

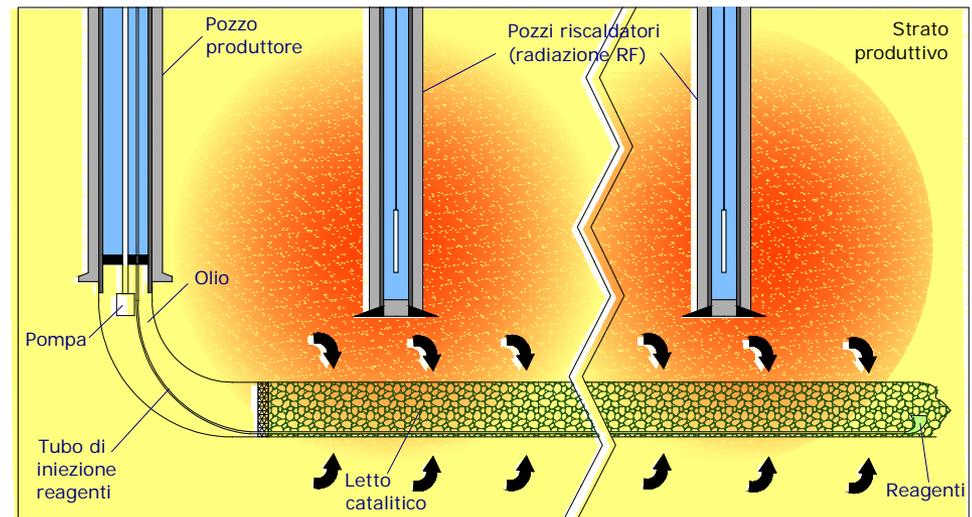
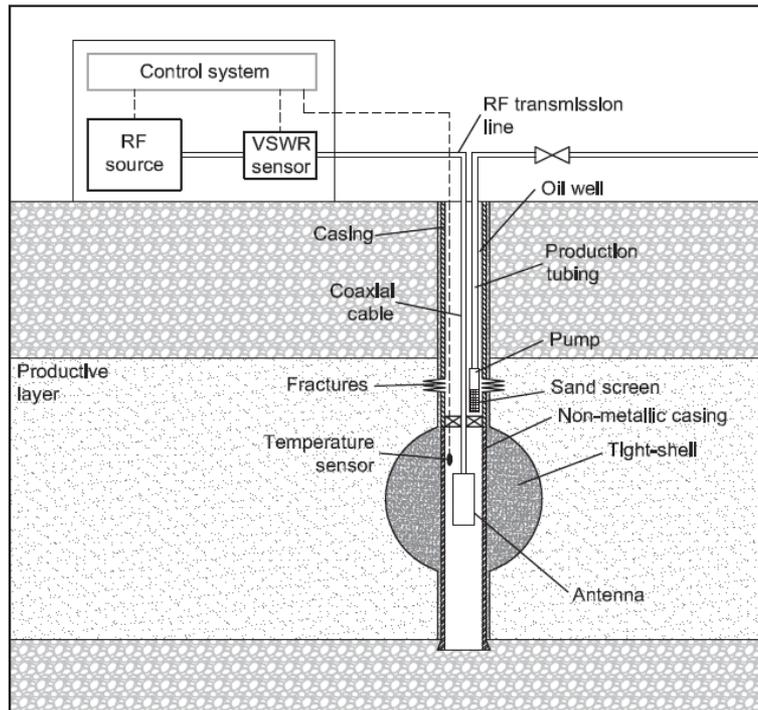
Applicazione di riscaldamento a radiofrequenze per bonifiche ambientali

Prof. Ing. Claudio SCALI



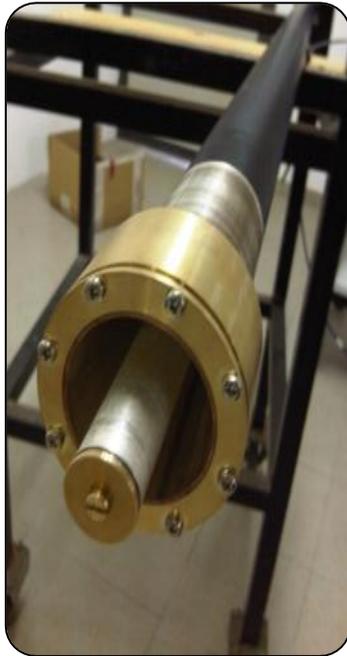
Esperienze pregresse sul riscaldamento in campo petrolifero

- CPTM ha lavorato con ENI dal 2010 per la messa a punto (modellazione e sperimentazione) di sistemi di riscaldamento a radiofrequenze (RF) per giacimenti di oli pesanti e sabbie bituminose.



Estrazione Petrolio da sabbie bituminose

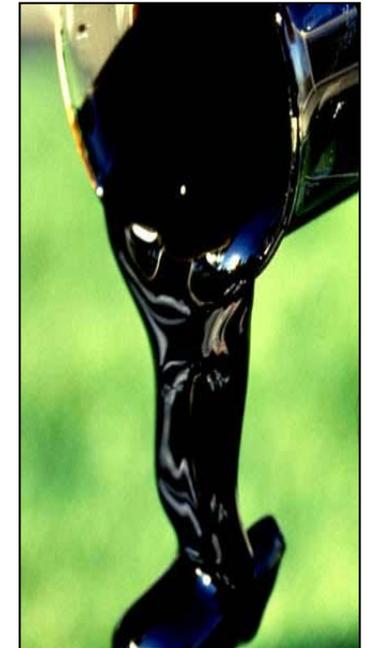
Attività presso CPTM



La sonda
(IDS-Pisa)



Il campione di materiale
(sabbie dal Congo)



L'olio estratto

Progetto sperimentale durato 18 mesi: risultati promettenti;

Sviluppi: Bonifica terreni

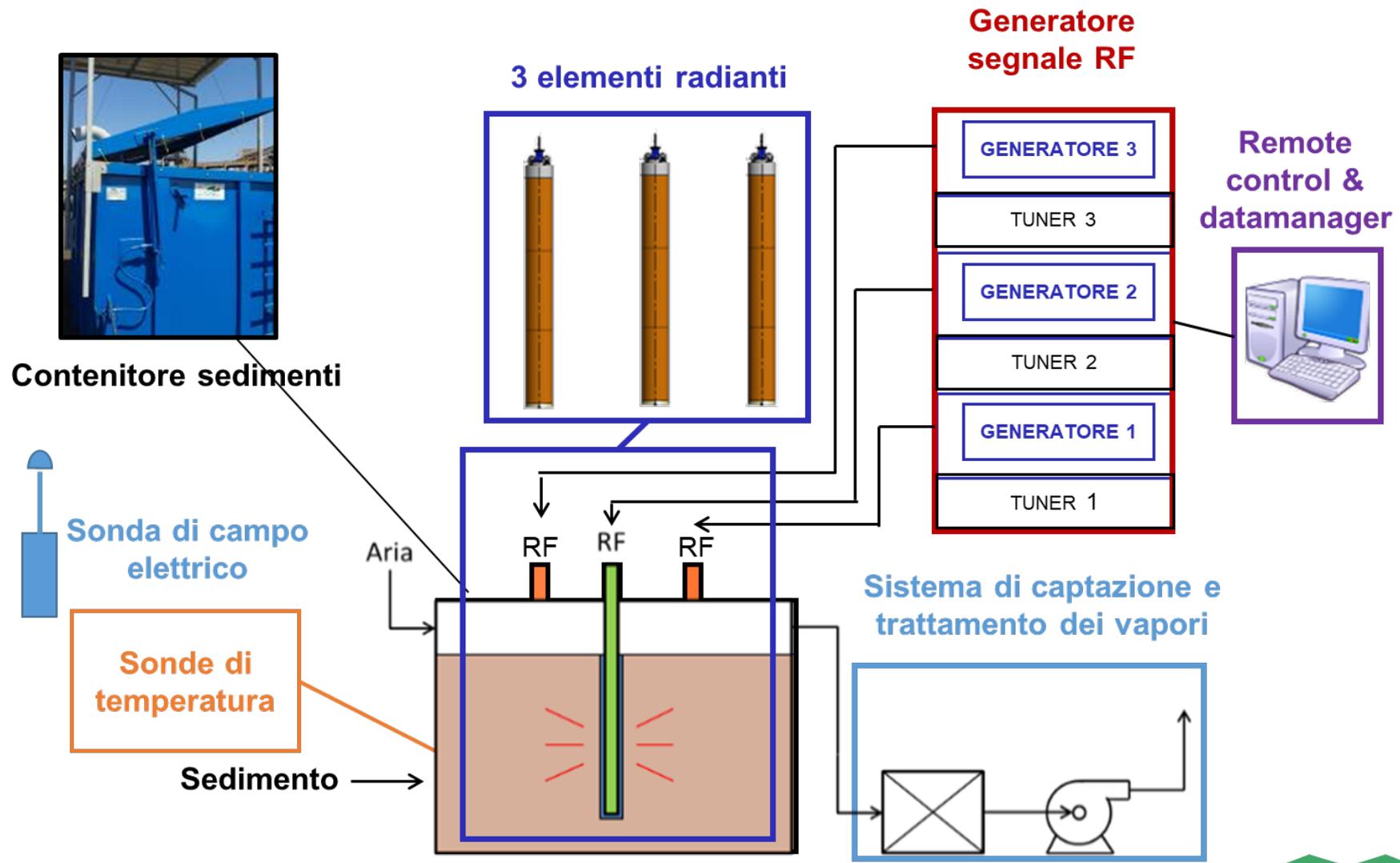
Riscaldamento a radiofrequenze per bonifiche ambientali in situ

- ❑ L'applicazione di RF per bonifiche ambientali è simile a quella per l'estrazione di petrolio, ma con diverse semplificazioni tecniche:
 - Minori profondità implicano una maggiore efficienza nella trasmissione dell'energia elettromagnetica dalla superficie all'antenna sotterranea.
 - Si possono utilizzare, senza significativi incrementi dei costi di investimento, array di antenne con minore potenza individuale, che consentono un riscaldamento uniforme su volumi maggiori.
- ❑ Rispetto ad altre tecniche di riscaldamento utilizzate per la bonifica in associazione con la Soil Vapour Extraction (SVE), quali iniezione di vapore e riscaldamento resistivo, le radiofrequenze hanno due vantaggi principali:
 - velocità di riscaldamento superiore e profili di temperatura più uniformi ed indipendenti dalla conformazione geologica;
 - Assenza di fluidi iniettati, che rende minimo il rischio di allargare la contaminazione verso le zone adiacenti.

Progetto TOSCA (POR CREO 2007 – 2013)

- ❑ Anni: 2013-2015
- ❑ Verifica sperimentale dell'applicazione del riscaldamento con radiofrequenze per il trattamento SVE in situ di sedimenti marini contaminati con idrocarburi in vasche di colmata.
- ❑ Luogo della sperimentazione: Piombino, area portuale.
- ❑ Partners: Ambiente SC, UNIPI, Netfarm, Pasquali MW system
- ❑ Fasi del progetto:
 - Definizione del sito e Caratterizzazione del sedimento da trattare
 - Progettazione e Dimensionamento sistema di riscaldamento del sedimento e captazione e trattamento vapori
 - Impianto pilota
 - Impianto dimostrativo

Progetto TOSCA. Impianto dimostrativo



Progetto TOSCA. Impianto dimostrativo

Container
contenente i
sedimenti

Ingresso aria



Uscita vapori

Raccordo con cavo
coassiale
debitamente
schermato

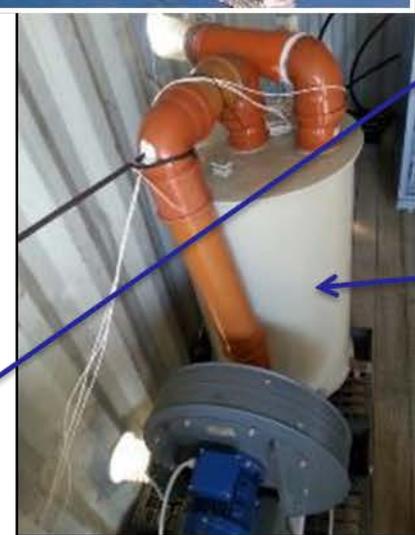
Raccordo
container -
separatori di
condensa

Filtro carboni
attivi



Raccordo
ventilatore - filtro
a carboni attivi

Separatore di
condensa



Progetto TOSCA. Impianto dimostrativo



Pozzetti tubati in PTFE per monitoraggio temperature



Sonde a fibra ottica per misura temperatura



Datalogger per acquisizione dati



Termometro a fibra ottica a rack multicanale con uscita analogica 0-10 Vdc

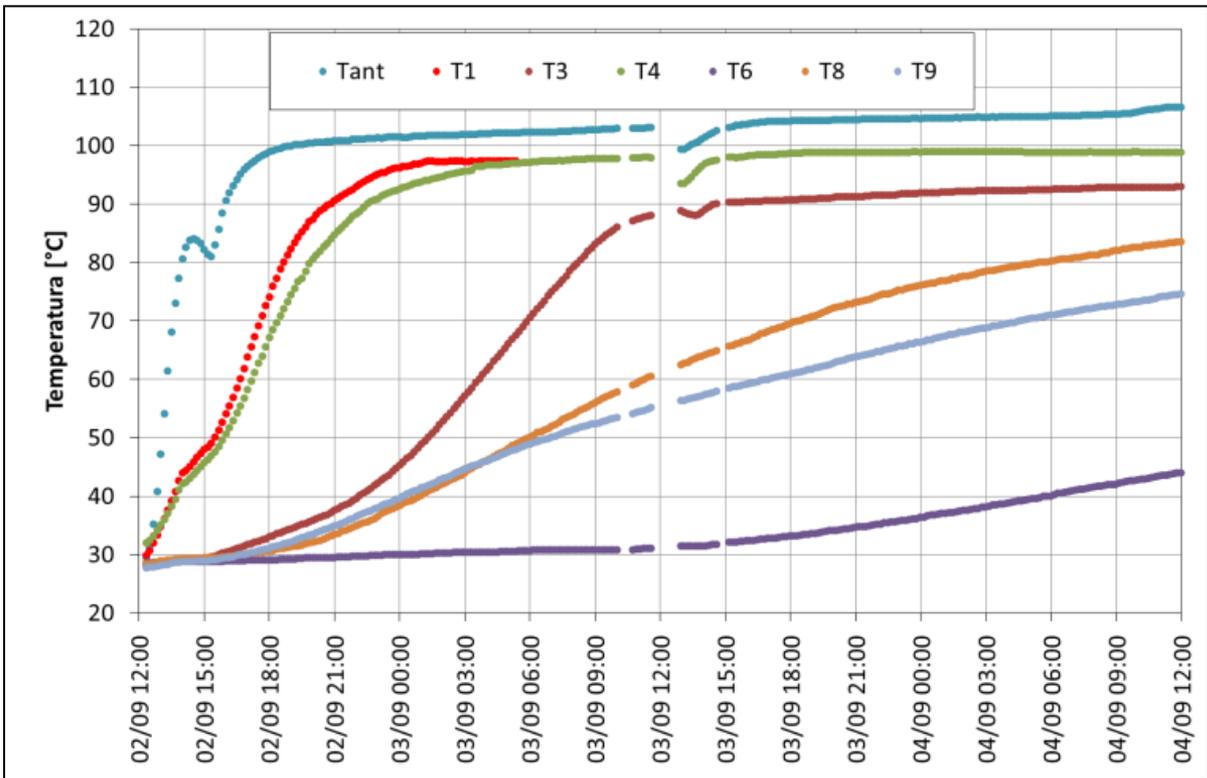


Sonda per misura umidità/temperatura dell'aria estratta (uscita analogica 0-10 Vdc)



Sonda FID per misura concentrazione TOC

Progetto TOSCA: Risultati principali



- ❑ Tempo di trattamento: 10 giorni
- ❑ Umidità residua < 1 % (valore iniziale 20%)
- ❑ Concentrazione VOC residua < 20mg/kg (a volte < 5mg/Kg: soglia rilevabilità)
- ❑ (valore iniziale 5 g/kg)

Vantaggi:

Tempi più brevi

Applicabile dove Iniezione Vapore inibita da scarsa permeabilità terreno

Costi e impiantistica paragonabili a Iniezione Vapore



Progettazione di un sistema di bonifica RF-SVE in un sito industriale

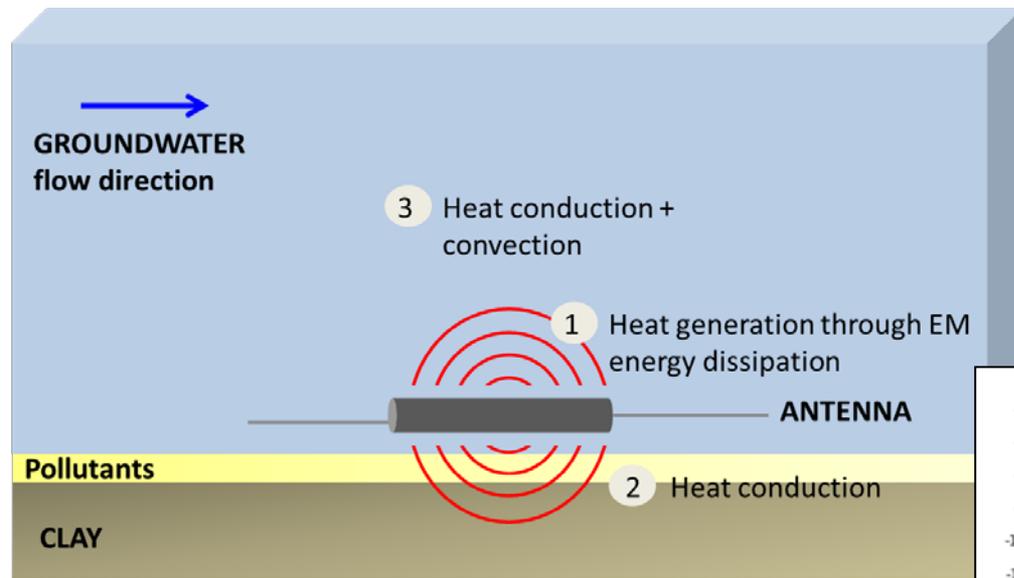
□ Contesto

- Area di 2500 m² in un sito industriale contaminata con solventi clorurati con concentrazioni di oltre 30 ppm
- Area inquinata a profondità di 6-18 m in presenza di falda con velocità di flusso di 0.4 m/day
- Contaminanti concentrati nello strato impermeabile di argilla presente a 18 m di profondità.

□ Soluzione

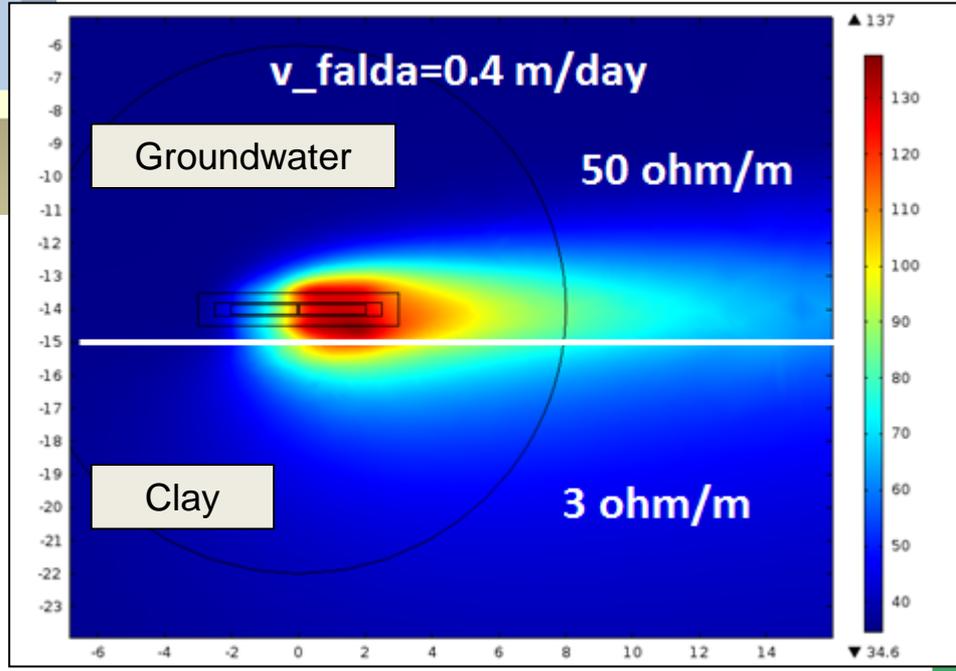
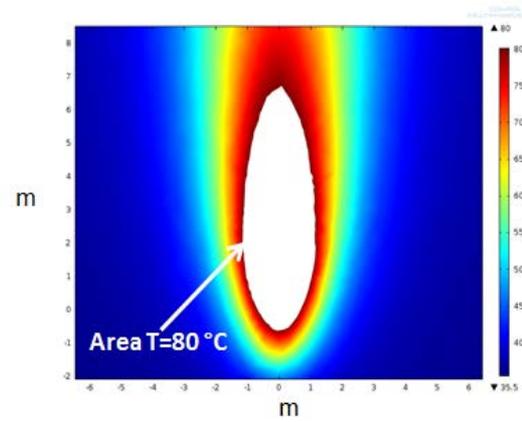
- Antenne inserite in pozzi orizzontali (minima invasività del trattamento nei confronti del sovrastante impianto industriale)
- Temperatura target 80°C (per devolatilizzare i contaminanti e favorirne l'asportazione da parte del sistema SVE)
- Antenne da 10 MHz, 25 kW

Modellazione



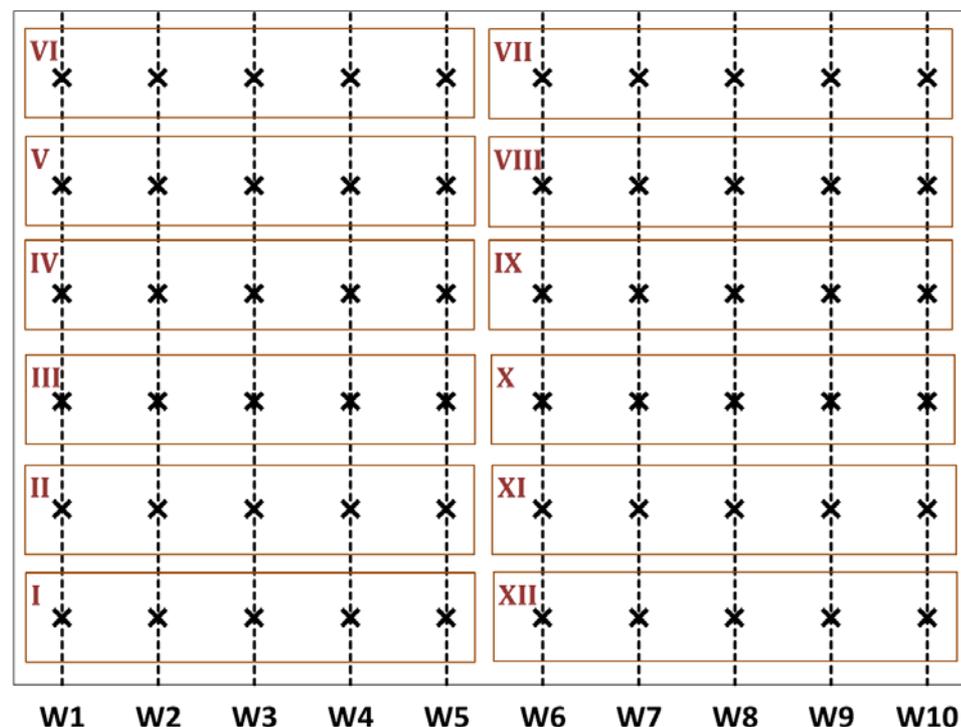
$P=25 \text{ kW}$
 $f=10 \text{ MHz}$
 $t= 100 \text{ day}$

- **T max: 137°C**
- **Area di argilla riscaldata a 80°C: 12 m²**



Sistema di bonifica: trattamento a settori

- ❑ 10 pozzi orizzontali;
- ❑ 5 antenne mobili;
- ❑ Frequenze operativa: 10 MHz
- ❑ Potenza totale: 125 kW
- ❑ Contaminanti rimossi tramite “pump and treat” sotto il livello di falda, tramite SVE sopra il livello di falda.
- ❑ Per ciascun settore: 100 giorni di riscaldamento, 20 giorni a temperatura costante.
- ❑ Tempo totale di trattamento: 4 anni (alternativi a > 20 anni senza risoluzione della contaminazione col solo pump & treat)
- ❑ Costi di investimento: 1 M€



Conclusioni

- ❑ Tecniche di Riscaldamento a Radio Frequenze hanno dato risultati promettenti per bonifiche di terreni, fanghi e falde da IdroCarburi e Solventi Organici Clorurati
- ❑ Vantaggi in termini di **tempi più brevi** rispetto a:
 - SVE (Soil Vapour Extraction) per bonifica suoli
 - Pump & Treat per bonifica falde
- ❑ Complessità impiantistica e **Costi paragonabili** alle altre tecniche
- ❑ Esempi di applicazione documentati per bonifica stazioni di servizio carburanti
- ❑ Altre problematiche Acciaieria: da valutare...
- ➔ **Possibilità di sperimentazione a livello di impianto pilota presso Polo Magona**