



Calcestruzzo & Prefabbricazione International  
Edizione Italia

OTTOBRE | 5  
2018  
[www.cpi-worldwide.com](http://www.cpi-worldwide.com)

### REPRINT | TECNICA DEL CALCESTRUZZO

Approccio a doppio binario per proteggere il calcestruzzo in ambienti a forte sollecitazione



REPRINT  
C&PI 05/18



# Approccio a doppio binario per proteggere il calcestruzzo in ambienti a forte sollecitazione

Xypex Chemical Corporation, V6V 2G9, Richmond BC, Canada

**Microorganismi acidificanti corrodono ad una velocità allarmante un'infrastruttura importante in tutto il mondo: i nostri sistemi fognari. In questo complesso processo conosciuto come biocorrosione (Microbial Induced Corrosion - MIC) alla fine si forma acido solforico biogeno che in modo lento e inesorabile può abbassare il pH superficiale dei componenti in calcestruzzo nei sistemi fognari, facendolo arrivare a un livello talmente basso e distruttivo da portare poi ad un rapido degrado e al potenziale collasso dell'infrastruttura.**

Numerosi sistemi di collettori fognari e di depurazione di tutto il mondo vanno riparati o sostituiti, dato che hanno perso la loro stabilità a causa della MIC (fig. 1) e di altre forme di attacchi fisici e chimici. Il collasso dell'infrastruttura fognaria causa una crescente infiltrazione dell'acqua piovana che viene scaricata e della falda acquifera, facendo uscire acque reflue nell'ambiente dalle tubazioni danneggiate e per il troppo pieno degli impianti di depurazione.

Nel Clean Watersheds Needs Survey (studio relativo a bacini idrici puliti) del 2016, l'Environment Protection Agency (autorità per la protezione ambientale) degli USA ha stabilito che dei 271 miliardi di dollari (circa 235 miliardi di euro) che sono previsti nei prossimi 20 anni per eliminare danni dagli impianti pubblici di depurazione delle acque reflue oltre 51 miliardi di dollari (circa 44 miliardi di euro) occorrono per riparare il sistema di tubazioni (ossia categoria III).

Secondo la relazione, "la crescente necessità di riparazioni della categoria III dimostra che i comuni intendono sempre più mettere al sicuro la stabilità strutturale delle infrastrutture dei sistemi di tubazione esistenti, eliminare i problemi delle infiltrazioni e afflusso ed eliminare i problemi connessi alla tracimazione delle fognature." Dei 51 miliardi di dollari (circa 44 miliardi di euro) oltre 42 miliardi di dollari (circa 36 miliardi di euro) servono per opere di consolidamento e/o ricostruzione delle strutture esistenti delle tubazioni fognarie o di scarico combinate, gli altri 9 miliardi di dollari (circa 8 miliardi di euro)

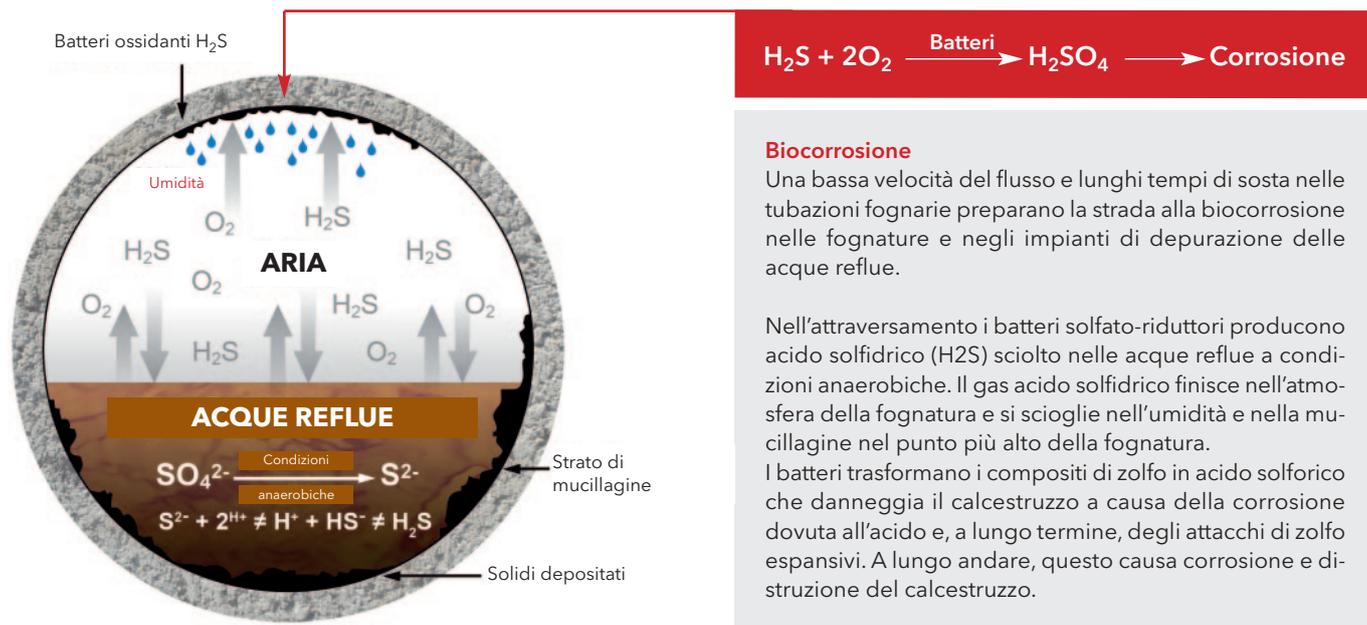


Fig. 1: La biocorrosione (MIC) è un processo biochimico complesso in cui si formano forti acidi in grado di distruggere rapidamente calcestruzzo e acciaio.

# Tecnologia Cristallina Antimicrobica

per la massima protezione del calcestruzzo  
in condizioni fognarie severe

**NO  
EQUAL**



Le immagini al microscopio elettronico sono di proprietà e coperte dal copyright di Xypex Chemical Corporation.



Calcestruzzo  
(Non trattato)



Cristallizzazione  
Xypex (Avviata)



Cristallizzazione  
Xypex (Matura)

**Xypex Bio-San C500** è un additivo progettato in modo unico per una protezione a lungo-termine, integrale, del calcestruzzo in condizioni fognarie severe con elevati livelli di  $H_2S$ , in grado di causare una corrosione indotta microbica. Bio-San C500 combina una protezione antimicrobica potente unitamente alla tecnologia cristallina unica della serie C di Xypex Admix. Bio-San C500 previene la corrosione indotta microbica, arresta l'infiltrazione / esfiltrazione dell'acqua ed offre una resistenza acida e solforica, allungando notevolmente la durata utile dei sistemi di raccolta fognaria in calcestruzzo e l'infrastruttura delle acque reflue.

Chiamate il numero +39 02 5760 2651  
oppure visitateci sul sito [xypex.com/italy](http://xypex.com/italy)

**XYPEX**<sup>®</sup>

servono per eliminare i problemi delle infiltrazioni e dell'afflusso, come le opere per controllare l'infiltrazione di acqua nelle tubazioni fognarie o di scarico combinate provenienti da falde acquifere, tubi fognari, canali acque piovane e altre fonti indesiderate.

Ci sono relazioni in cui si presume che le imprese dell'Europa occidentale per l'approvvigionamento e lo smaltimento di acqua potabile, destinata a 390 milioni di persone in 17 paesi, nei prossimi 5 anni investiranno circa 90 miliardi di euro (circa 103 miliardi di dollari) nel risanamento delle infrastrutture idriche e fognarie.

Con una tale entità di lavori di sostituzione e riparazione, i proprietari delle infrastrutture e gli autori dei regolamenti dovranno affrontare la sfida per impedire con moderni metodi di costruzione una nuova distruzione e di preservare dalla MIC.

Le misure preventive normali per proteggere le infrastrutture fognarie come tubi in calcestruzzo armato, pozzetti, stazioni di alimentazione in calcestruzzo in opera, opere di scarico e altre opere sono:

- Rivestimenti resistenti alla corrosione come quelli in PVC e HDPE nonché alla resina epossidica e cementizi
- Tubi in PVC in sostituzione di tubi in calcestruzzo di dimensioni ridotte
- Miscele di calcestruzzo durature per ridurre la permeabilità e per una maggiore resistenza agli attacchi chimici
- Trattamento dei flussi fognari e additivi chimici per ridurre il contenuto di acido solfidrico (per es. iniezione di ossigeno/aria o aggiunta di sostanze chimiche come il perossido di idrogeno, il cloro, il permanganato di potassio, il nitrato di calcio, la soda caustica o l'idrossido di magnesio)
- Additivi antimicrobici: si possono aggiungere al calcestruzzo nel mescolare o applicare dopo

Vi sono numerosi approcci per proteggere dalla MIC, ma tutti hanno dei limiti che vanno considerati da proprietari e sviluppatori. Ad esempio, i rivestimenti offrono una protezione visibile agli attacchi da parte di acidi e solfati, ma probabilmente queste opzioni sono costose e richiedono molto tempo per essere inserite nelle opere già esistenti. In assenza di una corretta applicazione spesso non durano. I rivestimenti plastici per es. possono essere molto sensibili per quanto riguarda la qualità delle saldature sul luogo di posa. I rivestimenti si possono staccare dalla superficie a cui aderiscono per effetto della pressione idrostatica. I rivestimenti vanno applicati con molta cura, per evitare la formazione di pori, cosa che per quanto riguarda i tubi prodotti con calcestruzzo rigido può comportare una sfida. I tubi in PVC hanno dei vantaggi, ma si possono utilizzare soltanto per diametri di dimensioni ridotte. Gli additivi nei flussi fognari possono essere costosi e la continua introduzione può essere complessa.

Nel caso degli impianti esistenti le possibilità per riparare i danni dovuti alla MIC sono ancora più ridotte:

- Malta per riparazioni più successivo rivestimento in resina epossidica resistenti alla corrosione

- Malta per riparazioni resistente alla corrosione
- Sistemi di Cured in Place Pipe - incluse diverse tecniche per riparare e rinnovare il tubo
- Malta per riparazioni con additivi antimicrobici
- Additivi chimici per flussi fognari, dopo una riparazione

Una delle maggiori difficoltà in queste strategie è probabilmente quella delle condizioni di lavoro molto difficili nella fognatura esistente. Richiedono una preparazione molto attenta della superficie e un'accurata asciugatura prima dell'applicazione di materiali sensibili all'umidità come per es. la resina epossidica.

### Calcestruzzo più duraturo

Vi sono diverse possibilità per aumentare la resistenza del calcestruzzo agli acidi e ad altri attacchi chimici. La diffusione o penetrazione di sostanze aggressive nel calcestruzzo tramite cavità capillari collegate tra loro e fessurazioni può danneggiare o distruggere l'opera. L'aggressione del calcestruzzo o dell'armatura d'acciaio avviene a seconda del tipo di sostanza che penetra. Otturando i pori e riparando le fessurazioni, si può ridurre lo scambio di massa nel calcestruzzo e aumentare la durabilità dell'opera.

I metodi tradizionali per aumentare la durabilità del calcestruzzo sono la riduzione del rapporto acqua/cemento e il prolungamento della durata della stagionatura a umido. Un altro metodo per migliorare la durabilità e altri fattori del calcestruzzo è la sostituzione parziale del cemento Portland con leganti minerali come ad es. la cenere volante, la sabbia metallurgica granulata macinata (GGH) e il fumo di silice. È dimostrato che l'aggiunta di questi materiali aumenta la durabilità delle opere in calcestruzzo. Si dovrebbe però conoscere la fonte del materiale cementizio supplementare, dato che qualità e performance possono differire molto tra di loro, soprattutto per quanto riguarda il cenere volante.

### Impermeabilizzazione cristallina

Un altro metodo valido per aumentare la durabilità delle opere in calcestruzzo è quello dell'impermeabilizzazione cristallina. Esiste sia in forma di additivo che di rivestimento cementizio. Riempiendo e impermeabilizzando i pori, i capillari e le microfessurazioni con una formazione cristallina solubile e resistenze si riduce la permeabilità del calcestruzzo e se ne aumenta la durabilità. La maggior parte delle cause dei danni penetrano così nel calcestruzzo. Questa forma di impermeabilizzazione reagisce con i prodotti di scarto dell'idratazione del cemento e chiude i pori, le vie capillari e le microfessurazioni (fig. 2 e 3). Penetrazione e diffusione di liquidi e gas vengono quindi ridotte notevolmente, proteggendo il calcestruzzo dagli attacchi da parte di acidi, solfati e cloruri.

### Innovazione antimicrobica

La Xypex Chemical Corporation di Vancouver in Canada produce dal 1970 prodotti per l'impermeabilizzazione cristallina e la protezione, inoltre la vende tramite una rete di assistenza in oltre 80 paesi. Recentemente la società ha lanciato sul mer-

cato un nuovo prodotto Dual Protecion chiamato Xyper Bio-San C500 che abbina l'impermeabilizzazione cristallina ad una sostanza attiva antimicrobica su base minerale. Tale sostanza attiva uccide i batteri Thiobacillus responsabili della biocorrosione.

Xypex Bio-San C500 è una polvere che viene aggiunta al calcestruzzo in fase di miscelazione. Può essere aggiunto manualmente o tramite un sistema di dosatura gestito da computer. Negli impianti di miscelazione centralizzati è anche possibile l'aggiunta direttamente nel mescolatore o direttamente nel veicolo del calcestruzzo premiscelato prima dell'alimentazione dei singoli materiali di base tramite dosatura a secco.

Xypex Bio-San C500 consegna ai produttori di prefabbricati e produttori di calcestruzzo preconfezionato un prodotto singolo facile da applicare che si può utilizzare nei progetti o nei prodotti in cui è richiesto un livello elevato di resistenza alla corrosione, impermeabilità all'acqua e sporco antimicrobico. I componenti antimicrobici Bio-San sono fissati con una matrice minerale che diventa componente solido del calcestruzzo. Gli additivi antimicrobici lavorano a livello cellulare per un tempo illimitato e distruggono i batteri dannosi liberando ioni metallici, i fori nella membrana cellulare del batterio si aprono e la cellula viene distrutta dall'interno. Non si possono togliere lavandoli o usurarsi.

### Bio-San svolge una funzione importante

Il Roaring Fork Club è un club privato esclusivo sulla 383 Acre di Basalt, una città nello stato USA Colorado. Il club, a circa 20 minuti di distanza da Aspen, località sciistica famosa in tutto il mondo, è stato costruito negli anni Novanta del secolo

scorso e offre numerose possibilità, come per esempio golf, pesca nel Roaring Fork River, sport per tutta la famiglia e altre attività per il tempo libero.

Gli attuali piani di ampliamento prevedono la costruzione di 13 nuovi edifici più grandi e un complesso residenziale per i dipendenti con 43 unità. Il Basalt Sanitation District assicura la depurazione delle acque di scarico per l'ampliamento tramite l'ampliamento della canalizzazione gravitazionale. La costruzione e l'ampliamento vengono effettuati dalla Sopris Engineering LLC, una ditta privata del posto che offre consulenza, esecuzione dei lavori e misurazione.

Per gli edifici del complesso residenziale destinato ai dipendenti viene posato un collettore gravitazionale in PVC di 8 pollici che va ad una stazione di convogliamento di 14 piedi (circa 4,3 m) con pompe a immersione sotto un'altura. Le pompe convogliano le acque reflue in una linea a pressione di 500 piedi (circa 150 m) di lunghezza alla canalizzazione principale del Basalt Sanitation District.

L'ingegnere sviluppatore Paul Rutledge di Sopris afferma che la progettazione della canalizzazione per l'ampliamento del club della sua società prevedeva sin dall'inizio l'impermeabilizzazione cristallina con Xypex. "Quando si progetta una stazione di convogliamento di una tubazione di scarico, uno dei quesiti più importanti è come progettarla affinché tenga possibilmente in eterno, soprattutto perché sappiamo che viene realizzata in calcestruzzo in opera ed è esposta ad un ambiente aggressivo di acido solfidrico ed a pH alternanti."

Rutledge afferma che la società in passato aveva previsto un rivestimento di resina epossidica per l'interno della stazione di convogliamento. Ma ora questa opzione non è più la prima



Fig. 2: Formazione di una struttura cristallina in uno spazio di pori della matrice di calcestruzzo.

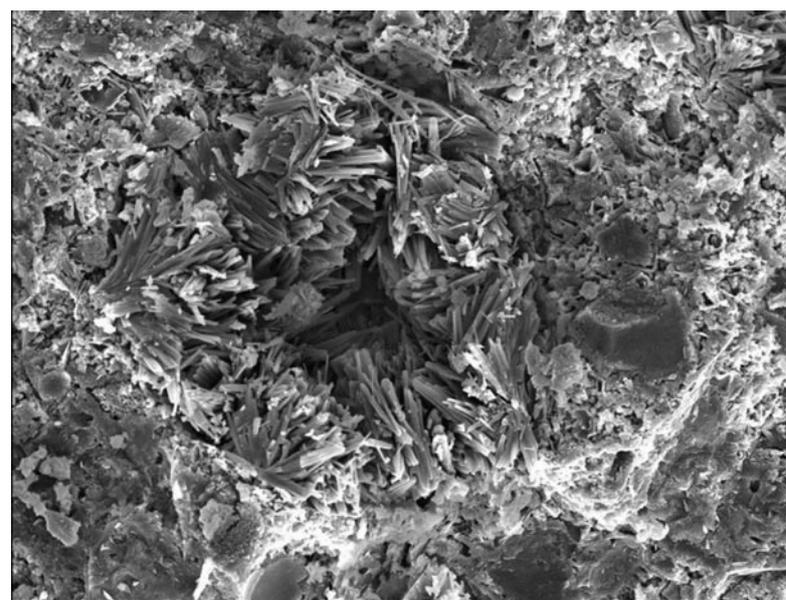


Fig. 3: Su questa foto la formazione cristallina riempie completamente i pori e impedisce che l'umidità e le sostanze potenzialmente nocive che si diffondono finiscano dentro o fuori.

sceita. "Quando ancora non conoscevamo l'additivo per calcestruzzo Xypex, per una stazione di convogliamento o per un pozzetto che richiede una protezione particolare avremmo previsto la resina epossidica o un altro rivestimento", spiega. "Con l'impermeabilizzazione Xypex e ora anche con il prodotto antimicrobico Bio-San la protezione diventa parte dell'opera. Non migliora soltanto le fessurazioni e i punti non a tenuta, bensì impedisce anche la formazione di mucillagine." La stazione di convogliamento in calcestruzzo in opera (fig. 4) nel Roaring Fork Club ha un'altezza di 14 piedi (circa 4,3 m), una larghezza di 12 piedi (circa 3,6 m) e una lunghezza di 14 piedi (circa 4,3 m) ha una piastra di fondazione di circa 45 cm (fig. 5) e una copertura di circa 25 cm di spessore (fig. 6). L'alloggiamento della stazione di convogliamento ha tre aperture sotterranee - per il tubo di alimentazione in PVC di 8 pollici, un tubo di scarico di 2 pollici e un accesso di 4 pollici per le linee di comando ed elettriche.

Per la stazione di convogliamento United Companies, un fornitore di calcestruzzo preconfezionato del Colorado occidentale, ha fornito circa 32 m<sup>3</sup> di calcestruzzo preconfezionato.

Ad United Companies il prodotto Xypex Bio-San C500 è stato consegnato in bidoni da 50 libbre (22,7 kg) ed è stato aggiunto al calcestruzzo per il Roaring Fork Club. Xypex Bio-San C500 è stato aggiunto all'1% di peso di tutti i leganti minerali. "La decisione a favore di Xypex Bio-San è stata relativamente facile, dato che avevamo già previsto una miscela impermeabilizzante Xypex", afferma Rutledge. "In una delle nostre consulenze operative con il team di sviluppatori ho spiegato quali fossero i vantaggi dell'impiego del nuovo Xypex Bio-San. Ho detto loro che solo adesso abbiamo la possibilità di utilizzare un prodotto modernissimo e sono stati d'accordo."

Inoltre, ha aggiunto: "Utilizzando Xypex Bio-San non abbiamo bisogno di altri rivestimenti internamente (fig. 7) o esternamente. Non dobbiamo accordarci con un partner commerciale a parte per il rivestimento, non ci sono ritardi o preparativi specifici. La protezione è "incorporata" nell'opera e ci toglie tanti pensieri. Ad esempio non dobbiamo pensare a viti attraverso una superficie rivestita con resina epossidica. Possiamo evitare senza problemi le scale all'interno, serrare le tubazioni in fibra di vetro per le pompe e altri hardware."



Fig. 4: La nuova stazione di convogliamento in calcestruzzo in opera fa parte della canalizzazione dell'esclusivo Fork Club di Basalt nello stato USA Colorado. Per la nuova stazione di convogliamento al calcestruzzo preconfezionato è stato aggiunto il prodotto Xypex Bio-San C500, un'impermeabilizzazione cristallina e un additivo antimicrobico. A destra si vede una linea di alimentazione di 8 pollici (vedi foto piccola) che porta alla stazione di convogliamento e a sinistra una condotta di deflusso in uscita di 2 pollici.

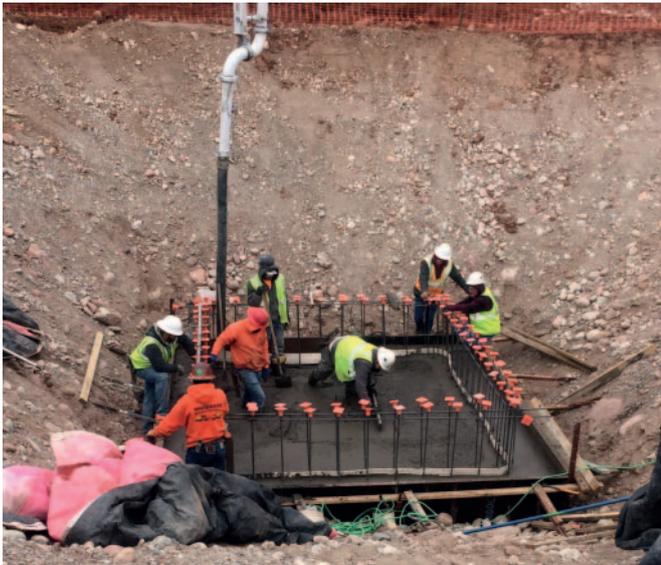


Fig. 5: Per la nuova stazione di convogliamento viene gettata una piastra di fondazione di circa 45 cm di spessore.



Fig. 6: Una copertura di circa 25 cm di spessore con portelli di ingresso viene gettata in calcestruzzo in opera.

Dopo una sufficiente stagionatura, la stazione di convogliamento viene sottoposta ad un test di esfiltrazione idrostatica (fig. 8). Le aperture sono state chiuse, la stazione di convogliamento è stata riempita d'acqua fino in alto e osservata per 7 giorni: non doveva fuoriuscire acqua... "Il test della stazione di convogliamento Roaring Fork è risultato ruscitissimo", afferma Rutledge. "Già durante il primo test non c'è stata quasi nessuna perdita d'acqua, quindi non occorreva riparare nulla.

E questo ci rendeva le cose molto più facili. Se un'opera è a tenuta, chiude di nuovo le fessurazioni per conto suo ed evita la formazione di mucillagine, si può partire dal presupposto che durerà a lungo e che con il tempo si evita tanta manutenzione. A nessuno piace scavare un'opera della canalizzazione dopo 10 anni a causa di usura anticipata o ci va dentro e rifa il rivestimento, in quanto il rivestimento della superficie ha ceduto."



Fig. 7: Vista dall'alto della nuova stazione di convogliamento, un elemento chiave dell'infrastruttura fognaria dell'ampliamento dell'esclusivo Fork Club di Basalt nello stato USA Colorado.



Fig. 8: Il test idrostatico è riuscito al primo tentativo.

### Riparazioni programmate della stazione di convogliamento

Il complesso residenziale rurale di Lamar, Colorado, con circa 8.000 abitanti si trova sulle rive del fiume Arkansas, a circa 6 ore a sud del Roaring Fork Club. Lamar ha un sistema fognario con 56 miglia di fognature di 6 - 24 pollici, tre stazioni di convogliamento al confine orientale della città e di una stazione di pompaggio centrale che pompa le acque reflue nel bacino di depurazione.

All'inizio del 2011 è stata sostituita la vecchia stazione di convogliamento diventata inservibile con la costruzione di una nuova. Sfortunatamente la nuova stazione di convogliamento è soggetta ad una corrosione anticipata a causa dell'alto contenuto di gas acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) emesso dalle acque reflue. La biocorrosione ha eroso talmente tanto l'interno della stazione di convogliamento che non si fa fatica a raschiare fino a 5 cm di calcestruzzo, soprattutto nel fondo, in basso nell'opera.

Adam Teunissen, ingegnere e responsabile di progetto della JVA, Inc., una società di engineering di Boulder nel Colorado afferma: "L'opera non ha neppure 10 anni, ma non ho mai visto una tale corrosione in tutta la mia vita professionale." JVA era stata incaricata da Lamar di riparare il fondo della stazione di convogliamento corrosivo e di cercare di adottare contromisure per combattere la causa della corrosione: un contenuto fuori dal comune di H<sub>2</sub>S e biocorrosione.

"Abbiamo consigliato di riparare la superficie danneggiata della stazione di convogliamento con Xypex Megamix II con Bio-San. Si tratta di una nuova malta speciale per riparazioni per i casi con MIC", spiega Teunissen. "Con l'introduzione di biocida nelle acque reflue vogliamo anche ridurre in diversi punti il livello di H<sub>2</sub>S nell'impianto."

### Doppia protezione nelle riparazioni

Xypex Megamix II con Bio-San è una nuova malta per la riparazione di superfici che coniuga la tecnica di impermeabilizzazione cristallina Xypex con i solidi bioattivi minerali Bio-San. In questo modo, Megamix II con Bio-San è chimicamente resistente ad acidi, solfati e cloruri, impermeabilizza, limita la MIC e riempie nuovamente spessori di parete andati persi: tutto con un solo prodotto. Si applica con facilità con la pistola o manualmente, si liscia facilmente e non richiede procedure complesse, come ad es. l'asciugatura della superficie, come per la maggior parte dei rivestimenti.

"Noi crediamo che in questo caso l'impiego del nuovo Megamix con Bio-San sia la soluzione migliore", afferma Teunissen. "Rispetto alla resina epossidica o ad altri rivestimenti abbiamo meno lavoro a livello di preparazione della superficie. E Lamar aveva già fatto applicare un rivestimento in resina epossidica, nel momento in cui è stata scoperta per la prima volta la rapida distruzione. Ma non ha tenuto a lungo. Avevo già utilizzato Megamix quando lavoravo in un'alta azienda. Ci ha fatto risparmiare tempo e denaro ed ha funzionato. Se usiamo Megamix con Bio-San, risparmiamo altro tempo e de-

naro e la resistenza alla MIC aumenta, in particolare in combinazione con il biocida che aggiungiamo alle acque reflue.

JVA intende utilizzare nel fondo provini in calcestruzzo trattati e non trattati come parte del programma di monitoraggio dopo la riparazione e controllarli a intervalli regolari, per poter misurare l'efficacia di Megamix II con Bio-San.

Non è la prima volta che questo prodotto viene valutato in un ambiente H<sub>2</sub>S così estremo. In uno studio indipendente sull'effetto antimicrobico di Xypex Bio-San C500 la componente attiva è stata aggiunta all'1% di peso di malta per il cemento Portland e comparata con provini di controllo non trattati. I provini cilindrici sono stati sospesi per 10 anni in un impianto di depurazione scelto per il suo elevato contenuto di H<sub>2</sub>S (circa 50 ppm). I test hanno dimostrato che i provini trattati registravano una perdita nove volte inferiore in massa di calcestruzzo rispetto ai provini di controllo non trattati. La concentrazione di batteri sui provini trattati è risultata minima anche dopo 10 anni.

"Eravamo un po' preoccupati a causa del contenuto estremamente elevato di H<sub>2</sub>S, di gran lunga oltre 50 ppm nel test Bio-San," afferma Teunissen. "Ma noi pensiamo che con il biocida possiamo abbassare il livello a 50 ppm o meno e che quindi Xypex con Bio-San ci pensi al resto." ■

### ALTRE INFORMAZIONI



Xypex Chemical Corporation  
13731 Mayfield Place  
V6V 2G9, Richmond BC, Canada  
T +1 604 273 5265  
[enquiry@xypex.com](mailto:enquiry@xypex.com)  
[www.xypex.com](http://www.xypex.com)