contaminata: **> 5.000m<sup>2</sup>** ;
- Spessore di trattamento: **da 3 a 5m**;
- Geologia: **ghiaia con sabbia-limosa**;
- Applicazione: **Iniezione diretta mediante perforatrice idraulica**;
- Numero punti : **76 (su 3 fronti di iniezione, di lunghezza 70 m/cad.)**
- Profondità della superficie piezometrica: **3 m da p.c.**
- Contaminazione: **Manganese max 2.500 µg/l, Fe max 7.000 µg/l**  
**Presenti inoltre idrocarburi disciolti vicino la sorgente (<2.000 µg/l)**
- Campagne iniettive: n. 1 per un tot. 3.200 kg di prodotto;

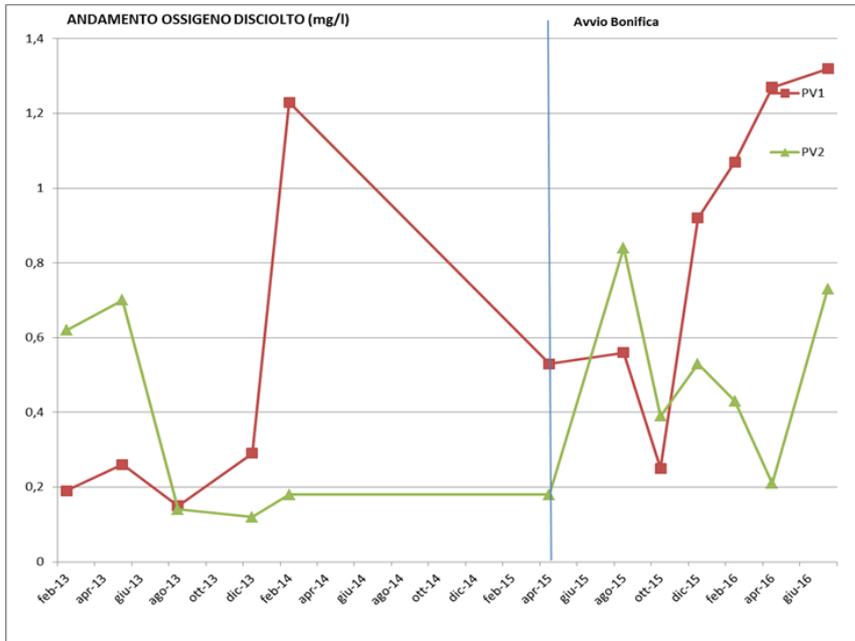
**Obiettivo di bonifica: Mn 50 µg/l; Fe 200 µg/l al confine di valle (CSC)**

# Risultati

**Il processo per la rimozione del Fe e Mn è un processo di tipo chimico.** Il PermeOx Ultra, attraverso il rilascio di ossigeno in fase disciolta, determina un aumento del potenziale redox e, quindi, la precipitazione dei minerali ossidati meno solubili, trasformando il Fe e Mn dalla forma ridotta solubile alla forma ossidata insolubile e stabile.



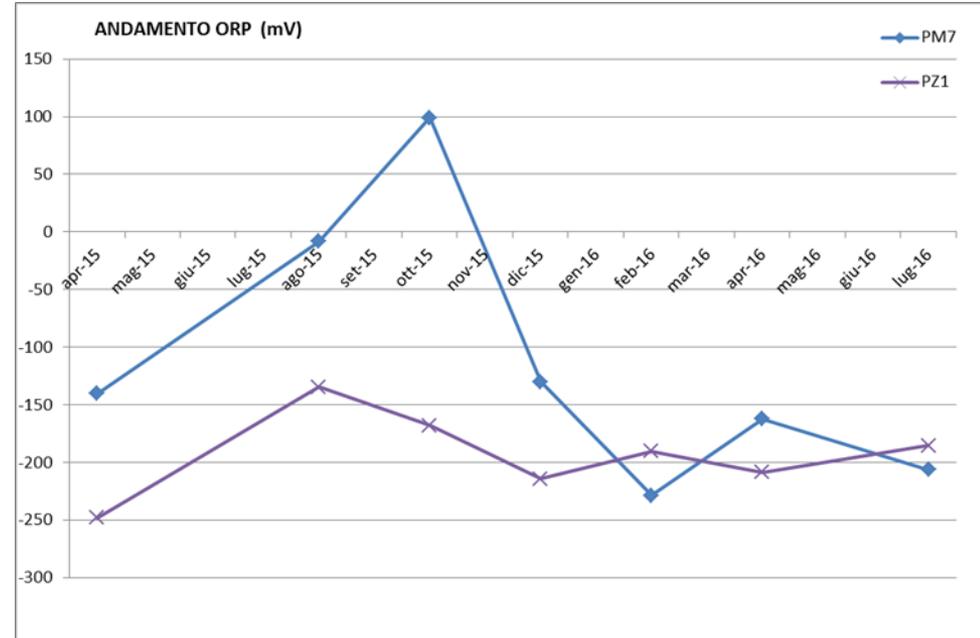
**Diminuzione COCs di Manganese >80% rispetto ai valori iniziali nei piezometri presenti nell'area trattata.**



L'aumento di ossigeno disciolto è stato riscontrato per oltre 12 mesi dall'iniezione del prodotto attestandosi su valori superiori a 5÷6 mg/L.

- L'acquifero presentava **condizioni iniziali fortemente anossiche e riducenti**.

Nella zona di monte (vicino la sorgente) ORP incrementato nella prima fase del trattamento per poi tornare negativo, causa presenza di contaminazione residua nella smear zone. Ma l'obiettivo della bonifica è il contenimento del manganese presso il confine di valle.



## Conclusioni caso di studio



- **3.200 kg di PermeOx<sup>®</sup> Ultra** iniettato in n. 76 punti di immissione (su tre fronti), n. 1 mese di attività di cantiere.
- Costo totale (prove pilota in situ, attività di campo, prodotti, monitoraggi): **< € 100.000.**
- **Diminuzione COCs di Manganese >80% rispetto ai valori iniziali e raggiungimento (temporaneo) obiettivo di bonifica nei punti di conformità**
- **Ossigeno disciolto incrementato sino a 6 volte i valori iniziali.**

# CHI HA BISOGNO DI BONIFICHE

- Aziende del settore IMMOBILIARE e di COSTRUZIONI (es. in caso di compravendite di terreni, riqualificazione di aree industriali/artigianali ecc.)
- Aziende ad elevato rischio ambientale: INDUSTRIE (chimiche, petrolifere, metallurgiche, ceramiche, tessili, concerie ecc.);
- DEPOSITI DI PRODOTTI PETROLIFERI O DI ALTRI PRODOTTI CHIMICI;
- RETE DI DISTRIBUZIONE CARBURANTI (aree di servizio);
- ENTI PUBBLICI (per siti di loro proprietà es. ex magazzini, ex discariche o per quelli in cui intervengono in sostituzione del privato che non provvede);
- Chiunque debba rimuovere serbatoi interrati (distributori, amministrazioni condominiali, aziende private, aziende di autotrasporto, consorzi agrari ecc.).

# italbonifiche *dal 1953...*



italbonifiche

*...ad oggi*





italbonifiche

icbipouilicpe

*«Credo che avere la terra e non rovinarla sia la più bella forma d'arte che si possa desiderare».*

*(Andy Warhol)*

*Grazie*