



TECNOLOGIE TRENCHLESS E RIDUZIONE DEI RISCHI

● di Luca Rossi

ricercatore, Dipartimento Tecnologie di Sicurezza - ex ISPESL

INAIL

Osservatorio a cura dell'Ufficio Relazioni con il Pubblico
Dipartimento Processi Organizzativi

L'attività di scavo è, dopo i lavori in quota, quella che provoca il maggior numero di infortuni mortali nei cantieri temporanei o mobili. Per alcune attività, come la realizzazione di condotte interrate, è possibile l'adozione di tecnologie alternative denominate *no dig* o *trenchless* (letteralmente "senza scavo" o "senza trincea") che consentono più dei sistemi tradizionali (con opere di contrasto e di sostegno delle pareti) di ridurre e, in alcuni casi, di eliminare i rischi derivanti dalle lavorazioni.

Il D.Lgs. n. 81/2008, all'art. 119, ha previsto che nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, è necessario provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno. La realizzazione di condotte interrate presuppone l'esecuzione di trincee la cui protezione è affidata ad attrezzature di sostegno e di puntellazione, realizzate in legno o in acciaio. Le tecnologie *trenchless*¹⁾ consentono, invece, di non eseguire lo scavo o di eseguirlo in alcuni punti strategici del tracciato, rea-

lizzando successivamente nel sottosuolo fori orizzontali e sub-orizzontali per la posa della tubazione. Queste tecnologie, nate per superare gli attraversamenti di ferrovie, di strade e di canalizzazioni, oltre a ridurre al massimo il rischio di seppellimento, limitano l'impatto negativo nelle zone urbane dovuto alla posa dei sottoservizi con tecniche di scavo a cielo aperto e consentono anche di effettuare manutenzioni e controlli non invasivi sulle reti di servizio, senza rimuovere i materiali e/o i manufatti che si trovano al di sopra dell'eventuale tracciato.

TIPOLOGIE

Le tecnologie *trenchless* si suddivi-

dono convenzionalmente in cinque gruppi, in base alle loro caratteristiche:

- indagini conoscitive;
- perforazioni orizzontali guidate;
- perforazioni orizzontali non guidate;
- tecnologie associate;
- riutilizzo e sfruttamento di infrastrutture esistenti.

Sarà fornita una sintetica descrizione in riferimento all'ambito di applicazione, ai vantaggi di impiego, nonché ai limiti applicativi e, conseguentemente, alla possibilità di ridurre o di eliminare il rischio derivante dall'attività di scavo. Le indagini conoscitive sono menzionate in quanto, convenzionalmen-

1) Per la redazione di questo approfondimento si ringrazia la IATT Italian Association for Trenchless Technologies, una associazione nazionale di categoria senza fini di lucro fondata nel 1994 con il fine di promuovere le tecnologie a basso impatto ambientale. La filosofia base della IATT consiste nel ricercare ed applicare soluzioni innovative per aumentare la sicurezza e limitare gli scavi ed il danneggiamento delle strade durante la realizzazione e la manutenzione di condotte interrate.



Tabella 1

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

● Normativa di riferimento

Legge 2 febbraio 1974, n. 64	«Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche»
Decreto del Ministero dei Lavori pubblici 11 marzo 1988	«Norme tecniche sulle indagini su terreni e rocce, stabilità dei pendii e scarpate, criteri generali e prescrizioni per progettazione, esecuzione e collaudo di opere di sostegno di terre ed opere di fondazione»
Circolare del Ministero dei Lavori pubblici - Servizio tecnico centrale 24 settembre 1988, n. 30483	«Legge 2 febbraio 1974 n. 64, art. 1 D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche sulle indagini su terreni e rocce, stabilità dei pendii e scarpate, criteri generali e prescrizioni per progettazione, esecuzione e collaudo di opere di sostegno di terre ed opere di fondazione»
D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475	«Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 Dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai Dispositivi di protezione individuale»
Legge 3 agosto 2007, n. 123	«Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia»
D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81	«Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro»

te, fanno parte delle tecnologie *trenchless*.

INDAGINI CONOSCITIVE

Sistemi Georadar**(Ground Penetrating Radar, GPR)**

La tecnologia consente di rivelare, in modo non distruttivo e non invasivo, la presenza e la posizione di oggetti presenti nel sottosuolo, fino a una profondità di diversi metri, utilizzando il fenomeno della riflessione delle onde elettromagnetiche a particolari frequenze. Il suo impiego è condizionato principalmente dalle caratteristiche geologiche del terreno (la presenza di acqua, infatti, attenua la capacità di penetrazione dell'onda elettromagnetica) e dal tipo di oggetti presenti nel sottosuolo (per esempio la presenza di maglie metalliche).

Telecamere (Sistemi CCTV)

La tecnologia consente di ispeziona-

re la superficie interna delle condotte idriche, fognarie e del gas, nonché di serbatoi, di pozzi e di cisterne. È impiegata prevalentemente per analizzare lo stato delle condotte e progettare il loro risanamento, in quanto permette di valutarne le dimensioni reali, di individuare la presenza di fratture, di intrusioni o di infiltrazioni, nonché di eventuali allacci abusivi.

Ispezioni con pig intelligenti

La tecnologia permette di ispezionare le tubazioni in acciaio con strumenti, i cosiddetti *pig intelligenti*, in grado di registrare le condizioni delle condotte e di evidenziare difetti con un'elevata accuratezza, con precisione anche millimetrica.

Cercatubi

La tecnologia permette l'indivi-

duazione nel sottosuolo di strutture metalliche (cavi e condotte), sfruttando la proprietà di generazione di campi magnetici. Propeudeutica alle operazioni di scavo a cielo aperto, non fornisce tuttavia indicazioni sulla profondità degli oggetti presenti nel sottosuolo, né individua strutture sotterranee di materiale diverso.

PERFORAZIONI ORIZZONTALI GUIDATE

Trivellazione orizzontale guidata**(Horizontal Directional Drilling)**

La tecnologia consente la posa di tubazioni in polietilene o acciaio, di diametro compreso tra 40 e 1600 mm, adatte per la fornitura di tutti i tipi di sottoservizi. La posa avviene mediante una trivellazione guidata elettronicamente dal punto di ingresso a quello di arrivo, senza la



necessità di effettuare scavi a cielo aperto.

Questo sistema di posa prevede:

- la realizzazione di un foro pilota mediante l'introduzione nel punto di ingresso di una colonna di aste, con un utensile di perforazione posto in testa;
- il raggiungimento del punto di uscita e il montaggio sulla testa di perforazione di un opportuno alesatore che permette di allargare il diametro del foro fino al raggiungimento delle dimensioni utili alla posa dei tubi previsti;
- la posa dei tubi;
- il ripristino dei punti di ingresso e di uscita.

La trivellazione orizzontale guidata è particolarmente adatta per il superamento di ostacoli, quali fiumi, canali, strade di grande comunicazione, aree pubbliche, e trova impiego anche nel consolidamento di versanti franosi e nel risanamento e contenimento di siti inquinati. L'impiego di questa tecnologia può essere condizionato dalla presenza di pietre o rocce di dimensioni notevoli o in terreni sciolti, quali ghiaia o sabbia. Inoltre, a seconda del diametro della condotta che deve essere posata e della lunghezza dell'impianto che deve essere realizzato, le dimensioni dell'area di cantiere possono essere tali da impedirne l'apertura in area urbana.

Rod pusher

Questa tecnologia è un particolare tipo di trivellazione orizzontale guidata con macchinari di piccole dimensioni e per la posa di tubazioni di diametro compreso tra 50 e 160 mm e, necessitando di ridotte aree di cantiere, risulta particolarmente conveniente in ambito urbano, qualora sia possibile utilizzare, come punto di partenza, caverette esistenti.

Microtunneling

Questa tecnologia consente la posa di tubazioni in acciaio, in calcestruzzo o in gres ceramico di diametro compreso tra 250 e 2.500 mm. La posa avviene mediante la spinta, da un pozzo di partenza fino a uno di arrivo, di tratti di tubo della lunghezza variabile da 1 a 3 metri. Sul tratto iniziale della tubazione è installata una fresa o una trivella con testa orientabile, che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

La tecnologia è prevalentemente impiegata per la posa di condotte idriche e fognarie, in generale di grandi dimensioni, e può essere utilizzata con buoni risultati su tutti i tipi di terreno. L'impiego di questa tecnica può essere condizionato, soprattutto in area urbana, dalla necessità di avere a disposizione aree estese per l'installazione del cantiere.

Tunnel boring machine (TBM)

La tecnologia TBM è assai simile a quella del *microtunnel* e consente di realizzare tunnel di grandi dimensioni (diametri tra 2500 e 12.000 mm), di notevole lunghezza e in qualsiasi tipo di terreno, con l'uso di frese rotanti seguite o meno da rivestimenti o rinforzi del tunnel.

PERFORAZIONI ORIZZONTALI NON GUIDATE

Raise borer

La tecnologia consente la realizzazione di pozzi da verticali a molto inclinati (di solito non si va al di sotto di 30°), con un sistema di trivellazione simile a quello dell'*Horizontal Directional Drilling*. Il foro pilota è poi alesato per raggiungere le dimensioni volute.

È una tecnologia utilizzata per po-

sare tubazioni (acquedotti, metanodotti, oleodotti) superando scarpate rocciose senza intaccarne il fronte visibile, rispettando così l'aspetto paesaggistico ed evitando costosi e problematici interventi di ripristino. La base della perforazione è solitamente raggiunta tramite un breve tunnel scavato alla base del pendio.

Mole (siluro)

La tecnologia consente la posa di tubazioni di diametro compreso tra 90 e 180 mm realizzata tramite perforazione a secco, con sistemi di spinta ad aria compressa, da una buca di partenza fino a una di arrivo. Il tubo è posato direttamente durante la perforazione, collegandolo alla coda della lancia mediante opportuni attacchi. Non potendo apportare correzioni significative alla traiettoria della perforazione, questa dovrà essere orientata opportunamente all'avvio alla giusta profondità.

Il suo impiego è ottimale per lunghezze limitate di posa e in ambito urbano, per via delle ridotte dimensioni dei macchinari, mentre è condizionato dalla presenza di trovanti di significative dimensioni rispetto al macchinario.

Spingitubo

La tecnologia consente la posa di tubazioni di diametro compreso tra 600 e 1.500 mm; è analoga al *microtunnelling* ma si differenzia da questo per l'assenza di fresa posta sulla testa di perforazione e per il fatto che lo scavo non può essere direzionato. È prevalentemente adottata per l'attraversamento di linee ferroviarie e stradali ed è adatta per perforazioni di lunghezza limitata. Il suo impiego non è fattibile in presenza di terreni rocciosi o di falde acquifere e può es-



sere condizionato in ambito urbano dalla necessità di avere a disposizione un'area di cantiere di dimensioni notevoli.

TECNOLOGIE ASSOCIATE

Minitrincea

La tecnologia permette la posa dell'infrastruttura di sottoservizi (idrici, energia elettrica, telecomunicazioni) attraverso l'esecuzione, contemporanea o meno, della fresatura del manto stradale (larghezza massima 15 cm e profondità massima di 40 cm), la successiva posa dei tubi e, infine, il riempimento del solco con malta cementizia. La tecnica è particolarmente applicabile su tracciati che contemplino, generalmente, superfici asfaltate o cementate, aventi un sottofondo di materiale compatto.

Le attrezzature impiegate sono di dimensioni tali da consentire di allestire cantieri in spazi estremamente contenuti, permettendone un agevole utilizzo sia in ambito urbano sia extraurbano.

Microtrincea

Questa tecnologia è analoga alla minitrincea, tuttavia, sia lo scavo sia le attrezzature impiegate sono di ridottissime dimensioni; in particolare, il taglio della pavimentazione ha una larghezza massima di 1,6 cm con una profondità massima di 15 cm. Questa tecnologia risulta particolarmente adatta, sia in ambito urbano che extraurbano, per la posa di sottoservizi su marciapiedi, strade, banchine e/o aree di parcheggio o *campus* universitari, dove le sollecitazioni sull'impianto, posato superficialmente, sono ridotte.

La posa in fogna

Questa tecnologia consente lo sfruttamento di infrastrutture fo-

gnarie esistenti ed è utilizzata prevalentemente per la posa di cavi elettrici o di telecomunicazioni. I sistemi sviluppati per il posizionamento o l'ancoraggio dei tubi o dei cavi nelle condotte fognarie sono di vario tipo e consistono:

- nell'utilizzo del cielo della condotta, dove sono ancorati i cavi o le canalette in metallo, opportunamente predisposte per resistere all'ambiente fognario;
- nel risanamento della condotta fognaria con tecniche di rivestimento interno, attraverso l'inserimento di tubazioni tra la condotta e la calza di rivestimento;
- nella posa di un particolare cavo - resistente agli agenti chimici - direttamente sul fondo della condotta.

Nelle condotte non percorribili dall'uomo, preliminarmente ispezionate attraverso sistemi video, si ricorre all'utilizzo di *robot* che provvedono al fissaggio del tubo o del cavo.

Tutti questi sistemi hanno il grande vantaggio di:

- non dover effettuare scavi lungo il percorso di posa e, quindi, non danneggiare la pavimentazione stradale;
- eseguire in maniera rapida le opere di posa;
- minimizzare l'impatto sull'ambiente e sul traffico veicolare.

RIUTILIZZO E SFRUTTAMENTO DI INFRASTRUTTURE ESISTENTI

Le tecniche di risanamento delle infrastrutture esistenti sono molteplici e possono essere suddivise in tre gruppi a seconda che l'installazione della nuova condotta comporti una riduzione, un aumento o il mantenimento delle dimensioni originarie della tubazione, come:

- l'installazione di nuove condotte con diametro inferiore a quello della condotta esistente;

- il risanamento di condotte esistenti con sistemi a guaina, resine e cemento;
- l'installazione di nuove condotte con diametro superiore a quello della condotta esistente.

Installazione di nuove condotte con diametro inferiore a quello della condotta esistente

1. Slip-lining

La tecnologia consente il rinnovamento di una condotta esistente, mediante l'inserimento di tubi in polietilene ad alta densità (*pead*) di diametro inferiore alla condotta che deve essere rinnovata, qualsiasi sia il materiale di quest'ultima. Le tratte che si possono realizzare sono di 300 m circa e dipendono dal diametro della condotta da posare, che può variare da 20 a 1000 mm, e dalla curvatura dello stesso.

Lo *slip lining* è particolarmente adatto per il rinnovamento di tubazioni idriche e del gas (fino a 630 mm) in ambito urbano ed extraurbano, permettendo anche di realizzare *ex novo* o di ripristinare le derivazioni d'utenza.

2. Compact Pipe/U-liner

Questa tecnologia consente il rinnovamento di una condotta esistente di qualsiasi materiale, mediante l'inserimento di tubi in *pead* ridotti di diametro, al momento della fabbricazione, mediante deformazione a "C" oppure a "U" e messi in opera con processo di reversione controllata in temperatura, mediante l'azione termica di vapore acqueo a 130°. La tecnologia fa parte delle cosiddette tecniche *close-fit lining*, in quanto la nuova condotta inserita, una volta riformata, aderisce perfettamente a quella esistente.

Queste tecnologie consentono la posa di tratte di tubazione di



estensione media fino a 250 m con diametri entro i 250 mm e di tratte di 100-150 m per diametri superiori (300-500 mm). *Compact pipe* e *U-liner* sono prevalentemente impiegati per rinnovamento di reti fognarie, di reti idriche e di gasdotti di sezione circolare, in ambito urbano ed extraurbano e permettono di realizzare *ex novo* o di ripristinare le derivazioni d'utenza.

3. Roll down

La tecnologia consente il rinnovamento di una condotta esistente mediante l'inserimento di tubi in *pead* di diametro ridotto a freddo in campo, fino al 19%, mediante trafilatura assiale. A inserzione terminata il tubo è riportato alla misura *standard* attraverso una pressurizzazione con acqua fredda o aria, fino ad adesione perfetta alle pareti del tubo che deve essere rinnovato (processo *close-fit lining*). Il *roll-down* permette la posa di tratti di tubazione fino a 300 m con diametri fino a 500 mm ed è prevalentemente impiegato per il rinnovamento di tubazioni idriche e del gas di sezione circolare, in ambito urbano ed extraurbano, permettendo di realizzare *ex novo* o di ripristinare le derivazioni d'utenza.

L'applicazione di questa tecnologia è fortemente condizionata dalla presenza di curve, variazioni angolari multiple o singole superiori ai 3-5°, che costituiscono, quindi, necessariamente, punti di interruzione dell'inserzione.

4. Subline

La tecnologia consente il rinnovamento di una condotta esistente, di sezione circolare, mediante l'inserimento di tubi in *pead* di diametro ridotto per deformazione che deve essere effettuata in cantiere. A inserzione terminata il tubo è riportato a misura originaria attraverso la pressurizzazione con aria a tempe-

ratura ambiente che determina la successiva perfetta adesione della nuova tubazione alla condotta esistente (tecnica *close-fit lining*).

La tecnologia permette di eseguire inserzioni per tratte fino a 400 m per diametri fino a 1.600 mm e l'impiego è ideale per il rivestimento di condotte in qualsiasi materiale, sia in ambito urbano che extraurbano.

5. Slim liner

Consente il rinnovamento di una condotta esistente di sezione circolare, mediante inserimento di tubi in *pead*, di limitato spessore deformati a "C" al momento della fabbricazione, che sono messi in opera con un processo di reversione controllata in pressione d'aria o acqua fredda, aderendo perfettamente alla tubazione esistente (tecnica *close-fit lining*).

La tecnologia permette di eseguire il rinnovamento di tubazioni per tratte fino a 300 m di diametro compreso tra 75 e 300 mm.

Risanamento di condotte esistenti con sistemi a guaina, resine e cemento

1. Pipe coating

Il *pipe coating* consente il rivestimento di una condotta esistente, mediante l'utilizzo di resine epossidiche spruzzate con appositi *robot*, all'interno della condotta stessa. È impiegata prevalentemente per il risanamento di condotte idriche e fognarie, permettendo di migliorarne le caratteristiche chimiche delle pareti ed è particolarmente adatta per il rinnovamento di condotte con rivestimenti interni pericolosi (cemento-amianto) o che presentano ossidazioni.

2. Cement Mortar Lining

La tecnologia consente il rivestimento di una condotta esistente,

mediante l'utilizzo di malta cementizia spruzzata, con appositi *robot*, all'interno della condotta, permettendone l'allungamento della vita utile (oltre 50 anni). È impiegata prevalentemente per risanare tubazioni idriche metalliche sia in ambito urbano che extraurbano ed è particolarmente adatta in caso di condotte con rivestimenti interni pericolosi (cemento-amianto) o che presentano lesioni od ossidazioni.

3. Cured in place pipe

Questa tecnologia consente la riabilitazione di una condotta o un manufatto tramite la retroversione con guaina in feltro o feltro-tessile impregnata con un'opportuna resina termoindurente avente uno strato esterno in materiale plastico resistente chimicamente e fisicamente al fluido da convogliare. Una delle parti terminali è fissata alla bocca di uscita e la messa in pressione con aria provoca l'avanzamento della guaina nella condotta da risanare. La tecnologia consente il rinnovo di tubazioni di diametro compreso tra 200 e 2.000 mm ed è prevalentemente impiegato per reti idriche e fognarie, sia in ambito urbano che extraurbano.

Installazione di nuove condotte con diametro superiore a quello della condotta esistente

1. Pipe bursting

La tecnologia consente la sostituzione di una condotta esistente costituita da materiali fragili (ghisa, gres, cemento, cemento-amianto, pvc) con una nuova per mezzo di un sistema di aste azionate idraulicamente. Il sistema prevede:

- l'introduzione delle aste dal punto di partenza a quello di arrivo;
- l'applicazione nel punto di arrivo di un utensile tagliente, che frantumata la vecchia condotta, di



un'ogiva conica, che costipa i frammenti, e della nuova tubazione;

- l'estrazione dal punto di arrivo del sistema di aste che trascina la nuova condotta nella sede occupata da quella vecchia.

La tecnologia permette l'esecuzione di tratte di variabili da 80 a 150 m ed è prevalentemente adottata per il rinnovamento di reti idriche, fognarie e del gas. L'impiego è condizionato dalla presenza nelle vicinanze di altri sottoservizi (specie fognature in cemento/gres) che potrebbero essere danneggiati per compressione.

2. Pipe splitting

La tecnologia è analoga alla precedente, ma consente la sostituzione di una condotta esistente costituita da materiali duttili (ghisa sferoidale, acciaio).

VALUTAZIONE DEI RISCHI

La valutazione è quell'attività, globale e documentata, con la quale sono esaminati tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui prestano la propria attività, finalizzata a individuare le adeguate misure di prevenzione e di protezione e a elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e di sicurezza [D.Lgs. n. 81/2008, art. 2, lettera q)].

L'analisi dei rischi deve evidenziare in ogni istante dell'attività lavorativa se c'è un rischio grave per la salute, quindi, capace di procurare morte o lesioni gravi e di carattere permanente, che il lavoratore non è in grado di percepire tempestivamente prima del verificarsi dell'evento e ogni qualsiasi altro pericolo che possa comportare rischi per la salute e la sicurezza.

Un'attività è "pericolosa" quando

potenzialmente è in grado di causare un danno e per "rischio" si intende la probabilità che un evento si verifichi per il danno che ne potrebbe derivare.

In questo contesto è di fondamentale importanza considerare quanto previsto dall'art. 15, D.Lgs. n. 81/2008, riguardante le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro. Queste misure presuppongono «la valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza» [comma 1, lettera a)] e, successivamente, «l'eliminazione dei rischi e, ove ciò non sia possibile, la loro riduzione al minimo in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico» [comma 1, lettera c)], «la riduzione dei rischi alla fonte» [comma 1, lettera e)] e «la sostituzione di ciò che è pericoloso con ciò che non lo è, o è meno pericoloso» (comma 1, lettera f)].

Un'attività lavorativa può essere non pericolosa e a rischio nullo; in questo caso è possibile avviarla in condizioni di sicurezza. Se è pericolosa deve essere sostituita con un'altra «che non lo è o lo è meno» e/o se presenta un rischio questo deve essere eliminato o ridotto a livello accettabile.

Nella maggior parte dei casi, tuttavia, non è possibile eliminare i pericoli e/o ridurre i rischi a livello accettabile; questa circostanza impone di individuare e adottare misure tecnico-organizzative e dispositivi di protezione collettiva.

L'adozione delle tecnologie *trenchless* consente, invece, nella maggior parte dei casi, di eliminare il rischio perché non è effettuata l'attività pericolosa, lo scavo. È il caso delle perforazioni orizzontali guidate (tranne il *microtunneling* e il *tunnel boring machine*) e delle perforazioni orizzontali non guidate (se i diametri delle tubazioni da posare sono piccoli).

Le tecniche per il riutilizzo e lo sfruttamento di infrastrutture esistenti prevedono quasi sempre la creazione dei pozzi le cui dimensioni dipendono da una serie di fattori, tra i quali la profondità della condotta esistente, il tipo di tecnologia, la consistenza dei terreni, la pressione della condotta da cui dipende lo spessore del tubo che si utilizza come *liner* (nuova condotta), il tipo di pavimentazione ecc. Non esistono formule assodate che consentano di stabilire *a priori* le dimensioni dei pozzi; queste variano in relazione al tracciato della condotta e alle condizioni di superficie. Generalmente, i volumi degli scavi che devono essere effettuati, utilizzando queste tecnologie, rappresentano il 10% circa di quelli necessari per sostituire la stessa condotta con metodi tradizionali (ossia, con scavi a cielo aperto).

Da questo punto di vista le tecnologie *trenchless* rappresentano l'esempio concreto su come effettuare una corretta valutazione dei rischi. Una volta individuata l'attività pericolosa (la posa della tubazione con l'effettuazione dello scavo) la stessa deve essere sostituita con un'altra che non lo è o lo è meno (la posa della tubazione senza l'effettuazione dello scavo o con scavo di modesta entità). In questo modo è stato eliminato il rischio (non è effettuato lo scavo) o è stato ridotto al minimo (è effettuato uno scavo di ridotte dimensioni).

Le altre attività, per esempio, *microtunneling*, *tunnel boring machine*, spingi tubo, *pipe bursting*, *pipe splitting*, prevedono comunque lo scavo, non per tutta la condotta, ma solo per una parte di essa (pozzo di partenza, pozzo di arrivo, pozzi intermedi), per cui il rischio legato all'attività c'è ma è stato ridotto, è presente, quindi, un rischio residuo.

I rischi residui possono essere classificati come:



- prevalenti;
- concorrenti;
- legati all'attività lavorativa.

I rischi residui prevalenti sono:

- rischio di seppellimento;
- rischio di caduta dall'alto all'interno dello scavo.

I rischi residui concorrenti sono:

- innescanti il cedimento della parete di taglio;
- innescanti il cedimento del bordo dello scavo;
- innescanti la caduta dall'alto all'interno dello scavo;
- di natura atmosferica.

I rischi residui legati all'attività lavorativa sono quelli derivanti dall'esecuzione dello scavo e propri dello stesso e dipendono da:

- la stabilità di altre strutture che può essere compromessa dalla vicinanza dello scavo;
- la caduta di detriti dai bordi dello scavo;
- le polveri e le altre sostanze disperse in aria;
- l'investimento dei lavoratori a causa della movimentazione di macchine operatrici;
- il ribaltamento e l'uso improprio delle macchine operatrici;
- la presenza di reti di servizio (acquedotti, gasdotti, fognature, reti elettriche, reti di telecomunicazioni);
- la presenza di corsi o di bacini d'acqua;
- la presenza sul fondo dello scavo di armature e di casseforme.

RIDUZIONE DEI RISCHI

I rischi residui devono essere ridotti attraverso l'individuazione e l'adozione dei dispositivi di protezione collettiva (DPC). I sistemi di puntellazione per scavi e quelli di contrasto e di sostegno delle pareti sono i DPC normalmente utilizzati, sono realizzati completamente con componenti prefabbricati e possono essere distinti in:

- sistemi di puntellazione per scavi;
- sistemi di sostegno e di contrasto mediante infissione di palancole prefabbricate.

I sistemi di puntellazione per scavi sono definiti dalla UNI EN 13331-1: 2004, devono assicurare la stabilità delle pareti verticali e sono composti da diversi componenti prefabbricati assemblati fra loro che creano un sostegno blindato dello scavo.

I componenti strutturali principali costituiscono un modulo e comprendono i seguenti elementi, uniti in maniera tale da formare le tipologie di seguito indicate:

- i pannelli;
- i componenti di sostegno (puntelli fissi e regolabili, barre di prolunga, telai di sostegno);
- le armature del pannello;
- le rotaie di scorrimento;
- i collegamenti dei puntelli con i pannelli o le rotaie di scorrimento;
- le combinazioni integrate di armature/pannelli.

I sistemi di puntellazione metallici per scavi sono normati secondo quattro tipologie così definite:

- sistema di puntellazione per scavi supportato al centro (tipo CS);
- sistema di puntellazione per scavi supportato ai bordi (tipo ES);
- sistema di puntellazione per scavi su rotaia di scorrimento (tipo R), singola (RS), doppia (RD) o tripla (RT);
- sistema di puntellazione per scavi supportato ai bordi da trascinare orizzontalmente, cassa a trascinamento (tipo DB).

I sistemi di sostegno e di contrasto mediante infissione di palancole prefabbricate sono costituiti da elementi in acciaio (le palancole, appunto), di opportuno profilo, provvisti di incastri (guida metallica o gargame) maschio-femmina che, collegati fra loro e infissi nel terreno, formano un pannello con-

tinuo resistente alla spinta laterale del terreno.

I profili delle palancole si distinguono in sezione a U e a Z, la loro lunghezza varia a seconda dei produttori e per gli utilizzi abituali può arrivare fino a 12 metri circa.

Alcuni sistemi di palancole (palancolato) sono costituiti dall'unione di palancole inserite in un cassero portapalancole che ha il duplice scopo di contrasto e guida dentro cui far passare le palancole stesse ed è provvisto di un elemento di regolazione.

Questo sistema è utilizzato in scavi attraversati da sottoservizi e consente, con un opportuno posizionamento di una o più palancole, di attraversarli senza interromperli e senza indebolire il blindaggio.

Nelle attività di scavo deve essere impiegato personale formato, informato e addestrato e deve essere evitata la presenza di personale non formato. Particolare attenzione deve essere posta nei confronti del rischio legato al fattore umano. La corretta applicazione dei sistemi di prevenzione e di protezione presuppone la competenza e la professionalità degli operatori di settore e, in particolare:

- l'idoneità psico-fisica del lavoratore;
- l'informazione e la formazione adeguate e qualificate del lavoratore, in relazione alle operazioni previste;
- l'addestramento qualificato e ripetuto del lavoratore sulle tecniche operative, sulle manovre di salvataggio e sulle procedure di emergenza.

Ulteriore elemento fondamentale per la riduzione del rischio è quello legato alla corretta valutazione geologica e geotecnica e, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, alla scelta e all'utilizzo di idonei sistemi di protezione. ●