Paper n° 02

Gestione della sicurezza degli operatori nell'applicazione delle tecnologie CIPP

A. P. BACCHETTA[1], R. MELLONI[2], L. BOTTI[2], M. PERINI[2]
[1] European Interdisciplinary Applied Research Center for Safety (EURSAFE) Parma
[2] Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Sicurezza e Prevenzione dei Rischi (CRIS) – UNIMORE Modena

1. Introduzione

La tecnologia CIPP (Cured in Place Pipe) è un metodo di riabilitazione senza scavo utilizzato per riparare le condutture esistenti senza la necessità di effettuare scavi estesi. L'applicazione di questa tecnica ha un importante impatto positivo sulla vita quotidiana delle persone e sulle attività commerciali presenti nell'area vicina al cantiere di ripristino in quanto, a differenza di quanto previsto con le tecniche tradizionali che prevedono scavi a cielo aperto per esporre il tubo danneggiato, che viene poi tagliato in pezzi di dimensioni gestibili e portato in discarica, l'applicazione della tecnica di risanamento CIPP consente di ripristinare la funzionalità delle tubazioni esistenti senza ricorrere a scavi estesi (questi sono limitati ai soli punti terminali della tubazione da risanare) e, quindi, consentendo la riduzione delle interruzioni nella viabilità ordinaria. Il limitato impatto del cantiere e un costo competitivo rispetto alle tecniche tradizionali, dovrebbero far diventare la tecnologia CIPP un metodo standard per risanare i tubi interrati danneggiati (Hsu e Shou, 2022). Se da un lato questa tecnica offre indubbi vantaggi significativi, dall'altro è però associata a diversi rischi per i lavoratori addetti, rischi che devono essere correttamente valutati per identificare sia idonee misure di prevenzione/protezione, sia procedure adeguate alla gestione di una eventuale situazione di emergenza e/o necessità di attivare operazioni di salvataggio. Nell'ambito delle attività sono identificabili diversi rischi (chimici, fisici, meccanici, biologici, presenza di tubazioni in Materiali Contenenti Amianto - MCA, …), cui vanno ad aggiungersi quelli derivanti dalla necessità di operare usualmente in contesti di viabilità urbana (con allestimento di cantieri stradali, ecc..) e all'interno di scavi (di dimensioni e profondità variabili) o all'interno di tubazioni/canalizzazioni (classificabili come ambienti sospetti di inquinamento o confinati) che, in caso di infortunio o malore di un lavoratore durante le attività, richiedono l'attivazione di specifici protocolli di soccorso e salvataggio coerentemente con quanto previsto dal DPR 177/2011. La conformità del cantiere alle norme di sicurezza, una corretta e approfondita valutazione dei rischi e la definizione delle necessarie misure di prevenzione e protezione, oltre alla pianificazione degli interventi a seguito di una eventuale emergenza, associate a una formazione adeguata dei lavoratori, sono elementi indispensabili per garantire la sicurezza di tutti i lavoratori coinvolti nel processo, anche in relazione all'insorgenza di un possibile "rischio evolutivo" che, in tempi rapidi, può comportare una deviazione rispetto all'assetto ordinario delle lavorazioni e l'insorgere di una situazione di emergenza. Quando si è in presenza di una emergenza medica, soprattutto per tutte quelle patologie cosiddette "time-dependent", ai fini dell'efficacia dell'intervento di primo soccorso assume un'importanza fondamentale l'adeguata formazione del personale addetto al primo soccorso / gestione dell'emergenza, la precisa definizione di "chi fa cosa" e la predisposizione di attrezzature tecniche di soccorso idonee allo specifico contesto di utilizzo. Affrontando i rischi insiti nella metodologia operativa in modo proattivo, i datori di lavoro possono creare un ambiente di lavoro più sicuro per tutti coloro che sono coinvolti nelle attività, anche sviluppando e consolidando la cultura della sicurezza in ottica di miglioramento continuo, capisaldi fondamentali per il successo e lo sviluppo dell'applicazione delle tecnologie CIPP.

2. Principali rischi associabili alla tecnologia CIPP

Analizzando il ciclo produttivo della tecnologia CIPP, è possibile riscontrare diverse attività che possono comportare molteplici rischi per il personale addetto, tra i quali: lavoro su impalcature e / o la caduta nello scavo (rischio caduta dall'alto), lavoro nello scavo (rischio seppellimento), movimentazione manuale attrezzature / materiali (rischio infortunio / malattia professionale), utilizzo / esposizione ad agenti chimici pericolosi - in particolare stirene (rischio di irritazione significativa, infortunio e malattie professionali), utilizzo di attrezzature rumorose (rischio di esposizione a rumore > 85dB(A) e sviluppo malattia professionale), utilizzo di lampade UV (rischio esposizione a ROA), utilizzo di vapore e / o acqua calda (rischio di ustione), utilizzo di macchine e aria compressa (rischio di schiacciamento e / o trascinamento arti), condizioni ambientali / meteoclimatiche avverse (rischio stress termico), ingresso in ambienti sospetti di inquinamento o confinati (rischio di atmosfera pericolosa, engulfment, annegamento,…), cantiere stradale (rischio di investimento da parte di veicoli in transito) e, infine, attività di ispezione / pulizia / relining di tubi in cemento amianto (rischio contatto con materiale contenente amianto MCA).

Non potendo entrare nel dettaglio di ogni singolo rischio, rimandando quindi alla valutazione che ogni datore di lavoro dovrà fare in considerazione delle attività previste e del contesto operativo, di seguito sono discussi alcuni rischi che, per potenzialità o per apparente sottovalutazione, si ritiene dovrebbero essere maggiormente considerati.

2.1 Rischio chimico

Per quanto riguarda il rischio chimico, allo stato attuale si sa poco dell'esposizione dei lavoratori, considerato che le attività sono svolte in cantiere della durata di poche ore o pochi giorni. A differenza delle operazioni di produzione tradizionali, infatti, non esiste un luogo da visitare o ispezionare dove si svolgono attività in sede fissa. Ad oggi, gli studi sul monitoraggio dell'aria CIPP non sono stati in grado di caratterizzare in modo completo le esposizioni professionali a causa di un'attenzione limitata ai vapori VOC e all'uso di rilevatori non specifici (Andrew J. Whelton et al. - 2017). I limitati dati disponibili sui test dell'aria nei cantieri CIPP, invece, indicano che possono essere presenti almeno 40 sostanze chimiche, tra cui cancerogeni, composti che alterano il sistema endocrino e irritanti per le vie respiratorie (AirZone, 2001; Ajdari, 2016; Dusseldorp e Schols, 2006; Matthews, 2020; NIOSH, 2019; Ra et al., 2019). Uno studio peer-reviewed pubblicato sulla rivista Environmental Science and Technology Letters (Teimouri Sendesi et al., 2017) ha rilevato che, durante le installazioni CIPP polimerizzate a vapore, vengono creati e rilasciati nell'aria molti tipi diversi di materiali, tra i quali particolato, goccioline, resina parzialmente polimerizzata, vapori organici e vapore acqueo. Sebbene usualmente si faccia riferimento al "vapore" (sottintendendo vapore acqueo), l'emissione è invece una "miscela multifase" o nube di emissione. Nell'ambito delle emissioni, sono stati misurati vari VOC e SVOC, tra cui sospetti cancerogeni, inquinanti atmosferici pericolosi, sospetti composti che alterano il sistema endocrino e altri composti non identificati. Alcuni di questi includono acetofenone, benzaldeide, acido benzoico, idrossitoluene butilato (BHT), 4-terz-butilcicloesanolo, 4-terz-butilcicloesanone, dibutilftalato (DBP), fenolo, stirene e 1-tetradecanolo, tra gli altri. Inoltre, negli ultimi anni, alcune sostanze pericolose sono state rilevate in vari mezzi, tra cui l'aria, la resina, i residui del rivestimento in plastica e altri elementi creati dal processo di produzione, non sono stati elencati nelle schede di sicurezza degli ingredienti CIPP presenti nei cantieri (Li et al., 2019; Ra et al., 2018, 2019). Peraltro, le emissioni testate presentavano ampie variazioni nella composizione chimica, in quanto influenzata dalle condizioni ambientali / meteorologiche e dalle attività del cantiere. Inoltre, durante le installazioni CIPP studiate nell'ambito dello studio, è stato rilevato che gli operatori non indossavano alcuna protezione respiratoria contro i vapori organici, nonostante i lavoratori si trovassero in presenza dello scarico in aria e inalassero sostanze chimiche. La loro pelle e i loro indumenti erano esposti e, inoltre, alcuni lavoratori maneggiavano il tubo di resina non polimerizzata a mani nude. La miscela multifase emessa in aria è stata campionata e testata per verificare se fosse tossica per le cellule dei topi. I test hanno indicato che i campioni raccolti da 2 dei 4 siti CIPP analizzati erano citotossici (causavano la morte cellulare), presumibilmente a causa dei composti non stirenici presenti. Recentemente, uno studio (Ryan LeBouf – 2024) ha misurato l'esposizione a breve termine durante l'attività, analizzando le emissioni di stirene nell'area / alla fonte utilizzando il metodo OSHA ORG-891[1] durante l'installazione di rivestimenti di piccolo diametro (8"). I parametri valutati sono stati la temperatura, l'umidità relativa, la direzione del vento e la velocità del vento durante l'installazione e, inoltre sono stati registrati sistematicamente altri fattori determinanti dell'esposizione, come il metodo di polimerizzazione, la lunghezza e il diametro del rivestimento e il numero di aperture. Le misurazioni dello stirene nell'area erano più elevate quando veniva aperta la porta del camion refrigerato che conteneva i rivestimenti CIPP (347 parti per milione [ppm]; 2 minuti). La più alta esposizione personale allo stirene (55 ppm) si è verificata mentre un lavoratore si trovava nel camion refrigerato per 18 minuti. Le esposizioni personali allo stirene durante il taglio del rivestimento indurito variavano da 1 a 10 ppm (5-20 minuti). Da quanto sopra, risulta evidente l'importanza della protezione delle vie di esposizione sia per inalazione (APVR filtranti), sia per contatto cutaneo (Guanti per rischio chimico / abbigliamento protettivo corpo intero) e, inoltre, gli studi suggeriscono una ventilazione supplementare nel camion refrigerato, modifiche dei processi di lavoro e una formazione continua dei dipendenti. Da notare che l'utilizzo delle medesime attrezzature con l'impiego di resine diverse consente la contaminazione incrociata chimica. Ad esempio, come evidenziato nello studio di Teimouri Sendesi et al., 2017, si riporta il caso di un'installazione CIPP che, sebbene fosse prevista con una resina non a base di stirene, lo stesso è stato comunque trovato, anche se a una concentrazione molto inferiore rispetto alle resine a base di stirene. Questo indica che, probabilmente, c'era stata una contaminazione accidentale delle attrezzature con un precedente composto a base di stirene. Pertanto, le pratiche di movimentazione e pulizia delle attrezzature degli appaltatori tra le diverse installazioni CIPP dovrebbero essere accuratamente valutate al fine di evitare tali situazioni.

2.2 Condizioni meteoclimatiche

Nelle attività di relining con tecnologie NO-DIG, come peraltro vale per ogni cantiere edile che si svolge all'aperto, i lavoratori possono essere soggetti a stress da calore e malattie correlate al calore (HRI), sebbene diversi studi abbiano

[1] This method has been subjected to the established evaluation procedures of the Organic Methods Evaluation Branch

esaminato metodi di controllo ingegneristici e amministrativi per prevenire alcuni fattori di rischio di stress da calore, manca ancora una comprensione completa di tutti i fattori di rischio esistenti e delle relative strategie di controllo (Mehdi Torbat Esfahani, 2024). Per questo, la valutazione delle attività in condizioni meteoclimatiche sfavorevoli (alta o bassa temperatura, pioggia, ecc..) risulta fondamentale per identificare le lacune nelle attuali strategie di controllo e sviluppare un quadro di gestione della sicurezza per un efficace controllo dello stress da calore prevedendo, con il contributo del medico competente, l'adozione di adeguate misure di prevenzione a tutela di tutti i lavoratori ma, in particolari, di quelli che - con riferimento alle proprie convinzioni religiose - risultano essere particolarmente esposti durante specifici periodi dell'anno - periodo di Ramadan della durata di quattro settimane – in quanto, durante il giorno, devono astenersi dal bere e dal mangiare con possibile rischio di malori durante il lavoro (disidratazione, ipoglicemia, perdita di coscienza, ..). Pertanto, prestazioni lavorative che prevedono un rilevante sforzo fisico o attività all'esterno in condizioni meteo particolari devono essere correttamente valutate per tutti i lavoratori, con particolare attenzione a quelli di fede musulmana.

2.3 Attività in presenza di materiali contenenti amianto (MCA)

Tra i vari prodotti che, in passato, sono stati realizzati utilizzando fibre di amianto e vengono usualmente denominati materiali contenenti amianto (MCA), troviamo anche le tubazioni impiegate fino alla dismissione dei MCA dalla società dei servizi a rete per il trasporto di acqua potabile, gas e raccolta dei reflui (fognature). Quando uno o più componenti della matrice cementizia si dissolve a causa dell'azione dei fluidi contenuti o per attacco esterno da parte di sostanze presenti nel terreno (attacco solfatico), le fibre di amianto chimicamente inerti perdono il loro supporto meccanico (Zavašnik et al., 2022) e, in particolare, possono essere rilasciate in quantità ancora maggiore quando sono soggette a vibrazioni dovute alla vicinanza di strade, ferrovie, lavori di costruzione, terremoti, flussi d'acqua, ecc. (Ratnayaka et al., 2009). Facendo riferimento al nostro paese, nelle reti di acqua potabile sono state trovate fibre di amianto in circa 300.000 km di tubi di distribuzione dell'acqua (Osservatorio Nazionale Amianto, 2023). Diverse sono le cause che promuovono la disgregazione della matrice cementizia: le più comuni sono dovute a interazioni di natura fisica o chimica e dipendono dalle condizioni di esposizione ambientale. Le interazioni di tipo fisico sono dovute agli effetti della temperatura quali cicli di gelo-disgelo (Redaelli – 2013), mentre quelli di tipo chimico si verificano in presenza di interazioni specifiche con varie sostanze con attacco acido, attacco solfatico (Hu et al.,2003). L'azione contemporanea delle sollecitazioni e il degrado chimico / meccanico portano le tubazioni a cedere secondo diverse modalità (fratture circonferenziali, perdite localizzate, ecc.) e, quindi, le aziende dei servizi idrici integrati sono chiamate alla loro riparazione / sostituzione al fine di garantire la continuità di servizio all'utenza. Poiché il ripristino delle tubazioni in MCA con metodi tradizionali, e quindi con scavi a cielo aperto, c'è la preoccupazione che le fibre di amianto possano diventare friabili e potenzialmente pericolose per i lavoratori, nel tempo si sta diffondendo l'applicazione della riabilitazione strutturale come alternativa alla sostituzione in trincea aperta (Sweet e Katzev, 2018; Water Research Foundation, 2015). Tuttavia, a fronte degli indubbi vantaggi, presso gli addetti del settore si rileva talvolta la convinzione che l'inserimento nel tubo esistente avvenga senza dover esporre i lavoratori a MCA e che i lavoratori non debbano preoccuparsi di inalare accidentalmente fibre. Ma, ovviamente, questo non è vero. Infatti, già l'ispezione preliminare con la tecnologia Closed Circuit Television Video (CCTV) per verificare la presenza di detriti, radici, danni, giunti sfalsati o qualsiasi altra incongruenza che possa impedire la corretta installazione del CIPP, comporta il rischio di contaminazione delle attrezzature per il solo fatto che queste sono state introdotte all'interno della tubazione e, quindi, sono venute a contatto con i depositi interni che, per quanto visto prima in relazione alla degradazione della matrice cementizia, posso contenere fibre di amianto che si possono trasferire sulle attrezzature e, da qui, essere portate all'esterno. Una volta asciugati i residui dei depositi presenti sulle attrezzature, le eventuali fibre di amianto possono aerodisperdersi e diventare, così, molto pericolose per il personale addetto che non dovesse indossare idonei DPI (tute, guanti e DPI respiratori monouso che devono essere smaltiti come MCA). La stessa situazione si pone quando si procede alla preparazione della superficie interna del tubo, che è una componente chiave per il successo del rivestimento considerato che questa deve essere preparata in modo da fornire la migliore superficie di rivestimento. Per la preparazione della superficie interna del tubo, è possibile utilizzare un idrogetto (sebbene in alcune normative sia vietato l'uso di getti d'acqua ad alta pressione) oppure sono utilizzati metodi di pulizia meccanica (come spazzole, flagelli a catena, smerigliatrici, sfere, tamponi, macchine a secchio o altri metodi) in particolare per rimuovere spigoli vivi, radici, laterali sporgenti, incrostazioni o altri impedimenti nel tubo esistente. Entrambi questi metodi di pulizia, ma in particolare il secondo, possono portare a un potenziale inquinamento da fibre di amianto che deve essere evitato per la sicurezza sia degli operatori addetti alle attività e sia della popolazione che vive o transita in prossimità dell'area delle lavorazioni. Infatti, i materiali che fuoriescono dal tubo da rinnovare sono umidi e sembrano fango che, tuttavia, può seccarsi sugli indumenti dei lavoratori, sul terreno e sulle attrezzature utilizzate e, quindi, che dev'essere accuratamente asportato al termine delle attività (Asbestos Safety and Eradication Agency, 2021). Inoltre, quando un'attrezzatura viene a contatto con il fango contenente fibre di amianto e non viene adeguatamente bonificata, può diventare una potenziale fonte di rilascio futuro di fibre di amianto in qualsiasi altro sito dove la medesima attrezzatura verrà utilizzata. Pertanto, le

attrezzature devono essere pulite adottando misure di decontaminazione specifiche, evitando sia la dispersione nel terreno dei residui delle attività di pulizia / bonifica, sia la dispersione dell'acqua utilizzata per la pulizia su pavimentazioni impermeabili (ad esempio asfalto, cemento, ecc.) poiché potrebbe asciugarsi e portare alla dispersione di fibre di amianto nell'atmosfera. Lo scarico in fognatura di questa acqua, e dell'acqua proveniente dalla pulizia delle attrezzature che potrebbe contenere fibre di amianto, potrebbe essere normalmente ammesso solo dopo filtrazione. Se ciò non è possibile, le acque reflue devono essere raccolte e inviate allo smaltimento, secondo le disposizioni di legge, insieme ai residui fangosi estratti dalla tubazione durante le attività di pulizia meccanica, evitando qualsiasi contaminazione del suolo. Allo scopo, si può stendere un telo di polietilene ad alta densità di almeno 0,15 mm di spessore, o un equivalente telo di "tessuto non tessuto geotessile", per evitare la dispersione di fibre nel terreno. Il fango, i materiali di scarto provenienti dalle attività di decontaminazione (inclusi i teli di polietilene o geotessili), i materiali monouso indossati dai lavoratori e il filtrato (filtro incluso), devono essere collocati in contenitori, affidati ad aziende specializzate in possesso dei requisiti previsti dalla legge e smaltiti in conformità alle leggi vigenti. Tutto ciò premesso, è necessario che si valuti se, nel loro complesso, tutte le attività debbano essere assimilate alle attività di rimozione di materiali contenenti amianto secondo quanto previsto dalla legislazione vigente che prevede che le attività di rimozione dell'amianto debbano essere svolte unicamente da aziende specializzate con idonei requisiti e che impiegano lavoratori con una qualificazione specifica. Tutte le attività, quindi, devono essere analizzate in un documento di valutazione del rischio amianto per individuare le misure di prevenzione e protezione sia per il personale che svolge le attività, sia per gli ambienti di vita circostanti le aree di intervento che, in assenza di adeguate misure di prevenzione specifiche e di sicurezza, potrebbero essere esposti alle fibre di amianto aerodisperse.

2.3 Attività in ambienti sospetti di inquinamento o confinati

La caratteristica delle attività di relining con tecnologia NO-DIG consente di evitare lo scavo a cielo libero dell'intero tratto di tubazione da risanare ma, in caso non siano presenti pozzetti di adeguate dimensioni a monte e valle del tratto da ripristinare, sono necessari scavi limitati per creare un punto di accesso e uno di uscita attraverso i quali inserire il liner. In caso sulla linea siano presenti pozzetti e il personale addetto deve accedervi per svolgere le proprie attività, certamente si tratta di accesso in "ambienti sospetti di inquinamento o confinati" e, quindi, è necessario applicare quanto previsto dal DPR 177/2011 che si applica ai lavori in ambienti sospetti di inquinamento di cui agli articoli 66 e 121 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 (pozzi neri, pozzi, fogne, camini, cunicoli, fosse, gallerie, ambienti e recipienti, condutture, caldaie e simili), e negli ambienti confinati di cui all'allegato IV, punto 3, del medesimo decreto legislativo (vasche, canalizzazioni, tubazioni, serbatoi, recipienti, silos). Oltre alla individuazione puntuale di cui al Decreto, recentemente è stata pubblicata la norma UNI 11958:2024 nella quale è presente una definizione che si spinge oltre alla mera elencazione di luoghi. La definizione è la seguente: *ambiente confinato e/o sospetto di inquinamento - spazio circoscritto non progettato e costruito per la presenza continuativa di un lavoratore, ma di dimensioni tali da consentirne l'ingresso e lo svolgimento del lavoro assegnato, caratterizzato da vie di ingresso o uscita limitate e/o difficoltose, con possibile ventilazione sfavorevole, all'interno del quale non è possibile escludere la presenza o lo sviluppo di condizioni pericolose per la salute e la sicurezza dei lavoratori*. Per tenere conto dell'estrema variabilità di luoghi nei quali è possibile riscontrare rischi simili a quelli presenti negli ambienti sospetti di inquinamento o confinati senza che, peraltro, sia richiesta l'integrale applicazione di quanto previsto dal DPR 177/2011, ai fini di fornire ai tecnici una traccia operativa per la valutazione dei rischi e organizzazione delle attività, nella norma UNI stato introdotto il concetto di "ambiente assimilabile" *NOTA 1: Rientrano in questa definizione sia gli ambienti individuati dalla legislazione vigente sia i cosiddetti ambienti assimilabili, cioè quegli ambienti non individuati dalla legislazione vigente per i quali, a valle della valutazione del rischio, sussistono le condizioni sopra definite*. Quindi, se l'accesso all'interno di pozzetti / camerette è chiaramente identificato, nel secondo caso risulta necessario definire se lo scavo effettuato è classificabile come spazio confinato, posto che il riferimento di cui al DPR 177/2011 all'art. 121 del D.lgs. 81/08 in cui si parla di "fosse" senza fornire alcuna indicazione geometrica / dimensionale, rispetto ai concetti di "scavo" e "trincea" così come presenti nell'art. 119 del D.lgs. 81/08. Premesso che uno scavo, in generale, è definibile come qualsiasi taglio, cavità, trincea o depressione nella superficie terrestre, formata dalla rimozione di terra, nella nostra legislazione sono previste specifiche precauzioni negli scavi di trincee profonde più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, provvedendo, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno. Infatti, sono operazioni pericolose che possono includere: crolli, caduta di carichi, pericoli derivanti dall'uso di attrezzature pesanti ed anche la presenza di atmosfere pericolose (es. attività in zona geotermica con possibile presenza / accumulo sul fondo dello scavo di gas endogeni, principalmente anidride carbonica, idrogeno solforato. Inoltre, da non trascurare anche la possibile presenza di gas radon). In generale, nelle trincee possono formarsi atmosfere carenti di ossigeno, tossiche o infiammabili, che sostituiscono l'aria normale, come è ragionevole aspettarsi, ad esempio, negli scavi in aree di discarica o in aree in cui sono conservate nelle vicinanze sostanze pericolose o in cui potrebbero essere presenti gas endogeni in aree geotermiche. Alcuni dei gas più comuni che destano preoccupazione sono il monossido di carbonio, il metano e l'acido solfidrico (Stojković, 2013) e la presenza di

questi gas dev'essere presa in considerazione ogni volta che le trincee si trovano vicino a motori a combustione, linee fognarie, discariche, paludi, serbatoi sotterranei con perdite o quando nelle vicinanze è presente materia organica in decomposizione (l'idrogeno solforato è più pesante dell'aria e può riempire la trincea partendo dal fondo). Inoltre, l'eccessiva presenza di acqua piovana, acque sotterranee o liquidi provenienti da tubature danneggiate o con perdite può creare le condizioni per inghiottire chi entra nella trincea (Smolyak e Baran, 2020). Da non dimenticare anche il rischio sismico relativo all'area in cui si svolgono le attività. Per queste ragioni, ed anche per il fatto che questi ambienti potrebbero soddisfare i criteri di accesso e uscita limitati oltre a problemi di spazio e abitabilità, a livello internazionale è parere condiviso che in questi contesti siano presenti molti dei pericoli associati agli spazi confinati e, quindi, sia i datori di lavoro sia i lavoratori dovrebbero considerare ogni trincea come un potenziale ambiente sospetto di inquinamento o confinato (o almeno un ambiente assimilabile ai sensi della UNI 11958:2024) e, così facendo, attivare specifici requisiti procedurali, l'utilizzo di attrezzature adeguate oltre all'adozione di idonee procedure operative che aiuteranno a prevenire incidenti (Hughes e Ferrett, 2021; Singh e Goel, 1999). Ulteriori fattori di rischio, in particolare per quanto riguarda i pozzetti e/o le camerette stradali (ma che vale anche per gli scavi specie quando sono profondi), sono dovuti alle dimensioni ridotte dell'ambiente, alle caratteristiche del passo d'uomo (ove presente) spesso caratterizzato da dimensioni che possono ostacolare sia le operazioni di ingresso / uscita, sia le operazioni di soccorso in caso di emergenza, al tempo limitato a disposizione per gli interventi di emergenza e altri interventi urgenti, alle condizioni instabili delle pareti e alla conseguente probabilità di frane, al forte aumento delle acque sotterranee e allo spostamento delle protezioni (Smolyak e Baran, 2020). Anche l'accesso all'interno degli ambienti o delle trincee rappresenta un punto di potenziale pericolo in quanto, di solito viene effettuato solo tramite scale (per lo più mancanti di sistemi di protezione quali sistemi anticaduta) che, oltre a presentare noti rischi di scivolamento e caduta, costituiscono mezzi di entrata-uscita limitati in caso di gestione di una possibile situazione di emergenza dovuta a infortunio o malattia del lavoratore (Hughes e Ferrett, 2021). Comunque, al di là della definizione, la cosa più importante è individuare i pericoli presenti o che potrebbero insorgere non solo durante le attività previste, quali operazioni di pulizia, inserimento di rivestimenti, posizionamento di termocoppie prima della polimerizzazione, taglio del rivestimento in eccesso, collegamenti laterali di servizio sporgenti (quando non è possibile il metodo di taglio a distanza utilizzando una taglierina robotizzata idraulica appositamente progettata per questo scopo), ma anche per eseguire ispezioni o comunque qualsiasi attività che preveda un accesso in ambienti sospetti di inquinamento o confinati, ed effettuare un'adeguata valutazione dei rischi per individuare le necessarie misure di prevenzione e protezione da adottare per la sicurezza dei lavoratori addetti. Se esistono condizioni atmosferiche pericolose (quali presenza di gas tossici, vapori infiammabili e/o mancanza di ossigeno), o se è ragionevole aspettarsi che si sviluppino durante le attività, il datore di lavoro deve assicurarsi che vengano prese adeguate precauzioni per evitare l'esposizione dei dipendenti a tali condizioni e, tali precauzioni, potrebbero includere la verifica della qualità dell'aria nell'ambiente operativo, la fornitura ai lavoratori di adeguate protezioni respiratorie, il controllo della ventilazione naturale / meccanica e la garanzia della pronta disponibilità di attrezzature di soccorso di emergenza (imbracatura e linea di sicurezza, barella a cesto, ecc.). Il luogo di lavoro dev'essere gestito secondo procedure di sicurezza stabilite e i dipendenti devono seguire i protocolli operativi delineati in base alle vigenti norme di sicurezza, compreso il monitoraggio delle atmosfere pericolose che potrebbero essere generate durante il processo di installazione (compresa l'esposizione ai vapori di resina presenti nell'aria durante l'indurimento in loco del rivestimento utilizzando il calore del vapore o dell'acqua quasi bollente). Il personale operativo all'interno dell'ambiente sospetto di inquinamento o confinato, oltre ai classici DPI (scarpe antinfortunistiche, elmetto, guanti rischio meccanico / chimico) deve indossare anche altri DPI eventualmente necessari in seguito alla valutazione dei rischi (APVR / occhiali o schermi / otoprotettori, …), dovrebbe anche indossare l'imbracatura (da utilizzarsi in collegamento a un dispositivo anticaduta durante la salita / discesa lungo la scala che collega il piano stradale con il fondo della trincea / pozzetto) anche per agevolare le eventuali operazioni di salvataggio in caso di infortunio o malore.

3. Gestione dell'emergenza

L'Emergenza, come noto, evidenzia l'insorgere di una condizione critica come alterazione di uno stato o di una condizione di normalità ed è definibile come "*situazione connessa al manifestarsi di un evento, un fatto o una circostanza, che innalza sensibilmente e in modo repentino il livello di criticità rispetto al livello che caratterizza la condizione ordinaria e che, per la sua gestione, richiede una risposta rapida e altamente strutturata anche mediante la predisposizione e attuazione di interventi eccezionali*". Ogni emergenza, nei fatti, è una storia a sé stante, diversa da qualsiasi altra e non tutto è prevedibile, specie quando si opera nell'ambito di un cantiere temporaneo o mobile. Fortunatamente, le situazioni di emergenza avvengono raramente ma il datore di lavoro, oltre a garantire la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, è chiamato a redigere un protocollo articolato per la gestione sia delle emergenze sanitarie conseguenti a infortuni, malori, ecc., sia di emergenze derivanti da altri eventi indesiderati quali incendio, evento meteoclimatico, tellurico, ecc. Per questo, è necessario predisporre modalità operative in grado di dare una risposta sia a situazioni codificate, sia a situazioni improvvise e inaspettate tenendo anche conto che l'emergenza è

spesso legata all'urgenza, ovvero richiede un sollecito interessamento mediante interventi, decisioni, soluzioni immediati e improcrastinabili in un più generale contesto di azioni mirate a riportare, nel tempo più breve possibile, la situazione in condizioni di non criticità e di controllabilità, salvaguardando l'incolumità delle persone, l'integrità delle cose e cercando di mantenere, se fattibile, la funzionalità dei sistemi attivi. L'elemento caratterizzante una situazione di emergenza, specie in ambito sanitario, è la richiesta rapidità d'intervento o di risposta per garantire l'efficacia sia della "catena della sopravvivenza" sia della "catena del soccorso". Evidentemente, sono diverse le condizioni che potrebbero portare a una emergenza: scoppio di una tubazione che veicola vapore o acqua calda, caduta dalla torre di inversione o dal cassone del camion durante le attività di movimentazione della guaina impregnata, investimento / schiacciamento causato dal contatto con macchine operatrici o con organi in movimento facenti parte delle attrezzature di cantiere, contatto con / inalazione di agenti chimici pericolosi, ecc. Il tutto, tenendo conto che la corretta organizzazione della "risposta all'emergenza" è certamente una chiave di volta dell'intero sistema prevenzionistico aziendale che, al fine di poter garantire l'avvio di specifiche attività che consentono di agire presto (e nel modo giusto) per limitare al minimo le conseguenze dell'evento e, talvolta, salvare vite umane, deve valutare la risposta anche (e in particolare) alle emergenze multifattoriali che richiedono un efficiente sistema di comunicazione tra tutti gli attori coinvolti: personale in campo, addetti Centrali Operative del soccorso sanitario NUE 1-1-2 / 118 / 115. Ma perché tutto questo risulti veramente efficace, è necessario che le aziende superino la fase del mero adempimento formale e facciano pervadere la cultura della sicurezza e la logica della preparazione alla gestione dell'emergenza, quali fattori fondanti dell'intero sistema organizzativo delle proprie attività. Solo attraverso modalità operative idonee alla gestione della crisi a prescindere dalla sua origine, l'organizzazione può essere in grado di limitarne al minimo gli effetti anche grazie all'integrazione di qualsiasi azione nel più ampio contesto delle misure tecniche, organizzative e procedurali necessarie all'organizzazione della risposta all'emergenza che, tuttavia potrebbero risultare idonee in un certo contesto ambientale o lavorativo e in un certo periodo di tempo, ma anche risultare del tutto o in parte inadeguate in un altro. Da qui l'importanza della necessaria strutturazione "dinamica" del piano di emergenza che, per il personale addetto, deve anche prevedere un adeguato piano di informazione / formazione e addestramento che superi il problema dell'oblio delle nozioni apprese (normalmente resistono per 6/12 mesi) e, in particolare, consenta di mantenere la manualità rispetto alle manovre pratiche di intervento. E questo richiede una specifica attenzione nella scelta delle modalità di addestramento e dell'aggiornamento degli addetti, tenuto conto che usualmente sia le attività di formazione, sia il re-training addestrativo, avvengono per lo più mediante semplice trasferimento di conoscenze o in contesti addestrativi a bassa fedeltà (istruzione condotta all'interno della sala corsi con simulatori parziali del corpo umano) e, quindi, l'operatore chiamato a intervenire dopo un lungo periodo di inattività a valle della formazione ricevuta, potrebbe non sentirsi in grado di intervenire per la paura di sbagliare. Limitazione che potrebbe essere risolta modificando le modalità di training e aumentando la frequenza e le caratteristiche di somministrazione degli aggiornamenti.

4. Eventi incidentali

Attraverso una ricerca sul web, è stato possibile identificare diversi casi che dimostrano come diversi rischi di cui sopra, siano stati origine di infortuni gravi o mortali. Da segnalare che, presumibilmente a causa della mancata categorizzazione della tecnologia CIPP nelle voci di ricerca della banca dati INAIL InForMo, non è stato possibile riscontrare in modo agevole eventi infortunistici a livello nazionale e, pertanto, sono riportati di seguito alcuni degli eventi registrati nel portale dell'Occupational Safety and Health Administration - OSHA, documenti denominati Accident Report Detail, attribuiti al codice NAICS[2] 237110 Water and Sewer Line and Related Structures Construction:

a) Dettagli del Rapporto di Incidente

Numero riepilogo incidente: 200670701
Il dipendente muore per ustioni dopo una caduta in un pozzetto
Data dell'evento: 22/04/1997

Dettagli del lavoratore

Numero lavoratore: 1
Età: non riportato
Sesso: non riportato
Occupazione: non riportato
Compito assegnato: Compito assegnato regolarmente
Gravità dell'infortunio: Fatale
Natura dell'infortunio: Ustione/Scottatura (Calore)

Descrizione dell'incidente

2 North American Industry Classification System che è lo standard utilizzato dalle agenzie statistiche federali per classificare le aziende allo scopo di raccogliere, analizzare e pubblicare dati statistici relativi all'economia aziendale degli Stati Uniti

Il Dipendente #1 stava tentando di spingere un piede di porco attraverso il rivestimento in resina epossidica di un pozzetto affinché l'acqua proveniente dal processo di installazione potesse defluire nell'invertito. È caduto attraverso il pozzetto ed è atterrato in circa 25 cm di acqua calda a circa 82 gradi Celsius. Il Dipendente #1 ha subito ustioni al petto, a seguito delle quali è successivamente deceduto.

b) Dettagli del Rapporto di Incidente

Numero riepilogo incidente: 202311486
Lavoratore ferito mentre è intrappolato da un rullo motorizzato.
Data dell'evento: 05/03/2001

Dettagli del lavoratore

Numero lavoratore: 1
Età: (non specificato)
Sesso: (non specificato)
Occupazione: (non specificato)
Compito assegnato: Compito regolarmente assegnato (Installazione di condutture idrauliche sotterranee)
Gravità dell'infortunio: Ricovero ospedaliero
Natura dell'infortunio: Frattura

Descrizione dell'incidente

La società si occupa della manutenzione e del ripristino di condotte sotterranee. Uno dei processi utilizzati prevede il posizionamento di un rivestimento "cured-in-place-pipe" all'interno delle linee fognarie esistenti. Si tratta di inserire un tubo di feltro impregnato di resina da un tombino al tombino successivo. Grazie a un processo che fa circolare acqua calda attraverso il liner capovolto, viene raggiunta e mantenuta una temperatura sufficiente per indurire la resina in un materiale simile alla fibra di vetro. Quando il liner si indurisce, il liner indurito in eccesso viene rimosso e il tubo viene ritirato. Questo processo richiede dalle 6 alle 8 ore per 90-120m di liner. Durante l'installazione di uno di questi liner, il dipendente #1 è stato catturato dal rullo motorizzato utilizzato per inserire e rimuovere il tubo di posa, ed è stato trascinato attorno al rullo, riportando lesioni al braccio e alle gambe. Il dipendente #1 è stato ricoverato in ospedale con una frattura.

c) Dettagli del Rapporto di Incidente

Numero riepilogo incidente: 200621696
Lavoratore folgorato mentre rivestiva una fognatura
Data dell'evento: 24/08/2001
Informazioni sull'Ispezione

Dettagli del lavoratore

Numero lavoratore: 1
Età: non specificato
Sesso: non specificato
Occupazione: Occupazione non riportata
Compito assegnato: Compito assegnato regolarmente
Gravità dell'infortunio: Fatalità
Natura dell'infortunio: Folgorazione

Descrizione dell'incidente:

Il 24 agosto 2001, il dipendente #1 e i suoi colleghi erano impegnati in un progetto di rifacimento della rete fognaria. Un rivestimento viene inserito nella condotta fognaria esistente sollevando una parte del rivestimento e riempiendolo d'acqua. La pressione dell'acqua "trasporta" il liner attraverso il tubo. Il liner viene poi indurito con acqua calda. Dopo l'indurimento del liner, il lavoro è considerato completo quando il liner viene tagliato in cima all'ingresso del pozzetto fognario. Il dipendente #1 si trovava su una piattaforma sopraelevata non isolata per scollegare le linee dal camion della caldaia e prepararsi a tagliare il liner all'ingresso del pozzetto. Stava lavorando in prossimità di una linea elettrica aerea da 4000 volt quando è entrato in contatto con la linea elettrica ed è rimasto ucciso.

d) Dettagli del Rapporto di Incidente

Numero riepilogo incidente: 52726.015
L'Operaio annega in uno spazio chiuso
Data dell'evento: 18/09/2013

Dettagli del lavoratore

Numero lavoratore: 1
Età: 25
Sesso: Maschio
Occupazione: Lavoratore edile
Compito assegnato: Compito regolarmente assegnato

Gravità dell'infortunio: Morte
Natura dell'infortunio: Annegamento
Descrizione dell'incidente
Alle 19:45 del 18 settembre 2013, un dipendente stava tagliando dei fori laterali in un nuovo rivestimento fognario. Il taglio delle aperture del cured-in-place-pipe (CIPP) è stato eseguito da due persone del secondo turno; un collega e il dipendente, un caposquadra del sito. Durante le operazioni di taglio, l'acqua scorreva all'interno del CIPP, cosa che può essere comune al lavoro. Tuttavia, pioggia e temporali si erano sviluppati dentro e intorno all'area causando un aumento del flusso d'acqua. Il collega, che stava lavorando con il dipendente, è uscito dal CIPP a causa del timore che il flusso d'acqua stesse diventando più intenso del normale. Il dipendente è rimasto da solo nel CIPP per finire di tagliare le aperture. Il dipendente è stato sopraffatto dal flusso d'acqua ed è annegato.

e) Dettagli del Rapporto di Incidente
Numero riepilogo incidente: 100359.015
Il dipendente viene spruzzato con acqua bollente e ustionato in modo esteso
ID rapporto: 0418500
Data dell'evento: 25/10/2017
Dettagli del lavoratore
Numero lavoratore: 1
Età: 46
Sesso: Maschio
Occupazione: Mestieri edili, non specificato altrove
Compito assegnato: Compito regolarmente assegnato
Gravità dell'infortunio: Infortunio che ha richiesto il ricovero ospedaliero
Natura dell'infortunio: Ustione
Descrizione dell'incidente
Alle 18:00 del 25 ottobre 2017, il dipendente #1, impiegato presso una società di servizi, era impegnato in lavori di fognatura in un'area residenziale militare. Stava installando un rivestimento per impermeabilizzare una condotta fognaria esistente. L'installazione prevedeva l'uso di acqua bollente nel rivestimento. Quando l'acqua non è defluita correttamente, il dipendente #1 è rientrato nel tombino e ha utilizzato una sega alternativa per tagliare il rivestimento della condotta. L'acqua bollente è schizzata verso l'alto ad alta pressione, colpendo il dipendente #1 e ustionandogli la parte superiore del corpo e le gambe. Il suo viso era protetto, perché indossava un respiratore a pieno facciale quando è entrato nello spazio ristretto del tombino. Sono stati chiamati i servizi di emergenza e il dipendente #1 è stato trasportato in ospedale. È stato ricoverato e curato per ustioni di secondo grado su oltre il 40 per cento del corpo.

f) Dettagli del Rapporto di Incidente
Numero riepilogo incidente: 100333.015
Lavoratore lavora in uno spazio confinato e diventa privo di sensi
Data dell'evento: 25/10/2017
Dettagli del lavoratore
Numero lavoratore: 1
Età: 22
Sesso: Maschio
Occupazione:
Compito assegnato: Compito regolarmente assegnato
Gravità dell'infortunio: Fatale
Natura dell'infortunio: -
Descrizione dell'incidente
Alle 18:30 del 25 ottobre 2017, un dipendente stava lavorando con una squadra impegnata in lavori di riabilitazione della condotta fognaria utilizzando la tecnica cured-in-place-pipe (CIPP). Il processo CIPP è un metodo senza scavo per la riparazione delle condotte fognarie che prevede l'inserimento di un rivestimento in fibra di vetro impregnato di resina invertito nella condotta fognaria danneggiata. Il dipendente si è infilato in una condotta fognaria orizzontale da circa 61 cm ed era a circa 9 m, tagliando 'corde' e stendendo tubi flessibili di circolazione dell'acqua calda. Il dipendente ha iniziato a borbottare / farfugliare e ha perso i sensi. I servizi di emergenza sono intervenuti e il corpo del dipendente è stato recuperato dalla squadra di soccorso dei vigili del fuoco e il dipendente è stato dichiarato morto sul posto. L'annegamento dovuto alla tossicità da stirene è stato elencato come un fattore contribuente significativo.

g) Dettagli del Rapporto di Incidente
Numero riepilogo incidente: 117007.015

Dipendente ucciso schiacciato sotto la benna di un escavatore
Data dell'evento: 07/05/2019
Dettagli del lavoratore
Numero lavoratore: 1
Età: 22
Sesso: Maschio
Occupazione: Operatori di macchine, non specificato
Compito assegnato: Compito non regolarmente assegnato
Gravità dell'infortunio: Morte
Descrizione dell'incidente
Alle 4:15 del mattino del 7 maggio 2019, il Dipendente #1 e un collega, impiegati da una società di riparazione di condotte fognarie, stavano installando un rivestimento impregnato di resina (tubo di feltro) da 152 cm. circa. Il collega stava azionando un escavatore idraulico e sollevando il rivestimento quando il tubo idraulico è esploso. Il Dipendente #1, che si trovava a circa 2 metri al di fuori della zona di lavoro, è stato colpito e schiacciato dalla benna dell'escavatore. Il Dipendente #1 è deceduto.

5. Conclusioni

Al fine di garantire il pieno successo del progetto di installazione di un rivestimento CIPP, oltre ai necessari adempimenti amministrativi ricorrenti nell'ambito di qualsiasi progetto infrastrutturale, è fondamentale eseguire un'approfondita valutazione di preinstallazione che consenta di definire tutte le specifiche tecniche necessarie a evitare possibili rischi per salvaguardare la longevità delle tubazioni riabilitate. Tali attività prevedono almeno: la valutazione completa della tubazione esistente effettuata mediante ispezione televisiva a circuito chiuso, l'analisi strutturale delle condizioni della tubazione per identificare l'eventuale presenza di criticità strutturali, la caratterizzazione del sito intesa come valutazione delle condizioni del suolo, dei livelli delle acque sotterranee e della eventuale presenza di sottoservizi in prossimità del percorso della tubazione da risanare. E' in questa fase che il progettista deve prestare attenzione alla corretta pianificazione delle attività di mitigazione necessarie per garantire sia la sicurezza degli operatori addetti, sia i soggetti che potrebbero essere interessati dalle attività (emissione di odori, polveri, rumori, ecc..). Per quanto visto finora, appare quindi evidente la necessità dell'individuazione dei pericoli presenti (o potenziali) associati alle attività CIPP, declinati volta per volta in funzione del contesto operativo. La successiva valutazione dei rischi è lo strumento fondamentale che permette al datore di lavoro di individuare misure di prevenzione e protezione idonee a garantire la sicurezza degli operatori. Considerato che le attività CIPP sono svolte in un contesto di cantiere temporaneo o mobile che varia volta per volta, le attività espongono i lavoratori a rischi più elevati e l'utilizzo di dispositivi di protezione individuali o collettivi, in assenza di una adeguata valutazione del contesto operativo che tenga conto anche degli aspetti organizzativi e di coordinamento tra le attività contemporanee o in successione e le azioni dei singoli operatori, potrebbe non bastare per eliminare i rischi o, quantomeno, ridurli a livelli accettabili. In un settore dove i rischi sono elevati, infatti, il coordinamento è cruciale per prevenire incidenti. La definizione e l'applicazione di procedure di sicurezza ben definite associate a un adeguato coordinamento operativo, supportato da una continua comunicazione tra le diverse squadre di lavoratori addetti alle diverse attività di cantiere e una costante supervisione delle attività, permettono di identificare e gestire tempestivamente potenziali pericoli. Infatti, come noto, il coordinamento e la comunicazione continua tra gli addetti non è sono solo legati alla operatività di cantiere, ma rappresentano strategie fondamentali per condividere informazioni critiche, risolvere problemi in tempo reale e prendere decisioni informate.

6. REFERENZE

A. P. Bacchetta, L. Botti, R. Melloni (2023) Safety at work management during no-dig technologies application, Second European NO-DIG Conference
AirZone Inc (2001) A Report on the Monitoring of Styrene in Toronto Homes During the Cured in Place Pipe (CIPP) Process for Sewer Pipe Rehabilitation by Insituform. Project 041–6742. Toronto, CN.
Ajdari, E.B. (2016) Volatile organic compound (VOC) emission during cured-in-placepipe (CIPP) sewer pipe rehabilitation. University of New Orleans, New Orleans, LA.
Andrew J. Whelton, PhD; Jonathan Shannahan, PhD; Brandon E. Boor, PhD; John A. Howarter, PhD; Jeffrey P. Youngblood, PhD; and Chad T. Jafvert, PhD. (2017) Cured-in-Place-Pipe (CIPP): Inhalation and Dermal Exposure Risks Associated with Sanitary Sewer, Storm Sewer, and Drinking Water Pipe Repairs https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2017/09/26/cipp/
Australian Government Asbestos Safety and Eradication Agency (2021) Asbestos-Cement Water and Sewer Pipe Management Guidelines
Dusseldorp A., Schols E. (2006) Rioolrenovatie met kousmethoden-Achtergronden bij het informatieblad. RIVM rapport 609021038/2006, Bilthoven, RIVM-Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Hughes, P. and Ferrett, E. (2021), "Excavation Work and Confined Spaces – Hazards and Risk Control", Introduction to Health and Safety in Construction, doi: 10.4324/9780080970691-25.
Hsu, J.M. and Shou, K.J. (2022), "Experimental study of the separated joint of an underground pipeline rehabilitated by cured-in-place pipe", Underground Space (China), Vol. 7 No. 4, doi: 10.1016/j.undsp.2021.11.005.
Hu, Yafei, Dunling Wang, and Rudaba Chowdhury (2003) Guidance Manual for Managing Long Term Performance of Asbestos Cement Pipe, 2003.
Li, X., Ra, K., Nuruddin, M., Teimouri Sendesi, S.M., Howarter, J.A., Youngblood, J.P., Zyaykina, N., Jafvert, C.T., Whelton, A.J. (2019) Outdoor manufacture of UV-Cured plastic linings for storm water culvert repair: chemical emissions and residual. Environ. Pollut. 245, 1031–1040. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.080.
L.M., Shannahan, J.H., Jafvert, C.T., Whelton, A.J. (2017) Worksite chemical air emissions and worker exposure during sanitary sewer and stormwater pipe rehabilitation using cured-in-place-pipe (CIPP). Environ. Sci. Technol. Lett. 4 (8), 325–333. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00237.
Teimouri Sendesi, S.M., Noh, Y., Nuruddin, M., Boor, B.E., Howarter, J.A., Youngblood, J.P., Jafvert, C.T., Whelton, A.J. (2020) An emerging mobile air pollution source: outdoor plastic liner manufacturing sites discharge VOCs into urban and rural areas. Environ. Sci.: Process. Impacts 22 (9), 1828–1841. https://doi.org/10.1039/D0EM00190B
Matthews, E., Matthews, J., Alam, S., Eklund, S. (2020) NASSCO CIPP Emissions Phase 2: Evaluation of Air Emissions from Polyester Resin CIPP with Steam Cure. Final Report for National Association of Sewer Service Companies, Inc. (NASSCO, Inc.) Louisiana Tech University, Ruston, LA.
Mehdi Torbat Esfahani, Ibukun Awolusi, Yilmaz Hatipkarasulu (2024) Heat Stress Prevention in Construction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Risk Factors and Control Strategies Int. J. Environ. Res. Public Health 2024, 21, 1681. https://doi.org/10.3390/ijerph21121681
National Institute for Occupational Safety and Health (2018). Volatile organic compounds, C1 to C10, Canister method: Method 3900. In Ashley K., O'Connor PF, eds. NIOSH manual of analytical methods (NMAM®). 5th ed. Available at https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdf/3900.pdf. Washington, DC. 2018b.
Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali. (2011), DPR 177/2011 Regolamento Recante Norme per La Qualificazione Delle Imprese e Dei Lavoratori Autonomi Operanti in Ambienti Sospetti Di Inquinamento o Confinanti.
Ra, K., Teimouri Sendesi, S.M., Nuruddin, M., Zyaykina, N.N., Conkling, E.N., Boor, B.E., Jafvert, C.T., Howarter, J.A., Youngblood, J.P., Whelton, A.J. (2019) Considerations for emission monitoring and liner analysis of thermally manufactured sewer curedin- place-pipes (CIPP). J. Hazard. Mater. 371, 540–549. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.097
Ratnayaka, D.D., Brandt, M.J. and Johnson, K.M. (2009), "Pipeline Design and Construction", Water Supply, doi: 10.1016/b978-0-7506-6843-9.00023-8.
Ryan LeBouf, Lisa Kobos, Dru Burns, Marcia Stanton, Rachel Bailey (2024) 64 Occupational exposure to styrene during cured-in-place pipe installations: An emerging issue - Annals of Work Exposures and Health, Volume 68, Issue Supplement_1, June 2024, Page 1, https://doi.org/10.1093/annweh/wxae035.023
Teimouri Sendesi, S.M., Ra, K., Conkling, E.N., Boor, B.E., Nuruddin, M., Howarter, J.A., Youngblood, J.P., Kobos,
Ra, K., Teimouri Sendesi, S.M., Howarter, J.A., Jafvert, C.T., Donaldson, B.M., Whelton, A.J. (2018) Critical review: surface water and stormwater quality impacts of cured-in-place pipe repairs. J. Am. Water Works Assoc. 110 (5), 15–32. https://doi.org/10.1002/awwa.1042.
Redaelli Elena (2013) "Forme di degrado del calcestruzzo", Focus: Durabilità delle costruzioni in calcestruzzo, Politecnico di Milano, Dipartimento di chimica ed Ingegneria Chimica "G. Natta"
Singh, B. and Goel, R.K. (1999), "Method of excavation", Rock Mass Classification, doi: 10.1016/b978-008043013-3/50020-1.
Smolyak, D. and Baran, Yu. (2020), "Method of using polyspast system for conducting emergency and rescue operations in a confined space (underground collectors, wells)", Fire Safety, Vol. 35, doi: 10.32447/20786662.35.2019.11.
Stojković, A. (2013), "Occupational safety in hazardous confined space", Safety Engineering, Vol. 3 No. 3, doi: 10.7562/se2013.3.03.05.
Sweet, T. and Katzev, D. (2018), "Highlighting innovation and sustainability by renewing AC pipelines with cured-in-place pipe", NASTT's 2018 No-Dig Show.
Zavašnik, J., Šestan, A. and Škapin, S. (2022), "Degradation of asbestos – Reinforced water supply cement pipes after a long-term operation", Chemosphere, Vol. 287, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131977
Water Research Foundation. (2015), "Development of an Effective Asbestos Cement Distribution Pipe Management Strategy for Utilities", Project #4480, available at: https://www.waterrf.org/research/projects/development-effective-asbestos-cement-distribution-pipe-management-strategy