



**HYDROGEN
RELEASE
COMPOUND**

Istruzioni per l'applicazione



Tabella riassuntiva applicazione HRC, HRC Primer, HRC-X

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 alle schede di dati di sicurezza dei prodotti prima di qualsiasi applicazione. Si prega di contattare il supporto tecnico di REGENESIS per ulteriore assistenza.

Formulazioni esistenti	HRC Primer (viscosità 2000 cP; rilascio diverse settimane) HRC (viscosità 20.000 cP; rilascio 18-24 mesi) HRC-X (viscosità 200.000 cP; rilascio 5+ anni)
Metodi di applicazione possibili	Direct push; In pozzo; In postazioni fisse valvolate Raramente può essere applicato in scavo
Fattore di diluizione tipico	Da applicare puri (no diluizione con acqua) Diluizione con una quantità equivalente di acqua interferisce con la longevità del rilascio Piccole quantità di acqua (es. 1 o 2 L) possibili per la pulizia dei contenitori e delle attrezzature
Attività di miscelazione	Per HRC e HRC-X: riscaldare il prodotto in contenitori sigillati a 35-40 °C Omogeneizzare prodotto concentrato prima di trasferirlo Trasferire prodotto concentrato nella tramoggia/vasca di applicazione
Attività di miscelazione – co-applicazione con altri prodotti	In caso di co-applicazione con altri prodotti ad alto volume, applicare separatamente e applicare HRC dopo gli altri prodotti. Solo HRC Primer può essere miscelato con 3-D Microemulsion e co-applicato (miscelare prima 3DME con acqua, quindi aggiungere HRC Primer). Fare riferimento alle Istruzioni per l'applicazione 3DME per informazioni
Pompa di iniezione raccomandata	Pompa volumetrica (a cavità progressiva o a pistoncini)
Pressione di iniezione raccomandata	Iniezione a pressione bassa o media. Tipicamente 2-8 bar Regolare la pressione utilizzando il regolatore di pressione Prendere nota della pressione e della portata per ogni step
Iniezione direct push	Punta attivata a pressione; punta retrattile in alternativa Tipici step di iniezione ogni 30 cm Definire in campo se utilizzare sequenza top-down o bottom-up
Applicazione in pozzo	Iniezione in pressione; NON alimentare per gravità Utilizzare packer doppio (packer singolo solo per pozzi con poca fenestrazione) Lavare bene con poca acqua pulita calda 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	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	Lavare e pulire sempre attrezzatura con poca acqua pulita calda 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 9/12 mesi a 2/3 anni Parametri: contaminanti di interesse. Parametri aggiuntivi a supporto: O ₂ , redox, pH, conducibilità elettrica, Fe, Mn, nitrati, solfati, TOC, eventuali sottoprodotti di degradazione (Fe & Mn devono essere filtrati e acidificati in campo)

Istruzioni per l'applicazione

Hydrogen Release Compound (HRC[®]), Hydrogen Release Compound Primer (HRC Primer[®]) e Hydrogen Release Compound Extended (HRC-X[®]) sono una famiglia di prodotti REGENESIS progettati per il biorisanamento anaerobico in situ di composti clorurati. Le loro caratteristiche principali sono riassunte nella Tabella 1 di seguito.

Prodotto	Costituenti principali	Periodo rilascio di idrogeno	Viscosità (cP)
HRC Primer	Acido lattico	Diverse settimane	ca. 2.000
HRC	Esteri di polilattato, Glicerolo	18-24 mesi	ca. 20.000
HRC-X	Esteri di polilattato	5+ anni	ca. 200.000

Le Schede di Sicurezza (SDS) sono fornite in concomitanza con ogni spedizione di materiale; queste devono essere lette attentamente e comprese dall'utente, in modo da assicurare che i prodotti siano maneggiati e conservati 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

I prodotti HRC vengono solitamente confezionati in fustini da 18,1 o 13,6 kg; il materiale viene generalmente consegnato su 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. Come mostrato nella Tabella 1 sopra riportata, la viscosità dei prodotti HRC varia notevolmente. Mentre HRC Primer può essere versato in modo relativamente facile direttamente dal fustino, HRC-X (e in misura minore HRC) sono troppo densi per essere versati fuori dal fustino a temperatura ambiente (nella maggior parte delle condizioni climatiche) e richiedono pertanto un pre-riscaldamento.

Il metodo più adatto per riscaldare i prodotti HRC è metterli in un bagno di acqua calda con possibilità di regolazione della temperatura. I fustini chiusi devono essere posti nella vasca di riscaldamento, quindi occorre aggiungere acqua appena sotto la parte superiore del fustino. La temperatura dell'acqua deve essere impostata tra 50 °C e 60 °C con l'obiettivo di riscaldare i prodotti HRC a una temperatura approssimativa di 35 °C. Si prega di notare che questa operazione potrebbe richiedere diverse ore.

Dovrà essere fatto un rabbocco di acqua ogni qualvolta si ha una diminuzione del livello per evaporazione, al fine di mantenere un livello sufficiente nella vasca.

Un'alternativa alle vasche di riscaldamento a bagnomaria può essere costituita dall'utilizzo di riscaldatori individuali di piccole dimensioni, da annegare direttamente all'interno del contenuto dei fustini aperti e da impostare ad una temperatura non superiore a 40-50 °C.



Fig. 1: Fustini di HRC in bagno di riscaldamento



Fig. 2: Riscaldatori individuali all'interno dei fustini HRC

Dopo aver travasato il prodotto nella vasca di miscelazione, nel fustino rimarrà un po' di residuo. Questo può essere rimosso aggiungendo una piccola quantità di acqua calda e agitando usando un trapano a batteria con un accessorio di miscelazione o una paletta/raschietto manuale.

Attrezzatura e attività di miscelazione

A causa dell'elevata viscosità dei prodotti HRC, l'attrezzatura di iniezione standard utilizzata per iniettare prodotti ad alto volume non è generalmente adatta. Un'eccezione è quando HRC Primer viene aggiunto a un prodotto ad alto volume come il 3DME. Tuttavia, nel caso in cui sia applicabile, ciò sarà specificato da REGENESIS durante la fase di dimensionamento della strategia di bonifica.

Un numero limitato di pompe è in grado di trasferire prodotti ad alta viscosità come HRC e HRC-X. Si raccomanda di utilizzare una pompa volumetrica, come una pompa a cavità progressiva o a pistoni, per l'iniezione di prodotti HRC; una pompa a membrana generalmente non è adatta per l'applicazione di HRC e HRC-X. La pompa dovrebbe avere una tramoggia graduata (idealmente, situata direttamente sopra l'aspirazione della pompa) alla quale possono essere aggiunti i prodotti, consentendo al prodotto di fluire direttamente nella camera della pompa per gravità. Le graduazioni all'interno della tramoggia danno un'indicazione del volume di prodotto applicato.

Laddove l'intervento preveda l'utilizzo di una miscela di prodotti HRC, questi dovrebbero essere miscelati insieme nelle proporzioni specificate (di solito specificate da REGENESIS durante la fase di dimensionamento della strategia di bonifica) nella tramoggia della pompa, in modo che venga applicato un dosaggio uniforme nella postazione di iniezione.

È possibile aggiungere nella tramoggia una piccola quantità (1-2 L) di acqua calda per ogni fustino di prodotto HRC per diluire leggermente la miscela se necessario. L'acqua utilizzata per rimuovere i residui dal fustino può essere utilizzata per questo scopo.

La miscela deve essere fatta ricircolare nella tramoggia per alcuni minuti prima dell'iniezione per omogeneizzare accuratamente il prodotto.

Si prega di notare che l'aggiunta di maggiori quantità di acqua all'HRC può ridurre la longevità del prodotto nel sottosuolo.



Fig. 3 e 4: Pompa a pistone con tramoggia incorporata

Applicazione direct push

Un tipico intervento HRC 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 punta attivata a pressione o di punte retrattili forate o fessurate. Le aste di iniezione devono essere spinte fino alla profondità di iniezione dello specifico step e in seguito va iniettato il prodotto avendo cura di verificare che le pressioni non aumentino in modo eccessivo (si consiglia di non superare 8 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 nella postazione di iniezione, è necessario iniettare una limitata quantità di acqua pulita e calda per lavare pompa, tubazioni flessibili ad alta pressione e punta di iniezione e per consentire che tutto il prodotto entri nella postazione di interesse. A tale scopo può essere utilizzata acqua proveniente dalle vasche di pre-riscaldamento. Evitare il lavaggio con quantità significative di acqua in quanto ciò potrebbe portare alla diluizione dei prodotti HRC.

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 di HRC 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).



Fig. 5: Punta retrattile forata (sinistra) e punta forata per iniezione top-down (destra) © esp-shop.com



Fig. 6: Punta attivata a pressione

Applicazione in pozzo

Ove possibile, per l'applicazione dei prodotti HRC dovrebbe essere utilizzata la tecnologia direct push. Tuttavia, nei casi in cui tale tecnologia non fosse utilizzabile a causa della geologia o della profondità di intervento, è possibile utilizzare pozzi di iniezione.

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.

HRC deve essere iniettato in pressione. Si raccomanda di utilizzare un doppio packer per isolare i singoli step di iniezione, fornendo un maggiore controllo sulla distribuzione verticale del prodotto. L'uso di un packer doppio deve essere tenuto in considerazione durante la progettazione prima dell'installazione del pozzo stesso. REGENESIS può fornire indicazioni sulla configurazione dei pozzi, se necessario.

Se devono essere applicati più prodotti nello stesso pozzo, i prodotti HRC devono essere iniettati **dopo** gli altri prodotti ad alto volume.

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 un

modesto quantitativo di acqua pulita calda nel pozzo mediante pompa, per lavare la pompa e l'attrezzatura utilizzata. A tale scopo può essere utilizzata acqua proveniente dalle vasche di pre-riscaldamento. Si raccomanda di non effettuare pulizia con acqua ad ogni singolo step di iniezione, in quanto potrebbe comportare diluizione dei prodotti HRC.



Fig. 7: Packer singolo (sinistra) (© italswiss.com) e packer doppio (destra) (© desoi.it)

Applicazione in postazioni fisse valvolate

Le iniezioni di prodotti HRC 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.

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 modesti quantitativi di acqua pulita calda al fine di eliminare qualsiasi residuo di miscela che potrebbe incrostare la tubazione e rendere difficoltose future eventuali iniezioni successive. A tale scopo può essere utilizzata acqua proveniente dalle vasche di pre-riscaldamento.



Fig. 8: Tubazioni per postazione fissa valvolata (sopra) e doppi packer per iniezione in postazione fissa valvolata (sotto)



**HYDROGEN
RELEASE
COMPOUND**

Ulteriori considerazioni e accorgimenti

È conoscenza diffusa che qualsiasi tecnologia in situ basata sull'applicazione di substrati organici 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 modesti quantitativi di acqua pulita calda 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.