



**CHEMICAL
REDUCING
SOLUTION**

Istruzioni per l'applicazione



Tabella riassuntiva applicazione CRS

La tabella seguente è una guida di riferimento rapido che fornisce solo le informazioni più rilevanti. Si prega di esaminare attentamente l'intero documento, oltre alla scheda di dati di sicurezza del prodotto prima di qualsiasi applicazione. Si prega di contattare il supporto tecnico di REGENESIS per ulteriore assistenza.

Metodi di applicazione possibili	Direct push; In pozzo; In postazioni fisse valvolate Raramente può essere applicato in scavo
Fattore di diluizione tipico	CRS viene solitamente co-applicato con 3-D Microemulsion (3DME) Applicare CRS puro alla miscela 3DME già diluita in acqua Fattore di diluizione per 3DME: 1:8 (esatto fattore di diluizione da discutere con REGENESIS) 1 kg di 3DME in 8 litri di acqua
Attività di miscelazione	Omogeneizzare 3DME concentrato prima di trasferirlo Trasferire 3DME concentrato nella vasca già piena d'acqua Miscelare e omogeneizzare 3DME con acqua Omogeneizzare CRS concentrato prima di trasferirlo Aggiungere CRS alla soluzione 3DME già formata Miscelare e omogeneizzare
Pompa di iniezione raccomandata	Pompa a membrana
Pressione di iniezione raccomandata	Iniezione a pressione bassa o media. Tipicamente 1-5 bar Regolare la pressione utilizzando il regolatore di pressione Prendere nota della pressione e della portata per ogni step
Iniezione direct push	Punta retrattile raccomandata; punta attivata a pressione in alternativa Tipici step di iniezione ogni 60 cm per punta retrattile o ogni 30 cm per punta attivata a pressione Definire in campo se utilizzare sequenza top-down o bottom-up
Applicazione in pozzo	Iniezione in pressione; NON alimentare per gravità Utilizzare packer singolo o doppio Lavare bene con acqua pulita dopo l'applicazione
Applicazione in postazioni fisse valvolate	Attendere la maturazione del cemento delle postazioni prima di effettuare iniezioni (almeno 2-4 settimane) Utilizzare un doppio packer gonfiabile per isolare singoli gruppi di valvole
Applicazione in scavo	Miscelare con acqua prima dell'applicazione (fattore di diluizione da discutere con REGENESIS) Posizionare sul fondo dello scavo (con benna o a spruzzo) Miscelare accuratamente con il suolo di fondo scavo con un escavatore, per favorire il contatto
Ulteriori raccomandazioni	Minimizzare il contatto di CRS con l'aria Lavare e pulire sempre attrezzatura con acqua pulita Sigillare i punti di iniezione direct-push dopo l'iniezione NON utilizzare P&T o altre attività che potrebbero disturbare le acque sotterranee nell'area circostante durante e dopo l'iniezione
Monitoraggio raccomandato	Frequenza di monitoraggio tipicamente da mensile a trimestrale. Durata tipicamente da 9 mesi a 2/3 anni Parametri: contaminanti di interesse. Parametri addizionali a supporto: O ₂ , redox, pH, conducibilità elettrica, Fe, Mn, nitrati, solfati, eventuali sottoprodotti di degradazione (Fe & Mn devono essere filtrati e acidificati in campo)



**CHEMICAL
REDUCING
SOLUTION**

Chemical Reducing Solution (CRS®)

Chemical Reducing Solution (CRS®) è un prodotto liquido da additivare a 3-D Microemulsion® (3DME) che apporta ferro ferroso (Fe^{2+}) al processo di dechlorurazione riduttiva, consentendo così percorsi di riduzione chimica in situ (ISCR) per la distruzione dei contaminanti. Il materiale viene aggiunto secondo una proporzione prestabilita alla miscela 3DME prima dell'iniezione.

La Scheda di Sicurezza (SDS) del CRS è fornita in concomitanza con ogni spedizione di materiale; questa deve essere letta attentamente e compresa dall'utente, in modo da assicurare che CRS sia maneggiato e conservato in modo appropriato, e siano utilizzati DPI appropriati. Si presume che l'utente sia adeguatamente formato e competente in materia e che abbia effettuato una valutazione completa e specifica sui rischi per la salute, la sicurezza e l'ambiente per i lavori che si intendono realizzare.

Attività pre-applicazione

CRS viene solitamente confezionato in fusti da 181,4 kg; il materiale viene generalmente consegnato su pallet (4 fusti per pallet) tramite un veicolo pesante. Si prega di discutere con REGENESIS eventuali limitazioni di accesso all'area di consegna, in modo che venga utilizzato un veicolo di dimensioni appropriate.

Prima dell'applicazione di CRS e 3DME, si raccomanda di completare un test di iniezione preliminare nella zona di iniezione utilizzando acqua pulita. Questa procedura è utile per determinare la quantità di liquido che la zona di trattamento è in grado di accettare e fornirà preziose informazioni sulla portata e sulla pressione da utilizzare durante l'applicazione del prodotto. Si raccomanda che il volume del test di iniezione dell'acqua sia compreso tra il 15% e il 20% in più del volume previsto per il singolo punto di iniezione, ad es. se il progetto specifica un volume di miscela di 1000 litri per punto, l'iniezione di prova dell'acqua dovrebbe mirare ad iniettare 1150-1200 litri. Generalmente si considera idonea una pompa in grado di erogare fino a 30-50 litri/minuto e fino a una pressione di circa 6-8 bar. La prova di iniezione deve essere realizzata con le medesime modalità di applicazione previste per i reagenti.

Miscelazione

Il CRS contiene ferro ferroso ridotto (Fe^{2+}) e in aria si ossida lentamente a ferro ferrico (Fe^{3+}). Per massimizzare la capacità riducente della soluzione, deve essere ridotta al minimo l'esposizione all'aria prima dell'iniezione del materiale. Pertanto, è importante che i fusti di CRS vengano mantenuti sigillati ermeticamente fino a quando CRS non è pronto per essere aggiunto al 3-D Microemulsion.

Come riportato in precedenza, CRS è formulato per essere utilizzato come additivo del 3DME. 3DME deve essere applicato solo dopo diluizione con acqua – in forma di microemulsione ad alto volume. In tale forma consente una distribuzione ottimale del composto nella porzione di acquifero oggetto di intervento a partire dai punti di iniezione. Ciò significa poter effettuare un numero minimo di punti di iniezione per realizzare l'intervento, riducendo tempi e costi. La produzione di una microemulsione 3DME pronta per l'iniezione generalmente comporta la miscelazione volumetrica in campo di 8 parti di acqua con 1 parte di 3DME concentrato per formare la microemulsione 3DME pronta per l'iniezione. Ad esempio, 900L di microemulsione pronta per l'iniezione viene formata con 800L di acqua e 100kg¹ di 3DME concentrato.

Il dosaggio di CRS e 3DME, la percentuale di diluizione raccomandata e il numero di punti di iniezione raccomandati potranno in ogni modo essere valutati da REGENESIS in fase di dimensionamento.

CRS e 3DME devono essere miscelati in una vasca di dimensioni adeguate, preferibilmente a fondo conico o piatto per favorire la miscelazione. La miscelazione può essere ottenuta utilizzando una pompa ad alto flusso tramite ricircolo o meccanicamente utilizzando un mixer provvisto di pale. Si raccomanda di procedere secondo il seguente ordine:

1. Aggiungere il volume d'acqua previsto alla vasca di miscelazione.
2. Attivare il meccanismo di miscelazione prescelto prima di aggiungere il 3DME concentrato.
3. Il 3DME concentrato è una miscela relativamente densa, specialmente a basse temperature, e per il trasferimento del prodotto dal fusto alla vasca di miscelazione è consigliata una pompa "tira-fusti" o simile in grado di trasferire sostanze dense. Si sconsiglia di aggiungere acqua al 3DME concentrato, in quanto ne può risultare una miscela instabile più difficile da pompare.
4. Una volta che la quantità prevista di prodotto concentrato è stata aggiunta, miscelare vigorosamente fino ad omogeneizzazione. È necessaria una miscelazione delicata continua durante l'attività di iniezione per evitare che l'emulsione si separi. Si sconsiglia di fare affidamento solo sul ricircolo per miscelare il prodotto, sebbene questo metodo possa coadiuvare il processo di miscelazione.
5. Omogeneizzare il contenuto del fusto di CRS per 30 secondi con un miscelatore a pale impostato su una velocità di rotazione bassa, fino a conseguire omogeneità della soluzione senza provocare ingresso di aria nel prodotto.
6. Trasferire la quantità prevista di CRS nella vasca con la miscela di 3DME.

- Miscelare l'emulsione e il CRS utilizzando un miscelatore a pale, prestando attenzione a ridurre al minimo l'esposizione diretta e l'ingresso di aria e a mescolare periodicamente per mantenere l'omogeneità della miscela.

A seconda del livello della vasca di miscelazione, il prodotto miscelato nel serbatoio di miscelazione può rifluire nei contenitori del prodotto concentrato. Ciò può essere evitato installando valvole a farfalla sul tubo di alimentazione o rimuovendo il tubo di alimentazione dalla vasca di miscelazione dopo aver aggiunto il 3DME o il CRS.



Fig. 1 Fusto con CRS



Fig. 2 Fusto con CRS concentrato e pompa tira-fusti

Applicazione direct push

Un tipico intervento con CRS richiede solo una campagna di applicazione. Non necessitando ri-applicazioni, laddove le condizioni geologiche lo consentono, il metodo direct-push è generalmente l'opzione di applicazione preferibile rispetto all'iniezione in postazioni fisse, in quanto consente di ridurre al minimo i costi di intervento.

Si consiglia l'uso di punte retrattili forate o fessurate piuttosto che punte attivate a pressione, in quanto queste permettono una maggiore facilità di iniezione e una migliore distribuzione del reagente rispetto alla punta attivata a pressione. Le aste di iniezione devono essere spinte fino alla profondità di iniezione dello specifico step e in seguito va iniettata la miscela avendo cura di verificare che le pressioni non aumentino in modo eccessivo (si consiglia di non superare i 5 bar) e regolando le portate di conseguenza; sarà necessario tenere nota di tutte le portate e le pressioni utilizzate in ogni singolo step di iniezione. Al termine dell'iniezione nello step, occorre spostare le aste di iniezione e quindi proseguire con le iniezioni nello step successivo, fino al termine delle iniezioni previste per il singolo punto.

Una volta che il volume di prodotto previsto è stato applicato uniformemente sullo spessore di interesse, è necessario iniettare una limitata quantità di acqua pulita per lavare pompa, tubazioni flessibili ad alta pressione e punta di iniezione e per consentire che tutto il prodotto entri nello strato di interesse. Una volta che l'iniezione in un punto è stata completata il foro deve essere sigillato con bentonite o cemento. Lo scopo di tale attività è sigillare qualsiasi potenziale percorso preferenziale del prodotto e/o delle acque di falda verso la superficie.

Se l'applicazione del prodotto si basa su una configurazione a griglia di punti, l'applicazione dovrebbe essere eseguita lavorando sistematicamente dall'esterno verso il centro dell'area di iniezione per ridurre al minimo la sovrappressione locale delle acque di falda.

Ove possibile, dovrebbe essere mantenuta una distanza adeguata tra le postazioni di iniezione consecutive per evitare di sovraccaricare la formazione con il prodotto iniettato (ad es. iniettare in un punto ogni 3 punti della barriera o saltare almeno 1-2 punti in una configurazione a griglia). Una pompa a membrana, in grado di produrre un flusso compreso nell'intervallo di 10-40 L/minuto e 2-6 bar di pressione è ideale per l'applicazione del CRS.



Fig. 3: Punta retrattile forata (sinistra) e punta forata per iniezione top-down (destra) © esp-shop.com



Fig. 4: Punta attivata a pressione

Applicazione in pozzo

CRS e 3DME possono essere iniettati tramite pozzi di iniezione fissi nei casi in cui il metodo direct-push non è considerato realizzabile o conveniente.

Si raccomanda che in linea generale i pozzi di iniezione siano in HDPE con diametro ≥ 50 mm, con una dimensione delle fenestrature compresa tra 0,5 e 1,0 mm e con tratto fenestrato posizionato esattamente in corrispondenza del livello di trattamento. Ove possibile, la sigillatura del pozzo lungo il tratto cieco dovrebbe essere costituita da minimo 300 mm di bentonite in pellet, sopra la quale applicare una miscela di sabbia e cemento per sigillare fino alla superficie. Prima dell'iniezione di qualsiasi reagente, si raccomanda che i pozzi di iniezione siano spurgati dalle particelle fini presenti.

Il prodotto deve essere iniettato in pressione. Si raccomanda l'utilizzo di packer singoli o doppi al fine di mettere in pressione la postazione.

Quando si inietta il prodotto, i pozzi di iniezione e i piezometri di monitoraggio limitrofi devono essere chiusi ermeticamente o, in alternativa, dotati di un misuratore di pressione e di una valvola di sicurezza. Ciò riduce il potenziale di cortocircuitare il prodotto in superficie. Dopo l'iniezione, si deve applicare acqua pulita nel pozzo mediante pompa, per lavare l'attrezzatura utilizzata, le tubazioni flessibili e il pozzo stesso, e far sì che tutto il prodotto entri nella formazione di interesse.



Fig. 5: Packer singolo (sinistra) (© italswiss.com) e packer doppio (destra) (© desoi.it)

Miscelazione e applicazione in postazioni fisse valvolate

Le iniezioni di CRS possono essere realizzate anche mediante postazioni di iniezione multi-livello realizzate ad hoc che permettano di iniettare nel sottosuolo mediante valvole di iniezione e non fenestrature. Esse sono costituite da tubi ciechi attrezzati con specifiche valvole per iniezione posizionate lungo il tratto di interesse; l'intercapedine tra la tubazione e il diametro esterno di perforazione viene riempita mediante miscele sigillanti in modo tale da non creare vie di migrazione preferenziale dei prodotti durante le fasi di iniezione.

Preparata la miscela, le iniezioni vengono eseguite ad intervalli regolari di profondità isolati mediante packer gonfiabili doppi. Generalmente si raccomanda di isolare tratti di iniezione di lunghezza non superiore a 1.5-2 m; si raccomanda di contattare i tecnici REGENESIS per definire questo parametro prima dell'inizio delle attività. Al termine delle operazioni la postazione di iniezione deve essere accuratamente pulita mediante iniezione di acqua pulita al fine di eliminare qualsiasi residuo di miscela che potrebbe incrostare la tubazione e rendere difficoltose future eventuali iniezioni successive.



Fig. 6: Tubazioni per postazione fissa valvolata (sopra) e doppi packer per iniezione in postazione fissa valvolata (sotto)

Ulteriori considerazioni e accorgimenti

È conoscenza diffusa che qualsiasi tecnologia in situ basata sulla riduzione chimica ha la potenzialità di modificare temporaneamente le condizioni redox delle acque di falda in cui viene applicata, e pertanto possono essere attese alterazioni temporanee delle concentrazioni di metalli e metalloidi redox-sensibili (ad esempio Fe, Mn, As).

In caso di applicazione del prodotto in pozzo (esistente o di nuova realizzazione), oppure in caso di applicazione in posizione prossima a un piezometro di monitoraggio, può verificarsi un accumulo indesiderato di prodotto all'interno della tubazione e/o nel dreno del pozzo, che potrebbe generare condizioni fisico/chimiche anomale rispetto all'acquifero esterno e/o intasare il pozzo stesso.

In tal caso è opportuno tenere in considerazione che all'interno del pozzo la presenza di un ambiente artificiale (non tamponato) e di una massa significativa di prodotto accumulata potrebbe far alterare localmente le condizioni fisico chimiche, DO, pH e ORP in particolare, in misura differente da quanto avviene all'interno dell'acquifero. Ciò può quindi portare a reazioni redox all'interno del pozzo (es. variazione delle concentrazioni di metalli sensibili all'equilibrio pH/ORP). In tale situazione, l'effetto è limitato al solo interno dei pozzi (sistemi non tamponati) e non avviene nell'acquifero oggetto di trattamento (sistema tamponato). Ne segue che piezometri/pozzi che subiscono un accumulo di prodotto durante l'iniezione possono diventare non più pienamente rappresentativi dello stato dell'acquifero relativamente ad alcuni parametri e composti e pertanto non dovrebbero essere più considerati come possibili postazioni di monitoraggio.

È da tenere in considerazione che in ogni modo la perdita di rappresentatività dei pozzi/piezometri è da considerarsi di carattere momentaneo e legata al profilo di rilascio del prodotto; al termine del rilascio è possibile tornare a considerare le postazioni rappresentative dell'acquifero.

A tale scopo si raccomanda sempre, in caso di applicazione in pozzo, di pulire adeguatamente e accuratamente la postazione al termine di ogni attività di iniezione applicando acqua pulita in pressione oppure operando un'estrazione forzata del prodotto in eccesso in caso di accumulo significativo; tale accorgimento può ridurre la presenza di residui all'interno del pozzo, anche se plausibilmente non si otterrà una rimozione totale.

Si evidenzia in qualsiasi caso che in linea generale non è raccomandabile utilizzare postazioni di monitoraggio come pozzi di iniezione, in quanto si verifica perdita di rappresentatività.