



Guida applicativa e preparazione del reagente EHC[®]

Il reagente EHC[®] per Riduzione Chimica *In Situ* (ISCR) è un composto a base di un substrato organico carbonioso e di ferro zero valente (ZVI), usato per la riduzione di contaminanti organici e/o inorganici persistenti presenti nell'ambiente sotterraneo saturo. Il reagente EHC viene utilizzato sia per la bonifica di aree sorgenti che per il trattamento e controllo di pennacchi di contaminazione mediante le seguenti metodologie:

- Applicazione in scavo attraverso
 - Posa diretta su fondo scavo a seguito della rimozione della sorgente di contaminazione
 - Trincee / Barriera Permeabile Reattiva (PRB)
 - Soil mixing
- Applicazione iniettiva.

La scelta del metodo di applicazione dipende dalle condizioni sito-specifiche, in particolare dalla profondità di trattamento e dalle condizioni geologiche.

APPLICAZIONE IN SCAVO

Fondo dello scavo

Il metodo di applicazione più comune per EHC è la posa del reagente direttamente sui terreni saturi e/o acque di falda sul fondo di uno scavo, una volta rimossa la sorgente primaria di contaminazione (figura 1). L'EHC può essere miscelato direttamente con il materiale asportato, prima che questo venga collocato nuovamente all'interno dello scavo stesso, oppure preparato all'interno della benna e successivamente miscelato con il terreno di fondo scavo. È consigliabile preparare la miscela di EHC utilizzando una quantità di materiale di riempimento sufficiente a coprire lo spessore saturo dello scavo, tenendo conto anche della variabilità stagionale della superficie freatica. La polvere di EHC può anche essere mescolata fisicamente con il terreno saturo alla base dello scavo mediante l'uso di un escavatore. A seconda della contaminazione residua e degli obiettivi di bonifica, si raccomanda generalmente un tasso di applicazione compreso fra 0.5 e 5 % di EHC per massa di suolo.



Figura 1. Materiale di riempimento con il 5% in peso di EHC in uno scavo aperto, dopo la rimozione della sorgente primaria.

Trincea/PRB:

Il reagente EHC può anche essere applicato in trincea per la creazione di una PRB atta a trattare il pennacchio di contaminazione (Figura 2). La trincea viene, infatti, scavata in modo tale da intercettare il pennacchio e successivamente riempita con una miscela di EHC e sabbia fino al livello della superficie





freatica al fine di formare una zona reattiva. L'acqua di falda risulta così essere trattata al passaggio attraverso la barriera reattiva con EHC. In generale, con lo scopo di garantire un trattamento prolungato e continuo nel tempo, si raccomanda un tasso di applicazione di EHC superiore all'intervallo compreso fra 5 e 10% per massa di suolo. La parte restante di trincea dovrebbe essere poi riempita con materiale pulito (es. sabbia e ghiaia).

Miscelazione di EHC con il materiale di riempimento:

In condizioni di vento debole, la polvere secca può essere mescolata direttamente ex situ con il materiale di riempimento, mediante l'uso di comuni attrezzature di cantiere. In alternativa, la polvere può essere

mescolata con il materiale di riempimento direttamente all'interno dello scavo, utilizzando in sicurezza le comuni attrezzature di cantiere. In condizioni di forte vento, invece, può essere necessaria la preparazione preventiva di una miscela di EHC ad elevata percentuale di solidi, malta da mescolare successivamente con il materiale di riempimento; alternativamente si potrebbe spruzzare dell'acqua sulla polvere stessa di EHC durante la fase di applicazione con il materiale di riempimento (Figura 3).



Figura 3. Mescolamento a secco di EHC (fornito in sacchi) e sabbia.

Soil Mixing Diretto:

Il reagente EHC può essere applicato direttamente sul fondo di uno scavo, sia sotto forma di polvere secca (in condizioni di vento debole), sia sotto forma di miscela (in condizioni di vento forte). In tal caso può essere consigliabile mescolare la polvere e/o la miscela con il suolo di fondo scavo mediante le comuni attrezzature di cantiere. Ciò risulterà particolarmente utile nel caso in cui si ipotizzi la presenza di contaminazione residua su fondo scavo e pareti. Per contaminazioni a profondità maggiori possono essere utilizzate attrezzature per Soil Mixing profondo, come per esempio escavatori a braccio lungo (Figura 4).



Figura 2. Posizionamento di una miscela di EHC e sabbia all'interno di una trincea per la realizzazione di una PRB per il controllo del pennacchio di contaminazione.



Figura 4. Soil mixing profondo mediante escavatore a braccio lungo. Foto per gentile concessione di Lang Tool



APPLICAZIONE TRAMITE INIEZIONE DIRETTA

Il metodo più comune per l'applicazione di EHC, tramite iniezione diretta, avviene usando la tecnologia Direct Push. Il reagente EHC è mescolato con acqua in modo da formare una miscela iniettabile, che viene poi applicata direttamente in pressione nella zona satura attraverso le aste della sonda. L'approccio iniettivo preferito risulta essere generalmente quello dall'alto verso il basso, utilizzando l'estremità d'iniezione per distribuire orizzontalmente la miscela di prodotto; ad esempio, una volta in pressione, le estremità delle aste del Direct Push consentono di raggiungere facilmente tale obiettivo (Figura 5). In ogni punto, si deve procedere innanzitutto con l'infissione delle aste fino al limite superiore dell'intervallo da trattare, iniettando poi un quantitativo stabilito di miscela EHC prima di passare alla profondità successiva. Le iniezioni vengono eseguite in modo da distribuire uniformemente la miscela secondo fasi verticali equidistanti comprese fra 0.3 e 0.9 m.



Figura 5. Punte da iniezione a direzione orizzontale. Dimostrazione con acqua a bassa pressione.

Risciacquo con acqua durante l'iniezione:

Non è raccomandato usare quantità eccessive di acqua per distribuire l'EHC nel sottosuolo ma, una volta completata l'iniezione in un punto, si consiglia di iniettare piccoli volumi d'acqua pulita al fine di pulire le aste. Infatti, la pulizia con acqua, tra le singole fasi iniettive, può evitare l'intasamento della punta di iniezione, anche se normalmente questa fase di risciacquo non è necessaria quando la portata di iniezione viene mantenuta superiore a 3 gpm ed il tempo tra le fasi iniettive è ridotto al minimo. In generale, si consiglia di mantenere al minimo il quantitativo di acqua al fine di limitare il rischio di risalita in superficie, iniettando, quindi, solamente la quantità necessaria alla pulizia della punta iniettiva.

Spaziatura di iniezione:

Le spaziature raccomandate tra i punti di iniezione sono basate su due fattori: il raggio d'influenza (ROI) e la ricettività del suolo. Entrambi i fattori possono risultare estremamente variabili a seconda della tecnologia d'iniezione e della litologia. Pertanto, si raccomanda di essere il più flessibile possibile in sito e/o di valutare questi parametri con una prova pilota d'iniezione. Tuttavia, in base all'esperienza di cantiere, è stato osservato come si ottenga un ROI di almeno 1,5 m mediante l'iniezione diretta; conseguentemente, si consiglia generalmente una distanza di iniezione tra i 3 m e 4,5 m fra le diverse linee iniettive. La ricettività del suolo può variare notevolmente anche a seconda della litologia e della profondità di iniezione. Come linea guida generale, si raccomanda di non iniettare più di circa 140 Kg di EHC per metro lineare nelle formazioni maggiormente permeabili. Nelle formazioni argillose, invece, la ricettività del suolo è limitata a circa 30 Kg per metro lineare. Pertanto, nel caso di una formazione a bassa permeabilità e di un elevato dosaggio di miscela di EHC, si consiglia una spaziatura iniettiva più fitta, quindi un maggior numero di punti iniettivi, al fine di limitare il volume di miscela per ciascun punto. ROI significativamente maggiori possono essere ottenuti con l'uso di tecnologie per fratturazione; in alcuni casi, sono stati iniettati fino a 3620 Kg di reagente EHC per ciascun frattura, ottenendo ROI superiori a 9 m. Per ulteriori informazioni, risultano disponibili, su richiesta, casi applicativi specifici e documenti tecnici su come monitorare il ROI in sito.



Caratteristiche della pompa di iniezione:

Si consiglia di utilizzare una pompa di iniezione che sia in grado di generare una pressione di almeno 500 psi ed una portata di 5 gpm. La pompa deve essere in grado di gestire solidi. Per esempio le pompe a pistone, pompe per malte cementizie, e pompe a cavità progressiva funzionano bene, con una preferenza per i primi due tipi. La miscela di EHC è generalmente iniettata a una pressione compresa tra i 100 e i 200 psi. Tuttavia, per iniziare l'iniezione, può risultare necessario l'utilizzo di pressioni maggiori; sarebbe ideale, infatti, avere a disposizione nel sito una pompa in grado di sviluppare pressioni anche maggiori di 500 psi ed una portata più alta possibile. Le applicazioni a profondità maggiori possono richiedere pressioni di iniezione più elevate

Ulteriori considerazioni:

Si consiglia di avere a disposizione in cantiere un numero sufficiente di punte da iniezione e di aste in modo tale da lasciare sigillati almeno 3+5 punti di iniezione durante la notte così da prevenire eventuali risalite in superficie del prodotto (in modo particolare per le applicazioni più superficiali) e lasciar dissipare le sovrappressioni iniettive nel sottosuolo.

PREPARAZIONE DELLA MISCELA DI EHC

Per evitare perdite di prodotto o nel caso di iniezioni dirette tipo Direct Push, può risultare necessario preparare una miscela di EHC. Il contenuto solido di tale miscela può variare a seconda del volume d'iniezione prescelto e delle proprietà della malta fluida; in ogni caso, quando applicato via Direct Push, si utilizza generalmente una concentrazione compresa fra il 20% e il 35% di contenuto solido, calcolato come la massa di EHC diviso la somma della massa di acqua e quella di EHC. Si ottiene così una densità umida finale della miscela compresa fra circa 1,09 e 1,13 g/cm³. Miscele maggiormente diluite potrebbero favorire la permeazione (al contrario della fratturazione) in terreni più granulari, se la portata e la pressione iniettiva sono mantenute basse. Una miscela più viscosa, fino al 35% di contenuto solido, consentirebbe di ridurre i problemi di risalita in superficie di EHC nel caso di applicazioni superficiali in terreni a bassa permeabilità. Il prodotto EHC viene confezionato in sacchi da 25 kg oppure in supersacchi da 1 ton sotto forma di polvere secca. Nella Tabella 1, sono indicati i volumi d'acqua necessari ad ottenere specifiche concentrazioni di solidi della miscela nel caso di un sacco da 25 kg di EHC.

	<u>Miscela al 25%</u>	<u>Miscela al 30%</u>	<u>Miscela al 35%</u>
Massa di EHC per sacco (Kg)	25	25	25
Volume d'acqua per sacco (Litri)	68,0	53,0	42,0
Peso Specifico (g/cm ³)	1.09	1.11	1.13
Volume di miscela per sacco (Kg)	10	8,1	7

Tabella 1. Volume di acqua richiesto per raggiungere specifiche concentrazioni della miscela per un sacco da 25kg di EHC.



Figure 6.- Miscele di EHC



Si consiglia di preparare la malta fluida di EHC in cantiere utilizzando una vasca di miscelazione dotata di un miscelatore a palette nella parte inferiore (miscelatori per malte) (figura 7). La miscela ottenuta deve essere poi trasferita in un serbatoio di alimentazione, collegato con una pompa, in modo tale da garantire un facile trasferimento; la miscela può, quindi, essere applicata direttamente in scavo oppure iniettata in pressione. In generale, si consiglia la miscelazione continua in recipienti più piccoli (<400 Litri) per evitare la sedimentazione di solidi nel fondo della vasca. La miscela di EHC può essere preparata in diversi altri modi: sia con un sistema di miscelazione automatizzato in linea collegato ad un sistema di ricircolo (figura 8) mediante pompe centrifughe ad elevata portata per composti solidi-liquidi, sia con sistemi manuali di miscelazione usando un trapano dotato di un miscelatore. Tuttavia, si consiglia l'utilizzo di sistemi di miscelazione meccanici, soprattutto nel caso di progetti di bonifica di elevate dimensioni.



Figura 7. Il miscelatore per malte con serbatoio di alimentazione e pompa di iniezione.



Figure 8. Preparazione della miscela di EHC attraverso sistema di ricircolo

SALUTE E SICUREZZA

Prima di lavorare con EHC, si consiglia di consultare la Scheda di Sicurezza (SDS) per comprendere le corrette procedure di sicurezza, di trattamento, di stoccaggio e di smaltimento. Ogni contenitore al cui interno ci sia EHC umido o EHC e acqua deve essere provvisto di un sistema di sfiato a causa della pressione potenziale accumulata e generata dai gas di fermentazione. Quando si lavora con EHC si raccomanda l'uso di dispositivi standard di protezione individuale, tra cui: occhiali protettivi, scarpe antinfortunistiche, guanti in nitrile, cuffie per la protezione dell'udito (quando si utilizza la strumentazione Direct Push) e elmetto protettivo. L'uso della mascherina può essere richiesto quando ci si trova a stretto contatto con EHC in particolari condizioni ambientali.

The information contained herein is presented to the best of our knowledge, PeroxyChem makes no representations or warranties regarding the accuracy, quality, or reliability of this information and shall under no circumstances be liable with respect to such information. EHC IS a Trademark of PeroxyChem. © 2017 PeroxyChem. All rights reserved. Document 08-02-ESD-17-IT