

## Utilizzo del Ferro Zero Valente nella *remediation* dei siti inquinati

L'uso del Ferro Zero Valente è già noto da tempo nell'ambito dei trattamenti chimico-fisici di siti contaminati. Il suo impiego è soprattutto riferito alle Barriere Permeabili Reattive, tecnologia di bonifica il cui principio di base consiste nell'intercettazione del flusso idrico contaminato mediante barriere capaci di sottrarre allo stesso i contaminanti grazie a diversi meccanismi (reazione, precipitazione, adsorbimento) e impedirne il trasporto nelle zone circostanti secondo lo schema di Fig. 1.

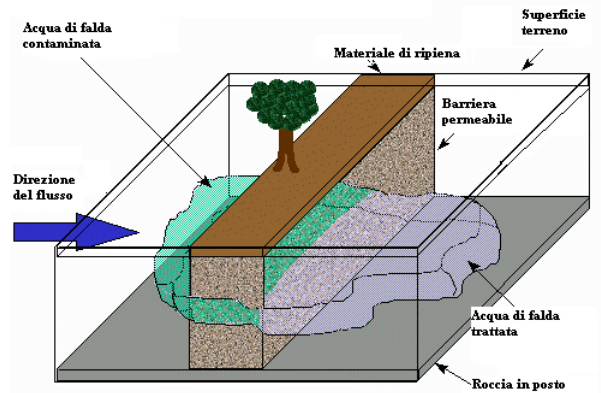
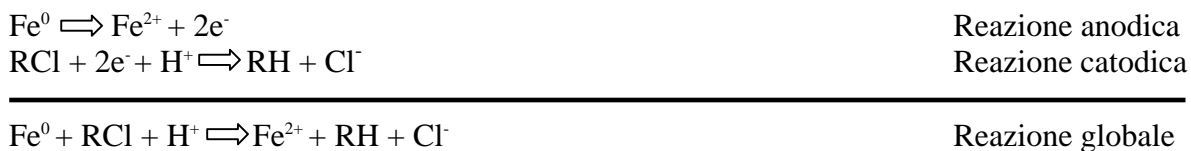


Fig. 1: Barriere Permeabili Reattive

Il materiale reattivo viene collocato nel suolo trasversalmente alla direzione del flusso della falda, in modo che il pennacchio inquinato fluisca attraverso di esso: i contaminanti, passando attraverso la barriera, vengono immobilizzati o trasformati chimicamente in composti di minor impatto ambientale.

Il materiale reattivo più comunemente utilizzato risulta il Ferro Zero Valente: in presenza di ferro granulare, i solventi organici clorurati si degradano secondo una cinetica del primo ordine dipendente dalla superficie specifica del materiale. Il meccanismo che porta alla degradazione degli idrocarburi clorurati in presenza di  $Fe^0$  sembra sia riconducibile ad una reazione di ossidoriduzione che può essere considerata la somma di una reazione catodica e una anodica sviluppatasi sulla superficie del metallo. Indicando con R-Cl il generico composto organoclorurato, lo schema reattivo è riassumibile nel riquadro seguente:



In definitiva, quando i granuli di  $Fe^0$  costituenti la barriera, vengono attraversati dall'acqua di falda contenente sali disciolti, si sviluppa un fenomeno di corrosione elettrochimica. Infatti, in corrispondenza di una zona della superficie del metallo (zona anodica) si ha il rilascio di un elettrone ( $e^-$ ) e la formazione di un catione solubile ( $Fe^{2+}$ ). L'elettrone viene poi prelevato in un'altra zona della superficie del metallo (zona catodica) dalle specie ossidate presenti in soluzione (es.  $RCl$ ,  $CrO_4^{2-}$ ) che in questo modo si riducono. In pratica i contaminanti quali cromati o tricloroetilene, tetracloroetilene, etc. fungono da agenti ossidanti (accettori di elettroni) e si riducono dealogenandosi, rilasciando in tal modo il cloro in soluzione.

L'uso delle **Nanoparticelle di Ferro Zero Valente** è una tecnologia di bonifica innovativa che si sta affermando di recente. Infatti le Barriere Permeabili hanno costi considerevoli e tempi di bonifica piuttosto lunghi.

Le nanoparticelle, invece, proprio per le loro dimensioni estremamente piccole (1-100 nm), hanno un'area superficiale molto grande (33.5 m<sup>2</sup>/g) e quindi sono altamente reattive ed indicate per il trattamento di Solventi clorurati, PCB, Pesticidi clorurati, etc.

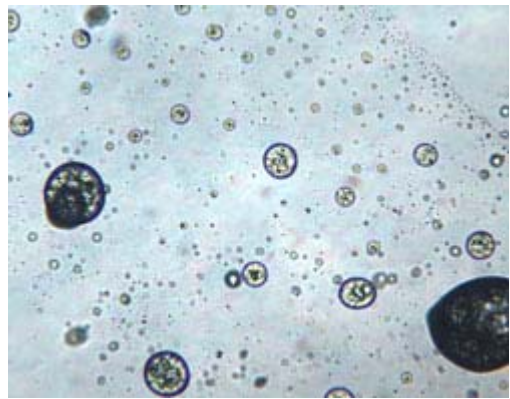


Fig. 2: Particelle di Ferro Zero Valente che intrappolano goccioline di olio

Le evidenze sperimentali mostrano che la reattività del Ferro può essere aumentata creando una particella bimetallica ottenuta depositando sulla superficie delle particelle una piccola quantità (<0.1%) di un altro metallo (Pd, Pt, Ni, Ag,..).

Il Ferro Zero Valente viene iniettato direttamente in falda tramite pozzi; le particelle così iniettate si muovono entro l'acquifero raggiungendo punti anche lontano dal punto di iniezione.

Le reazioni indotte dall'iniezione di Ferro zero valente granulare sono identiche a quelle che si originano con la Barriera Permeabile Reattiva (il Ferro zero valente funge da donatore di elettroni nei confronti dei contaminanti come il Tricloroetilene che vengono, pertanto, ridotti ad Etano), tuttavia, le ricerche condotte sembrano evidenziare una maggiore reattività ed efficacia di trasformazione di un'ampia varietà di contaminanti grazie all'incremento delle superficie di contatto rispetto alle tradizionali barriere.

La Golden Associates S.r.l. sta conducendo diversi test a scala pilota in Canada e in Repubblica Ceca e sta, inoltre, mettendo a punto la tecnologia per alcuni progetti di bonifica *full-scale* in Italia e negli Stati Uniti.

Ulteriori informazioni su questa metodologia si possono trovare sul sito della Golder Associates (<http://www.golder.com/default.asp?PID=806&LID=24&VID=177>) e nell'articolo "[De-chlorination of chlorinated hydrocarbons by zero-valent iron nano-particles](#)" (Michael Pupeza, Miroslav Cernik, Marco Greco)