

Provect-OX™ - Reagente ISCO auto-attivante/Enhanced Bioremediation

ISCO più sicura e più efficace con l'uso di un'attivazione non estrema del persolfato che induce un bio-trattamento secondario sostenuto nel tempo.

Quando si deve scegliere un reagente per l'ossidazione chimica a base di persolfato, ci si trova ad affrontare un numero crescente di alternative possibili – con ogni reagente in possesso di caratteristiche dichiarate dal relativo produttore (**Tabella 1**). Come descritto in questo documento, Provect-OX™ offre alcuni importanti vantaggi non riscontrabili in altri reagenti ISCO, tali da rendere la vostra scelta la più sicura, la più efficace e la più conveniente.

Tabella 1. Analisi comparativa di reagenti ISCO a base di persolfato.

▼ Caratteristica	Persulfate Only (unactivated)	Provect-OX™	PersulfOx®	Base-Activated Persulfate
Imballaggio	Disponibile come prodotto granulare	- Disponibile come prodotto granulare premiscelato con attivatore incorporato - Opzionale: fornito in due parti separate per flessibilità di utilizzo in campo	Disponibile come singola parte, prodotto granulare con attivatore incorporato ^a	Due parti: ca. 25% di NaOH + persolfato granulare ^a
Applicazione in campo	- Unico set di tubi e pompe - Nessun contenimento secondario richiesto	- Unico set di tubi e pompe - Nessun contenimento secondario richiesto	- Unico set di tubi e pompe ^a - Nessun contenimento secondario richiesto ^a	- Sistemi di iniezione multipla richiesti ^a - NaOH richiede contenimento secondario ^a
Sicurezza	Il materiale granulare, in sacchi, è sicuro e facile da maneggiare	- Il materiale granulare, in sacchi, è sicuro e facile da maneggiare - non genera calore, minimizzando la produzione di gas e problemi di superficie	Il materiale granulare, in sacchi, è sicuro e facile da maneggiare ^a	- NaOH è corrosivo e può causare gravi danni ^a - NaOH dà problemi di compatibilità dei materiali ^a - Calore generato durante l'applicazione ^a
Chimica di attivazione	- Principalmente attivato da Fe(III) e forse altri metalli - La naturale variabilità ed eterogeneità dell'acquifero compromette il controllo e la prevedibilità dei risultati	- Processo catalizzato in modo sicuro senza rischi di attivazione estrema - Rimane attivato per lunghi periodi - Attivazione prevedibile e affidabile	- Processo catalizzato in modo sicuro senza rischi di attivazione estrema ^a - Rimane attivato per lunghi periodi ^a	- pH estremamente elevato (>10,5) ^a - Attivazione di breve durata ^a - Prestazioni variabili ^a - il pH elevato può mobilitare i metalli pesanti ^a
Modalità di azione	Chimica convenzionale di ossidazione con persolfato	- Chimica convenzionale di ossidazione con persolfato - I radicali ferrosi migliorano i risultati dell'ossidazione - Processi biologici secondari potenziati migliorano le prestazioni complessive	- Chimica convenzionale di ossidazione con persolfato - Forse altre	- Chimica convenzionale di ossidazione con persolfato - pH elevato non favorisce processi biologici
Progettato per gestire il rebound dei contaminanti	No Iniezioni multiple spesso necessarie	Si Sostiene attivamente il trattamento secondario per via biotica	No Iniezioni multiple spesso necessarie	No Iniezioni multiple spesso necessarie
Tecnologie brevettate	No per ^{b,c,d,e}	In attesa (Provectus)	Si (Regenesis)	Si

^a Henderson, J.F. 1958. The Reaction of Potassium Persulfate with Thioglycolic Acid in Aqueous Solution. McGill University, Montreal, Canada.

http://www.provectusenvironmental.com/marketing/tech_docs/JohnHenderson_1958.pdf

^c Cuypers, C., T. Grotenhuis, J. Joziase and W. Rulkens. 2000. Rapid Persulfate Oxidation Predicts PAH Bioavailability in Soils and Sediments. Environ. Sci. Technol. 34(10) pp. 2057-2063.

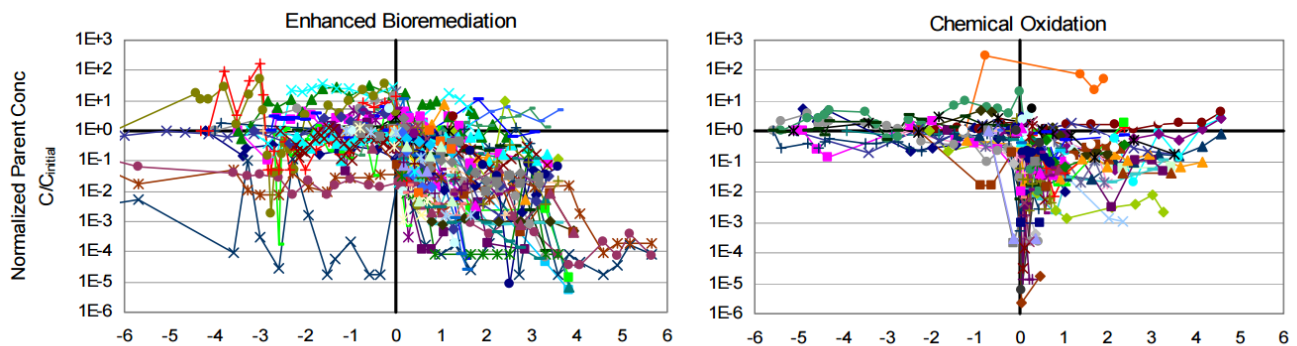
^d Pugh, J.R. 1999. *In Situ* Remediation of Soils Containing Organic Contaminants Using the Electromigration of Peroxysulfate Ions. US Patent 5,976,348. http://www.provectusenvironmental.com/marketing/tech_docs/USPTO_5976348_Pugh_1999.pdf

^e Todd, S.M. 1964. Some Speculation on the Oxidation-Reduction Mechanisms and their Significance in the Induction of Cancer. Pages 444-457. http://www.provectusenvironmental.com/marketing/tech_docs/SMTodd_1964.pdf

DUE IMPORTANTI QUESTIONI ASSOCIATE ALLE TECNOLOGIE ISCO

Rebound: Forse il problema principale con il persolfato non attivato o con chimiche ISCO convenzionali, sopra riportate, è legato al rebound dei contaminanti. McGuire *et al.* (2006) hanno riassunto questo fenomeno confrontando la rimozione dei contaminanti nel tempo in numerosi progetti ISCO: la maggior parte dei siti analizzati ha mostrato: i) iniziale (forse significativa) riduzione del contaminante (fase disciolta) seguita da ii) rebound del contaminante entro pochi anni (**Figura 1**). Questa è una risposta alle reazioni iniziali di ossidazione che degradano i composti organici in fase disciolta, ma una volta che le specie reattive sono state consumate o esaurite niente è rimasto per far fronte ai composti che vengono desorbiti dalla matrice dell'acquifero. Questo porta ad un rebound nel tempo, ed il grado di rebound è funzione di molteplici fattori quali il dosaggio dell'ossidante, il tipo e la tessitura del terreno, le condizioni idrogeologiche, l'attenuazione microbiologica, ecc. (Tsitonaki *et al.*, 2010; Watts, 2011).

Figura 1. Valori di concentrazione nel tempo misurate in pozzi in siti con sorgente in esaurimento. La concentrazione è normalizzata alla concentrazione iniziale. Il tempo di campionamento è normalizzato al tempo iniziale di trattamento della sorgente. (T.M. McGuire *et al.*/ Ground Water Monitoring & Remediation 26, no. 1: 73-84 p.77)



L'asse X mostra il tempo di campionamento (anni) relativo al trattamento iniziale (Tempo 0)

Per contrastare il rebound Provect-OX utilizza Fe(III) per attivare il persolfato (Scalzi e Karachalios, 2013). Questa chimica, oltre a rendere molto efficace e rapida l'azione ISCO (vedi sotto), favorisce anche i processi di biorisanamento per un periodo di tempo prolungato. Questo si ottiene attraverso il successivo utilizzo del solfato e del ferro come accettori di elettroni per i processi riduttivi facoltativi. Gli intermedi di degradazione generati durante l'ossidazione e gli altri prodotti organici naturali come gli acidi umici possono agire come veicoli di elettroni, consentendo la riduzione del Fe(III) a Fe(II) nel ciclo redox del ferro e la continua attivazione del persolfato. Questo effetto combinato fornisce processi di risanamento supplementari consentendo un dosaggio più conveniente del prodotto.

Metodi alternativi per stimolare processi secondari di biodegradazione che utilizzano composti a rilascio di ossigeno (come ossi-idrossidi di calcio e magnesio) sono limitati in quanto rimarranno attivi solo per pochi mesi, dopo i quali il loro potenziale di rilascio di ossigeno sarà esaurito. Inoltre, l'ossigeno rilasciato tenderà a migrare nella zona vadosa dove non potrà fornire alcun beneficio in termini di trattamento delle acque sotterranee. Il ferro, invece, rimane attivo per molti anni. Inoltre, i composti a rilascio di ossigeno tendono a far aumentare localmente il pH verso condizioni estremamente basiche (pH>10), che non favoriscono certamente l'attività biologica.

Modalità di azione: Provect-OX utilizza chimiche di ossidazione multiple che gli conferiscono un vasto range di azione ossidante.

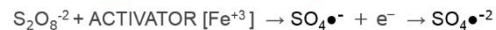
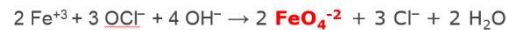
- ✓ Radicale persolfato
- ✓ Ione Ferrato (VI)
- ✓ Persolfato

Il persolfato viene attivato dal Fe(III) che richiede una minor energia di attivazione rispetto a meccanismi alternativi e non consuma ossidante. L'attivazione si pensa possa essere il risultato di un momentaneo innalzamento dello stato di ossidazione del ferro a ione ferrato (FeVI), che può agire esso stesso come ossidante. Quando questo catione del ferro è stato consumato, le specie del ferro (III) risultanti possono agire come accettori di elettroni finali per l'attenuazione biologica. Simultaneamente, lo ione solfato generato dalla decomposizione del persolfato fornisce un accettore di elettroni finale per i batteri solforiduttori che possono ulteriormente rimuovere i contaminanti di interesse presenti nel suolo e nelle acque sotterranee. Le reazioni che avvengono nell'ossidazione chimica includono radicali persolfato e Fe(VI) come riportato qui di seguito (Equazione 1):

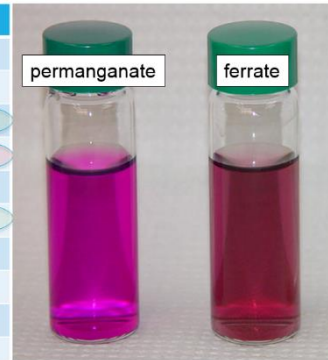


Provect-OX Oxidation Potentials

Ferrate salts can easily be prepared from iron salts, hypochlorite and a base:



Oxidation Potentials	Volts
Fluorine (F ₂)	2.87
Hydroxyl radical (OH●)	2.80
Persulfate radical (SO ₄ ●)	2.60
Ferrate (Fe ⁺⁶)	2.20
Ozone (O ₃)	2.08
Persulfate (S ₂ O ₈ ²⁻)	2.01
Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂)	1.78
Permanganate (MnO ₄ ⁻)	1.68
Chlorine (Cl ₂)	1.49



<https://sites.google.com/site/ecpreparation/ferrate-vi>

Copyright Provectus

VANTAGGI DEL PROVECT-OX RISPETTO AD ALTRE TECNOLOGIE ISCO A BASE DI PERSOLFATO

Più efficace: Promuove reazioni di ossidazione multiple e radicali liberi rendendo più efficace l'ossidazione in situ di una vasta gamma di contaminanti organici. Inoltre è l'unico prodotto che fornisce una componente microbiologica per processi multipli di enhanced bioremediation.

Più efficiente: Costi significativamente più bassi a causa dei processi multipli di ossidazione e di trattamento secondario. L'uso di ossido ferrico risparmia ossidante rispetto all'attivazione con il chelato di ferro (EDTA-Fe III).

Più sicuro: Meno problemi di salute e sicurezza rispetto all'uso di metodi di attivazione tradizionali come il calore, i metalli chelati, il perossido di idrogeno o pH estremi con l'uso di NaOH.

- ✓ Contiene l'attivatore incorporato che elimina la necessità di ulteriori prodotti chimici potenzialmente pericolosi per ottenere l'attivazione del persolfato.
- ✓ Non genera eccesso di calore e off-gas.

Facile da usare: Prodotto monocomponente con attivatore integrato vuol dire applicazione e logistica semplificati.

- ✓ Nessun contenitore aggiuntivo o pre-miscelazione a diversi dosaggi durante l'applicazione in campo
- ✓ Minori problemi logistici e di compatibilità delle attrezzature
- ✓ Nessuna necessità di contenimento secondario

Prestazioni migliorate: L'azione di risanamento combinata massimizza la geochimica caratteristica di un ambiente "post-ossidazione" favorendo l'attenuazione biologica e prevenendo il rebound.

- ✓ Il Fe(II) e il solfuro promuovono la formazione della pirite riducendo così gli effetti tossici dovuti all'accumulo di solfuro e acido solfidrico e fornendo contemporaneamente un mezzo per rimuovere i contaminanti organici ed inorganici di interesse tramite reazioni di precipitazione. Inoltre, la pirite possiede un elevato numero di siti reattivi che sono direttamente proporzionali sia alla sua capacità di riduzione che alla velocità di decadimento delle sostanze organiche di interesse.
- ✓ Non mobilizza metalli pesanti e non crea problemi di generazione di impatti secondari come elevate concentrazioni di arsenico e cromo portati da pH estremamente elevati.

Longevità: è l'unico prodotto che supporta per un lungo periodo (>2 anni) i processi secondari di biodegradazione per rimuovere i contaminanti residui e prevenire i fenomeni di rebound. Il ferro resta in sito, attivo, per diversi anni.

LETTERATURA CITATA

McGuire, T.M., J.M. McDade and C.J. Newell. 2006. Performance of DNAPL Source Depletion Technologies at 59 Chlorinated-Solvent Impacted Sites. *Groundwater Monitoring & Remediation* 26(1): 73-84.

Pugh, J.R. 1999. *In Situ* Remediation of Soils Containing Organic Contaminants Using the Electromigration of Peroxysulfate Ions. US Patent 5,976,348. (Download above).

Scalzi, M. and A. Karachalios. 2013. Chemical Oxidation and Biological Attenuation Process for the Treatment of Contaminated Media. US PTO 13/891,934. May, 2013.

Todd, S.M. 1964. Some Speculation on the Oxidation-Reduction Mechanisms and their Significance in the Induction of Cancer. Pages 444- 457. (Download above)

Tsionaki, A., B. Petri, M. Crimi, H. Mosbaek, R. Siegrist and P. Berg. 2010. *In Situ* Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater using Persulfate: A Review. *Critical Rev. Environ. Sci. and Technol.* 40: 55-91.

Watts, R., 2011. Enhanced Reactant-Contaminant Contact Through the Use of Persulfate *In Situ* Chemical Oxidation (ISCO). SERDP Project ER-1489.

http://www.provectusenvironmental.com/marketing/tech_docs/Watts_Persulfate_Activation_ISCO-ER-1489-FR.pdf