

**Università degli studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base**

**Tesi di Laurea in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



Materiali zeolitici modificati in superficie e ferro zero valente
per la realizzazione di barriere reattive permeabili

Relatore:
Prof. Ing. Bruno de Gennaro

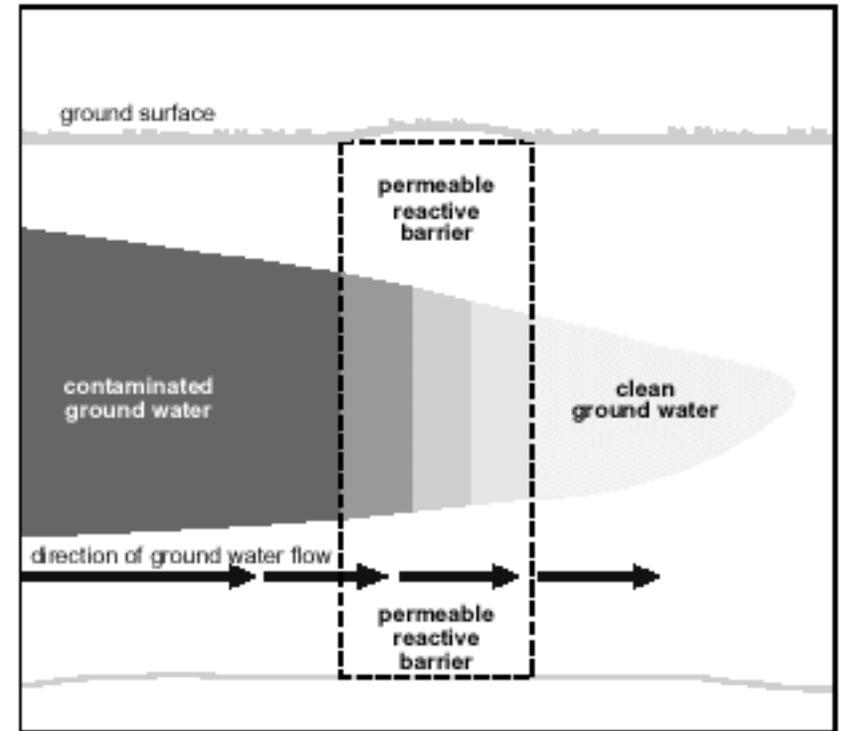
Candidata:
Claudia Ambrosio
Matr: N49000613

Anno Accademico 2018/2019

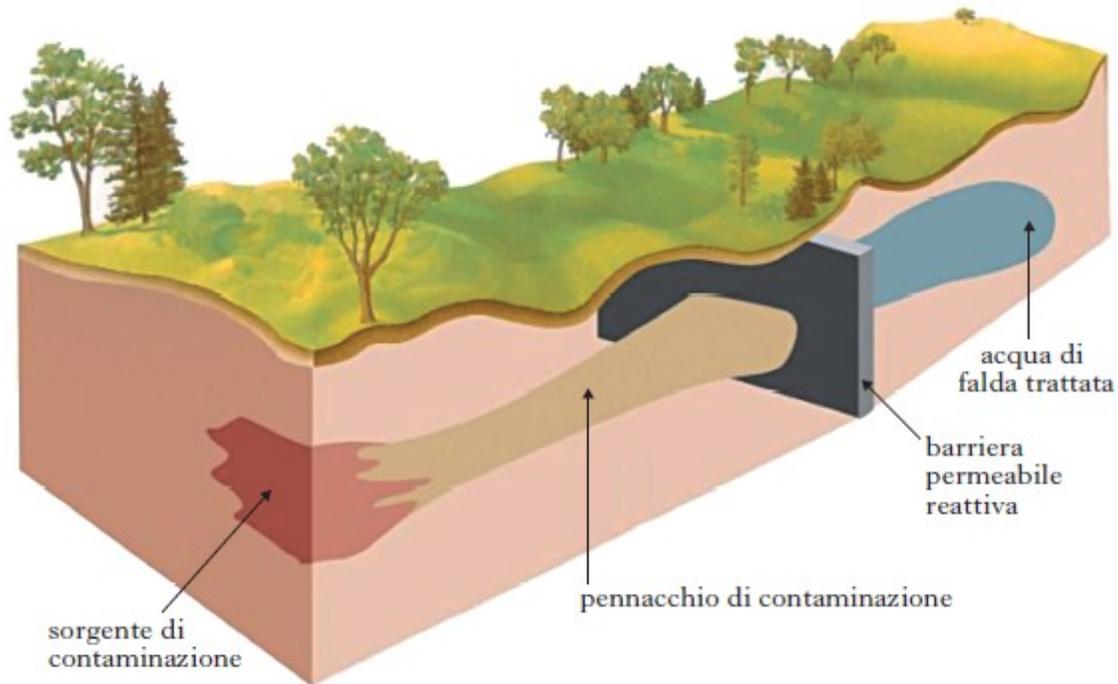
Che cos'è una PRB?

PRB sta per Barriera reattiva permeabile

- **Barriera:** ostacolo fisico alla diffusione degli inquinanti
- **Reattiva:** indica la capacità del materiale di riempimento di reagire con i contaminanti
- **Permeabile:** indica la proprietà di lasciarsi attraversare dal plume



La bonifica delle acque contaminate rappresenta oggi un obiettivo fondamentale per garantire la salvaguardia delle risorse naturali e l'eliminazione di rischi inaccettabili per la salute umana e per l'ambiente.



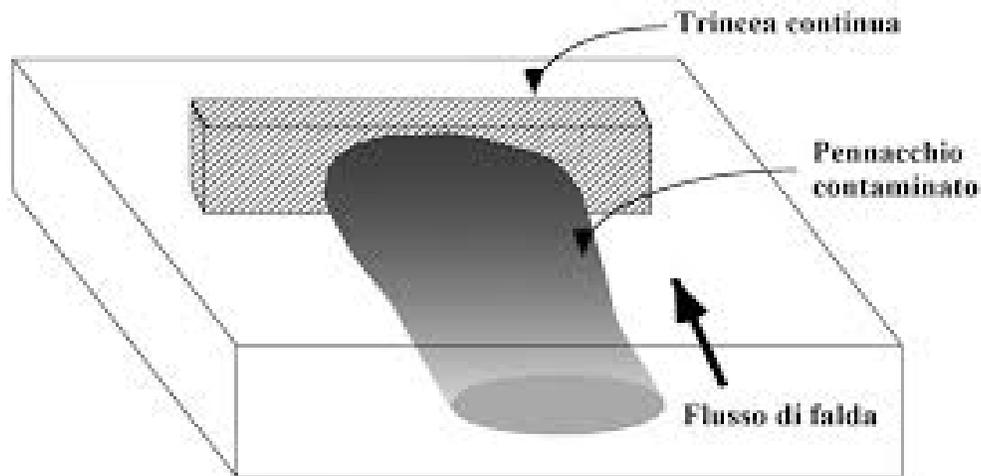
Reazioni chimico-fisiche all'interno della barriera :

- **Degradazione**
- **Assorbimento**
- **Precipitazione**

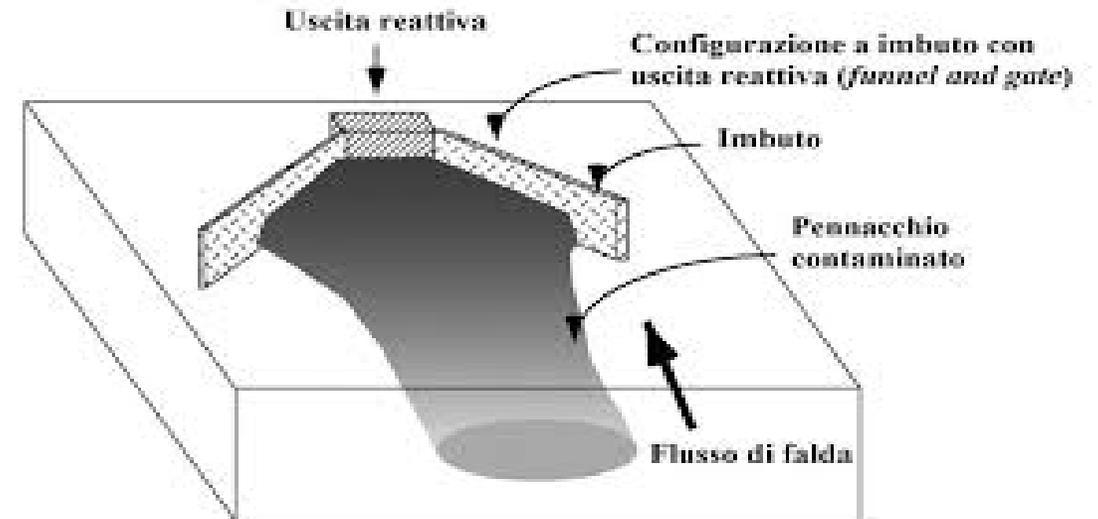
Vantaggi delle PRB

- Consente di trattare aree molto vaste
- Il trattamento avviene nel sottosuolo
- E' una tecnologia di trattamento che agisce passivamente
- I costi di installazione sono potenzialmente bassi
- Consente lo svolgimento di attività sul sito trattato
- Le azioni di monitoraggio possono essere ben focalizzate

Possibili configurazioni di installazione



Trincea continua



Funnel and gate

La massima profondità generalmente raggiungibile con le tecniche di scavo tradizionali per l'installazione della barriera non supera i 25 – 30 m.

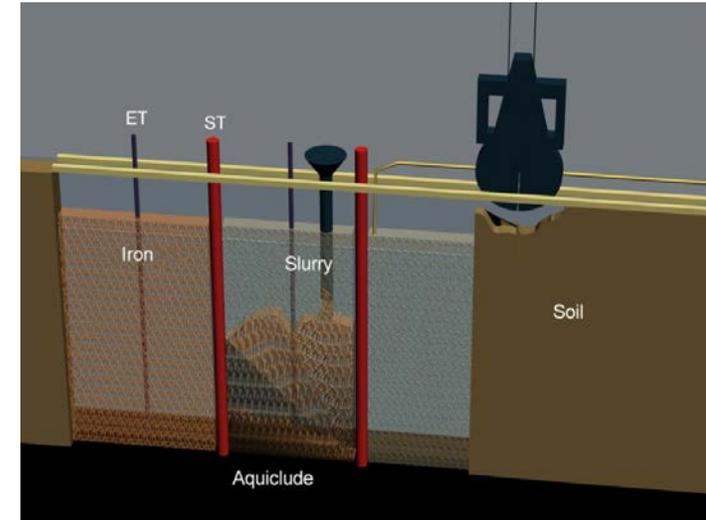
Impianto di Avigliana



- Trincea realizzata mediante benna idraulica



- Area ripristinata



- Fango a biopolimeri
- Ferro zero valente

Qual è il materiale reattivo più adatto per la realizzazione delle PRB?

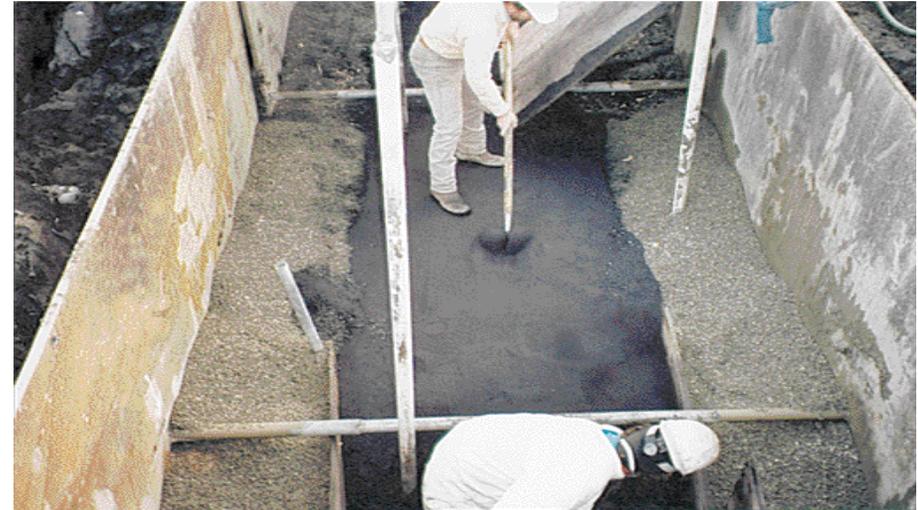
Parametri da valutare:

- Reattività rispetto ai contaminanti
- Stabilità nel tempo
- Disponibilità e costi
- Prestazioni e conducibilità idraulica
- Sicurezza



I mezzi reattivi di più largo uso sono:

- Matrici organiche
- **Ferro zero valente**
- Materiali calcarei
- **Zeoliti**
- Matrici assorbenti

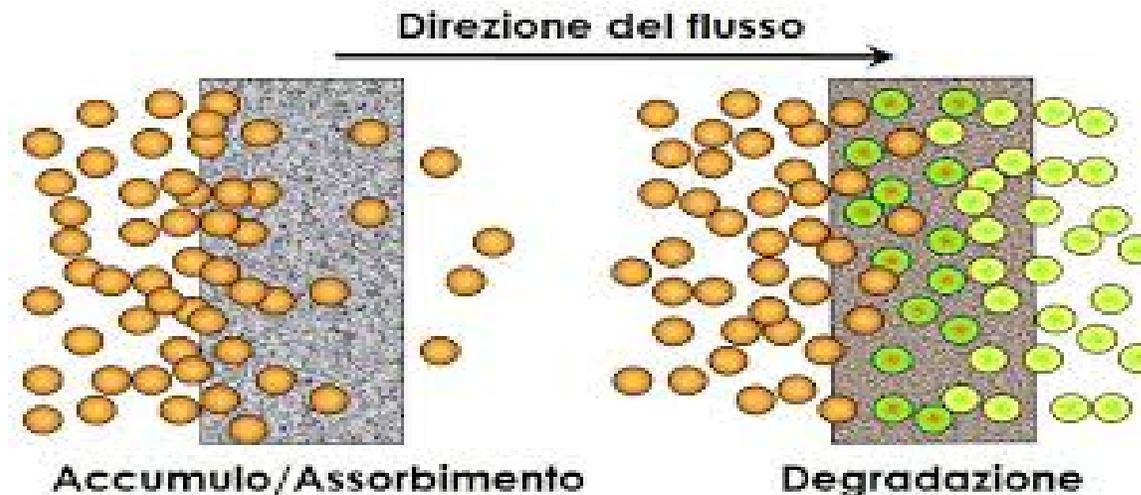


Ferro zero valente



Le caratteristiche principali del ferro che devono essere rispettate per garantirne la funzionalità di impiego sono:

- Superficie dei granuli priva di strati ossidati
- Composizione in peso superiore al 95% di ferro zerovalente
- Range granulometrico compreso tra 1 – 100 nm
- Assenza di oli o altre sostanze



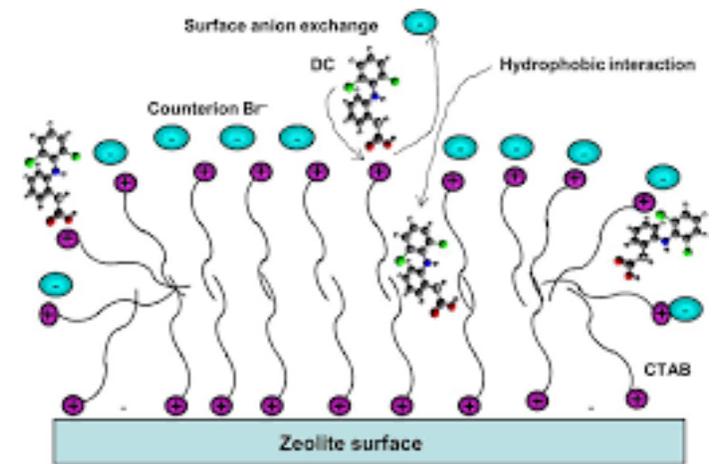
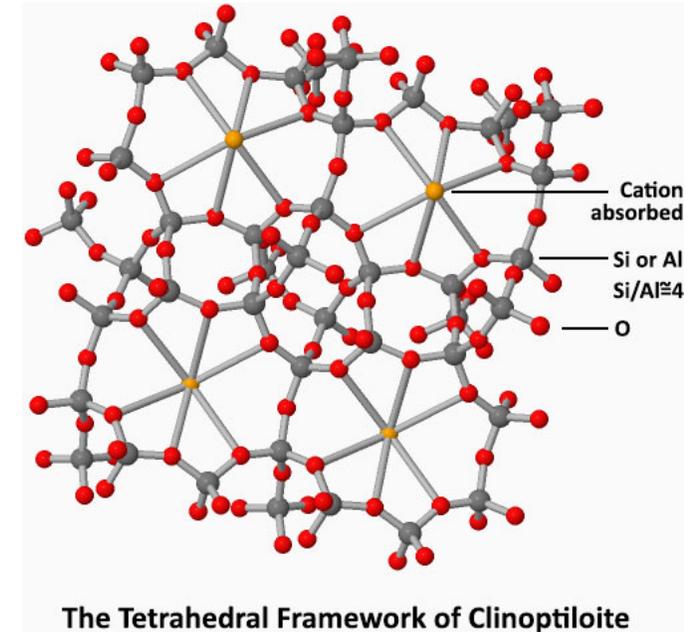
Zeoliti

- Aree ad alta superficie specifica
- Alta capacità di scambio cationico
- Struttura tridimensionale
- Ottime proprietà idrauliche e di assorbimento

Clinoptilolite + Ammina quaternaria (HDTMA)



Zeolite surfattante modificata (SMZ)



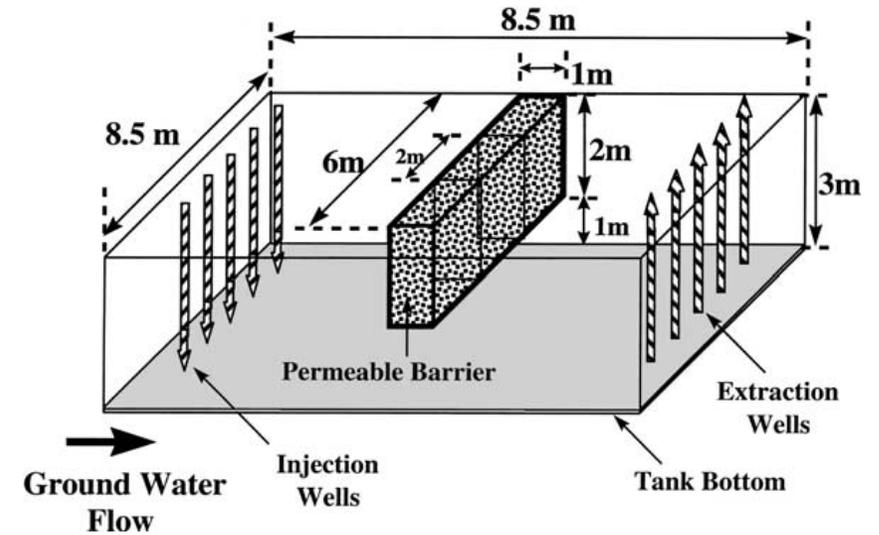
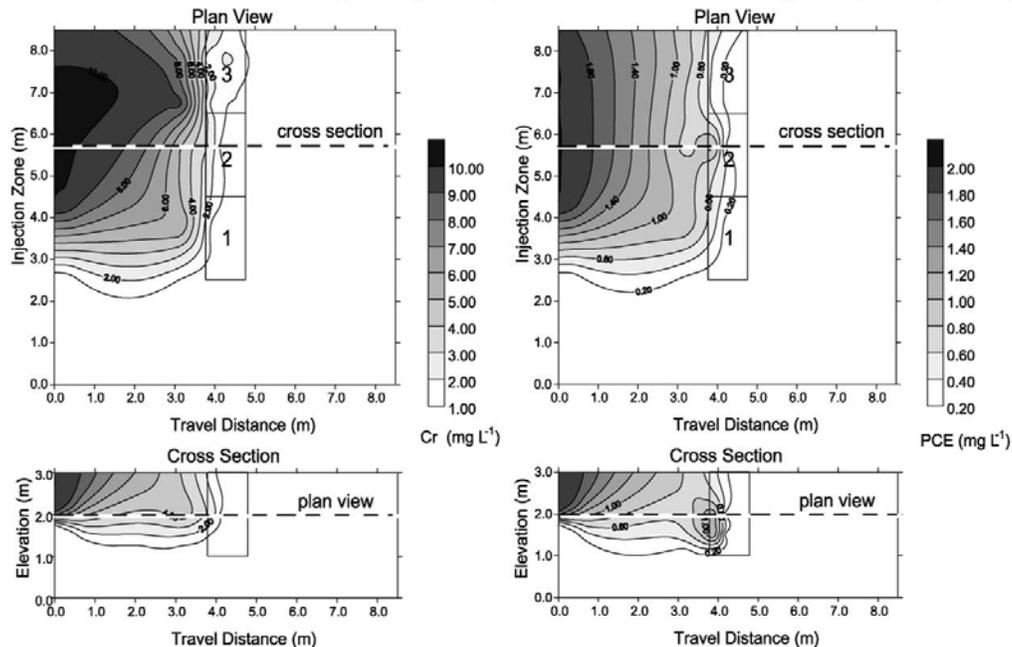
Surface anion exchange and hydrophobic interactions responsible for the uptake and removal of DC from water.

Applicazioni

SMZ come sostanza assorbente

- Cromo
- PCE

Cr Distribution after 41 days of injection (8/20/98) PCE Distribution after 41 days of injection (8/20/98)



9 settimane di contatto tra contaminanti e SMZ

Fattore di ritardo

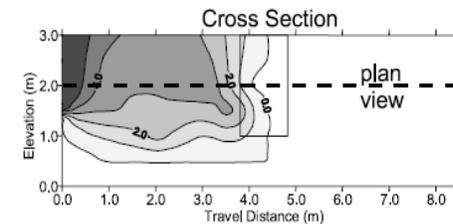
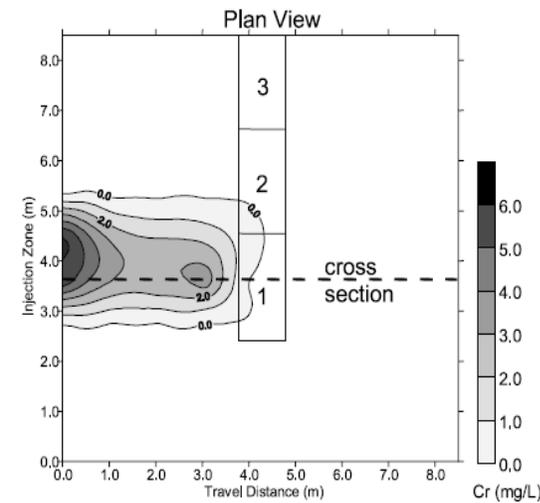
$$R = \frac{V_{sabbia}}{V_{SMZ}}$$

SMZ/ZVI per la realizzazione di barriere reattive permeabili

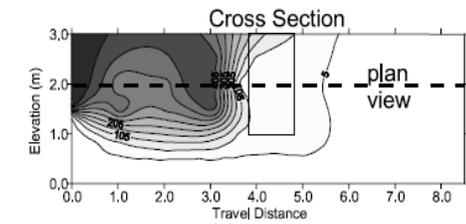
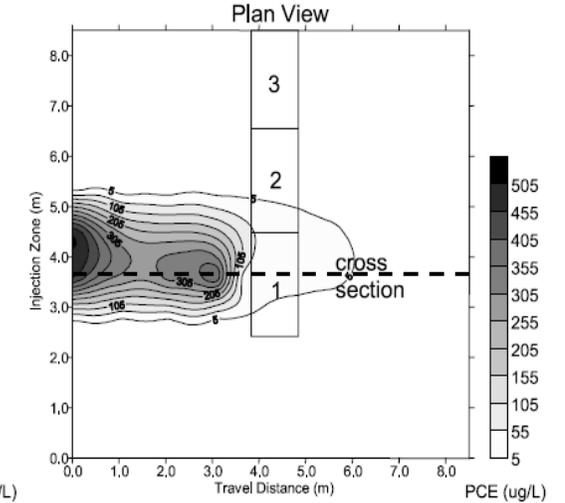
- Capacità di rimozione di Cromo e PCE ad opera di un'applicazione congiunta di SMZ e Ferro zero valente.

L'utilizzo di SMZ/ZVI ha permesso di ottenere una maggiore rimozione dei contaminanti rispetto all'applicazione di SMZ o ZVI adoperati singolarmente.

Cr Distribution after 33 days of injection



PCE Distribution after 36 days of injection

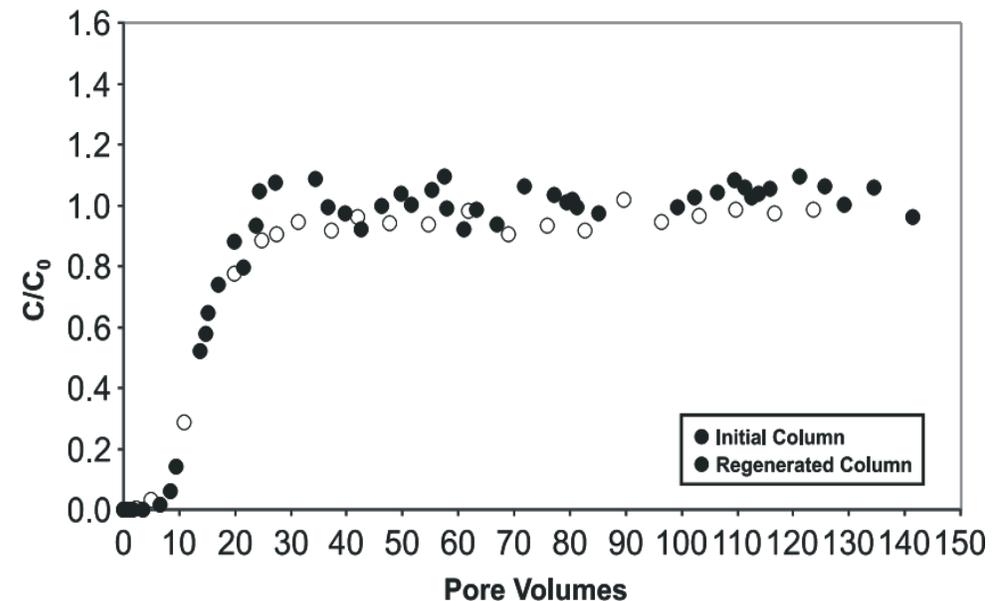


Distribuzione di Cromo e PCE

SMZ per la rimozione di sostanze organiche dalle acque di stabilimenti petroliferi

- BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, xylene)

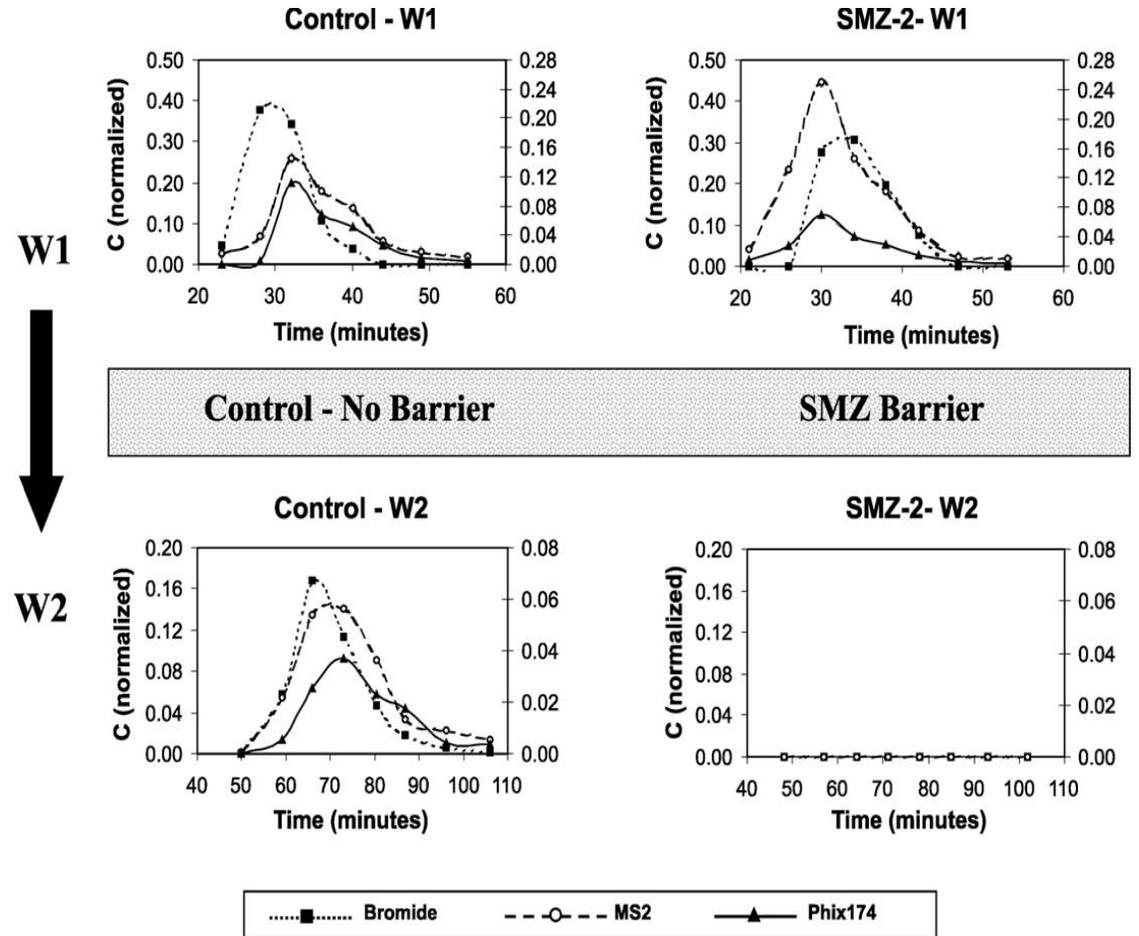
Per valutare l'efficacia di SMZ nella rimozione di BTEX, sono stati presi in considerazione i coefficienti di assorbimento lineare k_d delle singole specie.



SMZ per la rimozione di patogeni dall'acqua

- Batteriofago MS2
- Escherichia Coli
- Bromuro

Le prove di laboratorio consistevano nella simulazione di una falda acquifera all'interno della quale venivano iniettati i patogeni precedentemente raccolti in una zona umida.



Concentrazioni di MS2 E. Coli e bromuro in uscita dai due pozzi

Conclusioni

- Una barriera reattiva è un'alternativa economicamente e tecnicamente valida per il trattamento in situ di falde contaminate
- Tramite l'utilizzo di SMZ è possibile rimuovere le principali classi di contaminanti dall'acqua
- Sono ancora in corso una serie di studi per migliorare la stabilità chimica e fisica a lungo termine di SMZ
- Devono essere sviluppati anche metodi migliori per rigenerare economicamente le SMZ usate come sorbenti



GRAZIE PER L'ATTENZIONE