

Risanamento in sito

La tecnologia CML per tubazioni metalliche di grande diametro

↓ Nel luglio 2009 si è aperto a Milano, il primo cantiere nel quale è stata utilizzata la tecnologia del CML per il risanamento di alcuni tronchi della rete acquedottistica. I risultati ottenuti sono stati eccellenti sia dal punto di vista tecnico che economico questo articolo ne fornisce la sintesi.



PLANIMETRIA

■ di Renzo Chirulli

IL PROGETTO DI MILANO

I lavori di Cement Mortar Lining, appaltati da Metropolitana Milanese Spa, hanno riguardato due diversi tronchi della rete acquedottistica milanese, localizzati in zona Inganni (via Ciconi, via dell'Allodola e via del Passero) ed in zona Cadorna (via Rossetti, via Mascheroni, via Petrarca, via Leopardi e via Saffi). Le tubazioni, oggetto di risanamento, sono in acciaio rivestite esternamente con bitume. Le lunghezze complessive dei tronchi risanati sono pari a circa 1.400 metri per il diametro DN1200 e pari a circa 1.300 metri per il DN1000. I lavori sono stati eseguiti dall'impresa specialistica Risanamento Condotte Srl nell'ambito del subappalto stipulato con l'ATI costituito dalle imprese appaltatrici Alli Alfredo Spa, Giavazzi Srl ed Edilscaviter Srl.

I lavori, progettati e diretti da Metropolitana Milanese Spa (progettisti gli ingegneri Fabio Marelli e Stefano Tani; direttore dei lavori l'Ing. Francesco Mongiardo, area manager acquedotto ing. Carlo Carrettini), hanno avuto inizio nel

luglio 2009 e con varie sospensioni, legate a ragioni tecnico-amministrative, si sono conclusi, comunque nel rispetto dei tempi contrattuali, nell'aprile del 2010. Nel complesso la durata effettiva delle lavorazioni specialistiche di risanamento è stata di circa 70 giorni lavorativi, incluse tutte le lavorazioni complementari quali la videoispezione preliminare e la pulizia interna delle condotte, con una produzione media aggregata giornaliera pari a circa 40 metri/giorno.

Ricordiamo che il CML è una tecnologia che permette di risanare, direttamente in sito ed in modalità senza scavi a cielo aperto (no-dig), tubazioni metalliche (acciaio e ghisa) sia per uso idrico che fognario. Consiste nell'applicazione, per proiezione, di uno strato a spessore controllato di malta cementizia, sulla parete interna della tubazione da risanare, dalla quale sono stati preliminarmente rimossi: ruggine, incrostazioni di varia natura ed eventuali rivestimenti interni preesistenti. La pulizia preliminare della tubazione viene condotta

solitamente con sistemi meccanici (ugelli pesanti, ugelli a catena, spazzole metalliche) e/o con idroscarifica ad alta ed altissima pressione (1.000-3.000 bar). Quest'operazione preliminare permette di preparare la parete interna della tubazione da risanare, eliminando tutte quelle parti male ancorate che potrebbero determinare un distacco della malta cementizia dal supporto.

Terminata la fase di pulizia preliminare, si procede all'applicazione dello strato di malta a spessore controllato, mediante un'apposita macchina, che viene chiamata *lining machine*. Per i lavori di Milano la *lining machine* è stata concepita e progettata dalla Risanamento Condotte in collaborazione con l'Ing. Chirulli e costruita presso un'officina meccanica della provincia di Milano. La *lining machine* utilizzata a Milano è completamente elettrica ed è dotata di tre motori a bordo, comandati da un PLC che permette un controllo estremamente preciso dei parametri di lavoro (portata della malta, velocità di rotazione della testina di

Risanamento in sito



www.trenchless.eu

© All rights reserved by Renzo Chirulli

LINING MACHINE, PROGETTATA, COSTRUITA ED UTILIZZATA NEL LAVORO DI MILANO



www.trenchless.eu

© All rights reserved by Renzo Chirulli



www.trenchless.eu

© All rights reserved by Renzo Chirulli

proiezione e velocità di traslazione del carro).

Anche la malta è stata confezionata, su specifica della Risanamento Condotte, da un produttore Italiano: la Draco Italiana Spa.

Questo significa che, benché il CML in situ sia nato in Australia oltre cento anni fa [1], la tecnologia di CML impiegata nei lavori di Milano è al 100% *made in Italy*. Questo non deve meravigliare, dal momento che, in passato, anche altre tecnologie no-dig, benché nate in altri paesi, una volta approdate in Italia hanno subito degli inevitabili adattamenti e trasformazioni, che spesso ne hanno elevato il livello di efficienza tecnico-economica e l'applicabilità anche in campi diversi da quelli nativi. È successo nel campo dell'*horizontal directional drilling* e delle attrezzature di perforazione guidata, è accaduto per i radar per la ricerca servizi ed ora accade anche nelle tecnologie di *relining*.

Il principale riferimento normativo della tecnologia del *in situ* CML è la norma tecnica ANSI/AWWA C602-06 che, insieme alla norma UNI EN 10298:2006, è stata prescritta in fase di gara e di esecuzione dei lavori. I riferimenti estesi delle norme citate sono riportati nella bibliografia ([2]; [3]).

Nel caso in esame lo spessore di malta applicato, nelle tubazioni risanate da 1.000 e 1.200 millimetri, è pari a 13 mm, come prescritto dalla normativa per tubazioni in acciaio sostanzialmente in buono stato, con una tolleranza di +4,8 mm e -1.6 mm. La lisciatura meccanica dello strato di malta, che in genere viene realizzata con apposite lame orbitali o frattazzi conici, non è stata condotta nel caso in esame, a causa di un'ovalizzazione delle tubazioni superiore al 2,5 %. Lo strato di malta al finito, in assenza di lisciatura meccanica, presenta una scabrezza pari a 90 (Hazen-Williams), il che la rende perfettamente compatibile con l'esercizio delle tubazioni. Quando la lisciatura meccanica è possibile la scabrezza assume valori, sempre in termini di coefficiente di Hazen-Williams, compresi tra 120 e 130.

Alla fine del trattamento la superficie interna delle tubazioni risanate si presenta monolitica, perfettamente impermeabile sino a pressio-

ni molto elevate e senza più alcun elemento metallico in contatto con l'acqua. In particolare, anche in presenza di fori passanti nella parete metallica del tubo, uno strato di malta cementizia di oltre 13 mm di spessore, come quello realizzato nel caso in esame, oltre ad intasare completamente e perfettamente fori con diametri sino ad 1 pollice (25,4 mm) è in grado di impedire la filtrazione dell'acqua, in corrispondenza di tali fori, sino ad una pressione interna di oltre 80 bar, resistendo a pressioni di scoppio ben oltre i 100 bar. Nella realtà i fori passanti difficilmente presentano un diametro superiore ai 10-15 mm; in tal caso le pressioni di scoppio possono superare i 250 bar. Si rimanda agli articoli citati nella bibliografia ([4]; [5]) per maggiori approfondimenti relativi a tali aspetti della tecnologia.

Oltre ai risultati prettamente tecnici, ottenuti con l'impiego di questa tecnologia, vi sono altri risultati, assai più rimarchevoli, che l'intervento di Milano ha permesso di conseguire.

VANTAGGI ECONOMICI ED AMBIENTALI

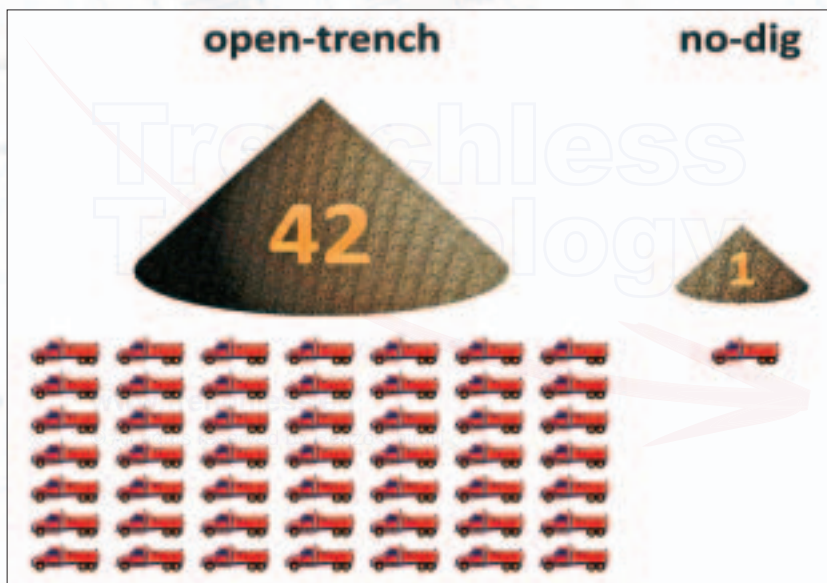
La costante attenzione alle nuove tecnologie, abbinata alla ricerca di soluzioni che consentano minori impatti sulla mobilità urbana, una cospicua riduzione dei costi diretti, un abbattimento dei costi indiretti e degli impatti ambientali connessi alle operazioni di scavo, ha portato Metropolitana Milanese, come proposto in sede di pianificazione degli interventi sulle reti in gestione e approvato dall'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale della Città di Milano, a progettare e realizzare, con sempre maggiore impegno, interventi di risanamento delle reti esistenti condotti con tecnologie a basso impatto ambientale di tipo no-dig, con evidenti vantaggi in termini di costi e tempi di realizzazione e con una notevole riduzione dell'impatto dei lavori sul territorio cittadino.

L'analisi costi-benefici ha evidenziato, nel caso in esame, gli eccellenti risultati prestazionali della tecnica CML, impiegata nel risanamento di tubazioni (con diametri

pari a 1.000 e 1.200 millimetri) facenti parte delle principali arterie acquedottistiche cittadine.

Un primo risultato consiste nel significativo risparmio conseguito sui costi di costruzione rispetto ad una soluzione più tradizionale con sostituzione delle tubazioni mediante scavo a cielo aperto. Il risparmio in tal senso ha superato il 75%. Ciò significa che la soluzione no-dig con CML, nel progetto di Milano, ha permesso una spesa inferiore di circa 5 a 6 volte rispetto ad un intervento effettuato con tecnologia tradizionale. Si tratta di un risparmio per l'ente appaltante ragguardevole, specie in un periodo di scarsità di risorse finanziarie come quello attuale.

Ma il risparmio, in termini generalizzati, non è solo per l'ente appaltante. Se infatti valutiamo anche i così detti *costi indiretti generalizzati* e gli impatti ambientali legati alle due diverse ed alternative tecniche esecutive (la sostituzione tradizionale con scavo a cielo aperto ed il risanamento no-dig con CML), allora è evidente che il costo generalizzato di



CONFRONTO TRA TECNICA TRADIZIONALE CON SCAVO A CIELO APERTO E TECNICA NO-DIG DI CML: RIDUZIONE DEI MOVIMENTI DI MATERIE E SPOSTAMENTI DI MEZZI PESANTI, È STATA PARI AL 98%, OVVERO 42 AD 1



Risanamento in sito

un risanamento no-dig mediante CML arriva ad essere sino a 8-10 volte inferiore a quello con tecniche tradizionali di sostituzione con scavo a cielo aperto (*open-trench*).

Per comprendere quanto consistente sia l'abbattimento dei costi indiretti generalizzati e degli impatti ambientali, basti pensare che se il rinnovamento dei 2.700 metri di tubazioni fosse stato condotto con sostituzione tradizionale con scavi a cielo aperto, le opere avrebbero comportato movimenti di materie (demolizione di pavimentazioni, scavo di terre, rinterri e ripristini di pavimentazioni) per quasi 91.000 m³, corrispondenti a circa 153.000 tonnellate di materiale da movimentare con un numero di spostamenti di mezzi pesanti (oltre le 40 tonnellate) verso le discariche, e dalle cave di prestito e gli impianti di betonaggio, superiore ai 3.800 passaggi. Con la tecnologia no-dig del CML, nel lavoro di Milano, gli scavi si sono limitati alla realizzazione di circa 14 pozzi di servizio, con movimenti di materie per poco più di 2.100 m³, corrispondenti a circa 3.600 tonnellate (ovvero poco più di 90 passaggi di mezzi pesanti). La riduzione dei movimenti di materie, e corrispondentemente di spostamenti di mezzi pesanti, è stata quindi pari quasi al 98%, ovvero 1 a 42.

Ma l'abbattimento dei costi indiretti generalizzati e degli impatti ambientali è anche maggiore di questa percentuale appena calcolata, seppur ragguardevole.

Se si tiene conto, infatti, delle ore-lavoro dei mezzi pesanti utilizzati per l'escavazione e per il ripristino di rinterri e pavimentazioni è evidente che gli effetti negativi, di un cantiere con scavo a cielo aperto, danno luogo a costi indiretti generalizzati ed impatti ambientali che, con soluzioni senza scavo a cielo aperto (no-dig), non si hanno affatto. Una valutazione di dettaglio è tuttora in corso, e farà da modello di riferimento per futuri lavori simili in area urbana.

Vi sono poi le risorse economiche perse a causa del rallentamento o della congestione del traffico urbano (carburanti, minore produzione individuale da perditempo, ecc.), causati dalle interruzioni o dal restringimento delle strade, conse-

guente all'apertura delle trincee a tutta lunghezza e dalla circolazione dei mezzi pesanti per il trasporto di materie.

A queste risorse economiche perse si aggiungono quelle spese per l'indisponibilità temporanea delle aree di parcheggio. Per non parlare dei contraccolpi negativi sulle eventuali attività economiche locali (esercizi commerciali, bar, ristoranti, ecc.) che in occasione dell'apertura di cantieri con scavi a cielo aperto, vedono ridurre significativamente l'afflusso di clienti e quindi dei fatturati.

Accanto ad una modellistica di valutazione di tali costi, già perfezionata ed utilizzata ([6], [7], [8]), è attualmente in corso una valutazione comparativa dei costi indiretti generalizzati, nonché degli impatti ambientali, nel confronto tra una sostituzione tradizionale con scavi a cielo aperto (*open-trench*) ed il risanamento con tecnologia no-dig (in situ CML). Questa valutazione comparativa, fondata anche sull'utilizzo delle metodologie di analisi proprie del LCA (*Life Cycle Assessment*),

nasce nell'ambito di una collaborazione avviata tra l'Ing. Chirulli e la Prof. Valeria Mezzanotte del Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca. I risultati di questo studio verranno pubblicati nell'ambito di un convegno dal titolo *"Impatto sull'ambiente dei materiali e dei metodi utilizzati nell'installazione e nella riabilitazione di condotte"* in programma a Milano nel novembre 2010.

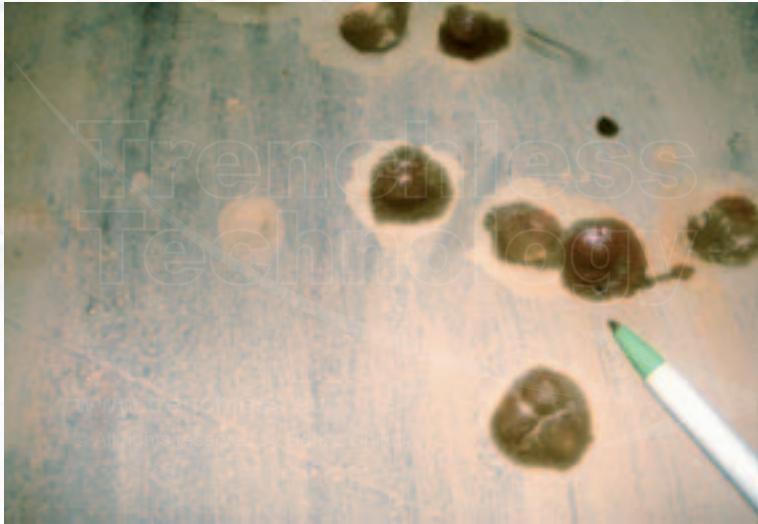
A questo notevole risparmio di risorse economiche ed abbattimento di impatti ambientali, si uniscono anche altri fattori che rendono la riabilitazione con tecnologia CML preferibile rispetto a tutti gli altri metodi, tradizionali e non, di rinnovamento delle tubazioni metalliche per acquedotto. Si tratta in particolare della produttività in fase di esecuzione dei lavori e del prolungamento del periodo di vita utile della tubazione risanata.

Nel lavoro in esame la produttività media aggregata, calcolata considerando tutte le lavorazioni occorrenti per dare l'opera finita, è stata

piuttosto bassa (circa 40 metri/giorno) se confrontata con la produttività ottenibile, in condizioni ottimali, con tecnica di CML. Questa produttività, in altri casi, ha infatti facilmente raggiunto e superato i 250 metri giorno [9]. Nel caso di Milano questa produzione giornaliera, relativamente bassa, è conseguente alle numerose deviazioni piano-altimetriche delle condotte risanate (dovute a superamenti di altri sottoservizi), all'inserimento di nuovi organi di manovra e di nuovi collegamenti alle reti esistenti nonché ad un'inevitabile fase di "rodaggio" della metodologia no-dig in un ambito produttivo abituato a tecniche di lavoro, e quindi tempistiche, più tradizionali.

I 40 metri al giorno misurati in questa prima sperimentazione su Milano, nel confronto con la produttività media aggregata possibile con metodi tradizionali con scavo a cielo aperto, rappresentano comunque un risultato significativamente migliorativo. Inoltre siamo certi che nell'applicazione futura di questa tecnologia in Italia, il

Risanamento in sito



LE VAIOLATURE, CON ASSOTTIGLIAMENTO DELLA PARETE DELLA TUBAZIONE METALLICA, RILEVATE ALL'INTERNO DI UNA DELLE TUBAZIONI DN1200



UN TRONCHETTO DI TUBAZIONE METALLICA DN80, PRELEVATO DA UN ACQUEDOTTO INGLESE IN VIA DI DISMISSIONE, NEL QUALE OLTRE 50 ANNI FA ERA STATO APPLICATO UN RIVESTIMENTO INTERNO IN MALTA CEMENTIZIA CON SPESSORE PARI A 6 MM

risultato in termini di produttività media aggregata potrà significativamente migliorare.

Un'altro aspetto rilevante riguarda la durabilità nel tempo dello strato di malta cementizia, in quanto detta durabilità è in relazione diretta con il prolungamento del periodo di vita utile della tubazione risanata. Quando il fenomeno degenerativo della tubazione metallica consiste infatti in corrosione, che nasce sulla parete interna del tubo e procede verso l'esterno, allora il trattamento di CML permette di arrestare il fenomeno, eliminare gli effetti sulla tenuta idraulica (fori passanti e vaiolature) e preservare nel tempo la tubazione risanata, attraverso la protezione della parete interna della tubazione metallica, che si attua grazie all'applicazione,

su tale superficie, di un materiale (la malta cementizia) basico, compatto ed impermeabile.

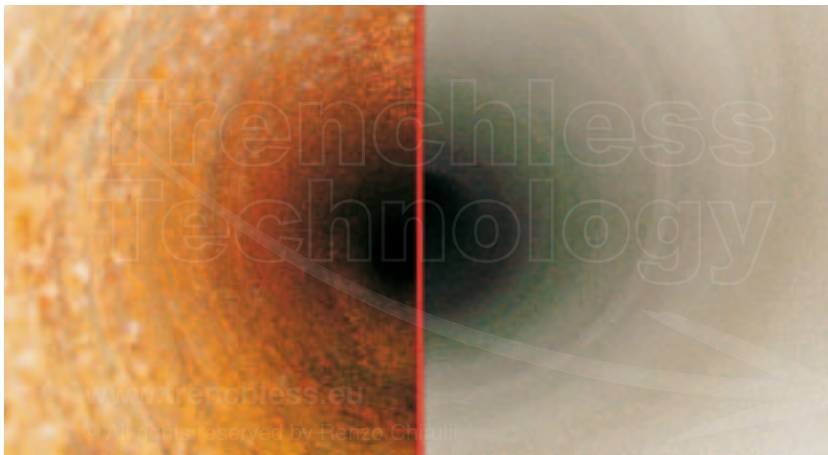
La malta cementizia infatti, quando è costantemente immersa in acqua potabile, è soggetta ad un fenomeno di risanamento autogeno (*autogenous healing* o *self-healing*) ben noto ([2]; [3]) grazie al quale si verifica la auto-sigillatura di lesioni (fino a 1.6 mm di ampiezza) che permette, allo strato di malta, di mantenersi compatto ed impermeabile. La natura basica della malta cementizia è invece una sua caratteristica chimica intrinseca. L'ambiente basico, a diretto contatto con il metallo, inibisce la formazione di ossidi, prevenendo quindi il verificarsi di nuovi fenomeni corrosivi.

Per questo motivo una tubazione

metallica risanata con CML, può facilmente restare in servizio, dopo il risanamento, per ulteriori 50 anni ed oltre. In figura 6 è mostrato un tronchetto di tubazione metallica, prelevato da un acquedotto inglese in via di dismissione, nel quale oltre 50 anni fa era stato applicato un rivestimento interno in malta cementizia. Lo strato, dopo 50 anni di esercizio continuo, appare molto compatto e ben ancorato al supporto. Il metallo della tubazione, che appare visibilmente corrosivo all'esterno, è perfettamente integro nelle parti interne a diretto contatto con la malta.

Del resto questa tecnica, nata in Australia nel 1905 e standardizzata per la prima volta negli USA nel 1936 ([1]) deve la sua diffusione (specie negli USA, in Gran Bretagna ed in Germania) proprio per le caratteristiche tecnico-economiche sin qui evidenziate. Nei paesi citati il CML ha permesso il risanamento di centinaia di migliaia di chilometri di tubazioni per acquedotto, di condotte fognarie, di impianti antincendio, e di altre tubazioni metalliche destinate al trasporto di liquidi. Lo sviluppo di malte speciali, dotate di particolarissime caratteristiche meccaniche e chimiche, ne hanno ampliato ultimamente il già ampio campo di impiego.

In futuro, grazie anche ai risultati misurati nel lavoro di Milano di Metropolitana Milanese Spa, ci si attende un'ampia diffusione di questa tecnologia anche in Italia. ■



IL CEMENT MORTAR LINING PERMETTE DI RIPORTARE A NUOVO TUBAZIONI METALLICHE INTERESSATE DA QUADRI CORROSIVI ANCHE MOLTO SPINTI

Riferimenti bibliografici

- [1] - North American Society for Trenchless Technology - *Water Pipeline Rehabilitation Method Fact Sheet - "Cement Mortar Lining (non-reinforced)"* - March 1, 1999
- [2] ANSIIAWWA C602-06 *"Cement Mortar Lining of Water Pipelines in Place - 4 In. (100 mm) and Larger"* - American Water Works Association & American National Standards Institute - USA, 2006
- [3] - UNI EN 10298:2006 - *"Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimento interno con malta cementizia"* - Febbraio 2006
- [4] - R. Chirulli - *"Risanamento non distruttivo di condotte interrate ed aeree, mediante Cement Mortar Lining"* - Workshop CSDU & Università di Bologna *"La Progettazione e la gestione dei sistemi acquedottistici e fognari"* - H2O IX Mostra Internazionale delle tecnologie per il trattamento e la distribuzione dell'acqua potabile e il trattamento delle acque reflue - Ferrara, 21-23 maggio 2008
- [5] - R. Chirulli - *"Risanamento non distruttivo di condotte per acquedotto"* - Servizi a Rete n. 4, Luglio-Agosto 2008 - Tecnedit, Milano
- [6] - R. Chirulli - *"IGC: Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati e calcolo degli oneri di concessione per interventi sulle reti tecnologiche interrate"* - Le Strade - n.10, Ottobre 2004 - Casa Editrice La Fiaccola S.r.l - Milano
- [7] - R. Chirulli - *"Progetto No-Dig - Vol. 1 - Introduzione alle Tecnologie No-Dig"* - Editrice La Fiaccola - 2005
- [8] - R. Chirulli - *"Inefficiency Level, an adimensional index in the Indirect Generalized Costs comparisons"* - XXV No-Dig International Conference - Official Proceedings - Roma, Settembre 2007
- [9] - BROCHIER, Ltd. Prague - *"OSTRAVA REGIONAL DRINKING WATER SUPPLY - 3rd FEEDER Trenchless Rehabilitation of a DN 1600 Pipeline by Cement Spraying"* - ISTT Award 2007 - No-Dig Mediterranean 2007 - Rome, Sept. 10-12.

**Renzo
Chirulli**

L'AUTORE

rchirulli@nodig.it

Ingegnere libero professionista, si occupa dal 1994 di sviluppo ed applicazioni di tecnologie no-dig. Lavora come consulente per diverse imprese ed aziende industriali attive in questo settore. Ha collaborato con diversi enti gestori per favorire l'impiego del no-dig. Attraverso l'organizzazione di corsi specialistici sulle tecnologie trenchless, cura la formazione di progettisti e responsabili dei lavori e collabora con diverse sedi universitarie nelle quali è chiamato come esperto della materia. Tra memorie tecnico-scientifiche, articoli divulgativi e libri ha all'attivo oltre 70 pubblicazioni nazionali ed internazionali sulla materia. Di prossima pubblicazione il testo "Manuale di Tecnologie no-dig".