

## Trenchless Technology

[www.trenchless.it](http://www.trenchless.it)

© All rights reserved by Renzo Chirulli

L'articolo mette in evidenza gli aspetti positivi dell'installazione di linee elettriche attraverso l'utilizzo del directional drilling, che non sono da ricercarsi solo nei costi talvolta inferiori alle tecnologie tradizionali ma nella riduzione totale degli impatti visivi, ed una maggiore protezione sia della salute dell'uomo che delle linee elettriche stesse.

Renzo Chirulli

# Sotterriamoli!

**L**e reti di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, rappresentano il sistema dal quale dipende oggi il funzionamento della gran parte delle attività umane. Senza questo sistema sarebbe impossibile poter fare tutto ciò che oggi ci sembra normale, quotidiano se non addirittura ovvio come accendere un computer e comunicare in Internet, spostarsi, accendere una luce, usare un elettrodomestico o far funzionare una linea di produzione. Per immaginare il mondo di oggi senza elettricità, non sarebbe sufficiente spostare il nostro immaginario all'epoca delle scoperte fondamentali sull'elettromagnetismo (che si collocano tra il XVIII ed il XIX secolo), ma probabilmente dovremmo immaginare uno scenario assai simile a quello del primo medioevo, se non addirittura più buio.

Non c'è attività industriale, di comunicazione, e neanche di trasporto che possa oggi aver luogo senza energia elettrica.

Forse è utile anche ricordare che quando parliamo di "energia elettrica" in realtà ci stiamo riferendo a quello che rappresenta il modo più rapido, efficace e capillare che oggi l'uomo conosca per "trasportare" l'energia dai punti di produzione a quelli di utilizzazione. Gran parte di ciò che esiste a monte ed a valle di questo "trasporto", è costituito da ciò che serve per trasformare l'energia da una forma all'altra. L'energia elettrica, ovvero quella che si ottiene dalla trasformazione di altre forme (principalmente meccanica e termica), possiede caratteristiche estremamente interessanti e peculiari per poter essere utilizzata come "vettore energetico" rapido nel trasporto di energia da una parte all'altra del globo.

Basta infatti un campo elettrico (originato da una semplice differenza di potenziale) per far spostare a velocità prossime a quelle della luce grandi quantità di energia attraverso un conduttore (ad esempio un cavo elettrico).

L'effetto di questa grande efficienza dell'elettricità, nel trasporto di energia, è stato fortissimo sulla direzione e sul tasso dello sviluppo industriale che la civiltà umana ha conosciuto negli ultimi cento anni.

Se oggi il problema energetico è così rilevante per il mondo industrializzato, questa importanza scaturisce proprio dal modo in cui le attività umane dipendono dall'approvvigionamento energetico basato sul trasporto dell'energia attraverso le reti elettriche.

Se, infatti, fosse prevalso un criterio di sfruttamento locale delle risorse energetiche disponibili, che non comportasse la trasformazione dell'energia prodotta localmente in energia elettrica, tutto l'assetto della civiltà umana ne sarebbe stato fortemente influenzato.

Oggi questo assetto dipende proprio dal meccanismo che si è scelto per trasportare l'energia da un luogo all'altro del pianeta.

Queste considerazioni spiegano assai sinteticamente il perché le reti elettriche abbiano tanta importanza e perché qualsiasi questione tocchi in qualche modo questo sistema assuma un carattere di particolare criticità.

Finora ha prevalso sostanzialmente l'esigenza di estendere le reti elettriche il più possibile, con modalità che tuttavia hanno soddisfatto unicamente criteri di carattere economico. La maniera più rapida per costruire le reti elettriche è stata da sempre quella di utilizzare cavi in materiale conduttore (essenzialmente rame) installati lungo linee elettriche aeree, ovvero con i cavi tesi in aria tra pali o tralicci. Questo assetto delle reti è cambiato nel tempo ed a seconda dell'area geografica considerata. Nel nostro paese, ad esempio, la gran parte delle linee in bassa e media tensione, in particolare in ambito urbano, viaggia sotto terra, mentre restano sostanzialmente aeree le linee dell'alta tensione e quelle della media tensione extraurbana. In altre aree geografiche (come ad esempio il nord america), ancora oggi (se si escludono talune aree urbane particolari) la gran parte delle reti elettriche è a sviluppo aereo.

### Campi elettrici e magnetici (EMF) e salute umana

Quando una corrente elettrica alternata viaggia attraverso un cavo, nello spazio circostante si instaura un campo elettromagnetico le cui caratteristiche dipendono essenzialmente dalla corrente elettrica che attraversa il cavo e dalla tensione nominale della rete.

In prossimità di elettrodotti ad alta tensione ad esempio, si possono registrare valori del campo magnetico (misurato in  $\mu$ T-micro Tesla) e del campo elettrico (misurato in V/m-Volt per metro), molto elevati, in relazione a quelli che oggi vengono comunemente indicati, da diverse normative, come limiti oltre i quali possono aversi effetti negativi sulla salute umana ed in generale sui processi biologici.

L'instaurarsi di un campo elettrico e magnetico nell'intorno di un conduttore è un fenomeno ben noto, che si studia sui libri di fisica elementare, ma i cui effetti sulla salute umana appaiono tuttavia paradossalmente poco noti.

Se si effettua oggi una ricerca sull'argomento degli effetti dei campi elettromagnetici prodotti da linee elettriche sulla salute umana, la mole di documenti scientifici che ne scaturisce è impressionante.

Se andiamo all'esame di quelli che possono essere considerati come i documenti di sintesi di riferimento non possiamo non citare un famoso documento del World Health Organization - WHO (Organizzazione Mondiale della Sanità - OMS) del marzo 2000 dal titolo "*Electromagnetic fields and public health cautionary policies*" ("*Campi elettromagnetici e salute pubblica politiche cautelative*" scaricabile all'indirizzo [http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts\\_press/EMF-Precaution.htm](http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm).) nel quale ricorre più di tutte la parola "incertezza" riferita agli studi scientifici, e da intendersi sia in termini di scarsa o non adeguata conoscenza del fenomeno, sia in termini di "debolezza" delle correlazioni sinora trovate tra esposizione a campi elettromagnetici prodotti da linee elettriche ed insorgenza di malattie nell'uomo (essenzialmente cancro).

1. Un traliccio di una linea elettrica ad alta tensione in un'area industriale del Sud Est Milanese

2. L'abbattimento di un pioppeto per il passaggio di un nuovo elettrodotto ad alta tensione, nel Parco Agricolo Sud Milano (novembre 2005) - Con directional drilling l'abbattimento degli alberi non sarebbe stato necessario e si sarebbe del tutto evitato l'impatto visivo, incompatibile in un'area la cui finalità è "la tutela e il recupero paesistico e ambientale delle fasce di collegamento tra città e campagna" (LR Lombardia n. 24 del 23/4/90)

Questo documento così come la linea seguita dal WHO, è quella che si riflette in molte normative sull'argomento, inclusa quella italiana.

A questo proposito ricordiamo che la più recente normativa italiana in tema di campi elettromagnetici prodotti da linee elettriche è il DPCM 8/7/2003 dal titolo: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (per il quadro normativo di riferimento è possibile consultare il sito internet: <http://www.ambientediritto.it/Legislazione/elettrosmog/elettrosmog.htm>.)

Tuttavia in altri documenti scientifici, alcuni dei quali più recenti del primo citato documento del WHO, pur sempre con le necessarie ed opportune cautele, si ritrovano affermazioni meno incerte circa il legame tra campi elettrici e magnetici (EMF) ed incremento del rischio di insorgenza di talune malattie dell'uomo; a questo proposito può essere utile consultare una raccolta di documenti scientifici pubblicati dal National Institute for Occupational Safety and Health-USA (<http://www.cdc.gov/niosh/topics/emf/>) ed in particolare il documento del giugno 2002: "An Evaluation of the Possible Risks From Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliances" del California Department of Health Services nel quale il gruppo di lavoro incaricato conclude tra l'altro: "To one degree or another, all three of the DHS scientists are inclined to believe that EMFs can cause some degree of increased risk of childhood leukemia, adult brain cancer, Lou Gehrig's Disease, and miscarriage": "in gradi diversi, tutti e tre gli scienziati del DHS (California Department of Health Services ndr) ritengono tendenzialmente che i campi elettrici e magnetici possono produrre un qualche incremento del rischio di leucemia infantile, cancro al cervello negli adulti, malattia di Lou Gehrig (Sclerosi laterale Amiotrofica ndr) e aborto spontaneo".

La cautela è ciò che guida qualsiasi conclusione riguardo questo argomento, ed infatti, analogamente ad altre problematiche "incerte", prevale anche nelle normative un atteggiamento cautelativo, che spinge a ridurre l'esposizione ai campi elettrici e magnetici al di sotto di soglie prefissate, spesso anche piuttosto basse, specie laddove l'esposizione può riguardare fasce a rischio come i bambini (le correlazioni sinora più rilevanti sono proprio quelle che legano gli EMF all'incremento di rischio di insorgenza di leucemie infantili). Ma se si tratta nuove realizzazioni allora le soglie da rispettare si abbassano ulteriormente.

Ma cosa accade quando una linea elettrica ad alta tensione viene interrata?

La differenza sostanziale tra una linea aerea ed una interrata è nel mezzo che circonda il cavo, che nel primo caso è aria, nel secondo è terreno.

Le differenti caratteristiche del mezzo hanno effet-



to sui campi elettrico e magnetico che si instaurano nell'intorno del cavo.

Nella maggior parte dei casi documentati, i dati raccolti sperimentalmente riguardano elettrodotti ad alta tensione interrati a profondità di circa 1,5 m dalla superficie del suolo. Si tratta quindi di profondità piuttosto superficiali, il cui ridotto valore è legato essenzialmente ai limiti delle tecniche di interramento tradizionali.

In ogni caso, anche con interramenti superficiali il primo effetto rilevante è la forte attenuazione del campo elettrico, dovuta proprio alla presenza del terreno (che è dotato generalmente di una certa conducibilità elettrica) nonché alla presenza degli isolanti che circondano il cavo. Il campo magnetico invece non subisce rilevanti attenuazioni nei valori massimi, ma solo per la ridotta profondità di posa considerata (- 1,5 m); tuttavia, trasversalmente, esso subisce una forte attenuazione. In altri termini se ci si pone al di sotto di un elettrodotto aereo ad alta tensione (in particolare in campata e quindi ad una distanza dai cavi che normalmente è intorno ai 10 metri) si registra un valore del campo magnetico comparabile a quello che si registra se ci si pone al di sopra di un elettrodotto di medesime caratteristiche però interrato ad 1,5 metri di profondità, con la differenza che nel caso di elettrodotto aereo per registrare un'attenuazione del valore del campo magnetico occorre porsi a diverse decine di metri di distanza, nel caso di elettrodotto interrato invece basta allontanarsi di pochi metri.



Tutto questo significa che già con interramenti superficiali si ottiene una notevole riduzione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.

Se l'interramento diventa rilevante (oltre i 5 metri di profondità) l'attenuazione del campo magnetico diventa molto forte anche quando ci si pone esattamente sulla verticale della linea. Il che significa che con interramenti maggiori l'esposizione agli EMF si riduce drasticamente.

## IMPATTO VISIVO

L'impatto visivo è un'alterazione, più frequentemente negativa, di un paesaggio naturale o costruito conseguente ad attività di costruzione o più genericamente di utilizzazione del territorio. Questa alterazione può risultare in certi casi talmente rilevante da costituire un serio danno ambientale. È il caso ad esempio dell'alterazione di paesaggi naturali particolarmente suggestivi o di zone nelle quali vige un particolare regime di protezione dell'habitat (come ad esempio nei parchi naturali). (fig.2)

Le linee elettriche aeree sono causa, in generale, di impatto visivo. In certe aree la densità di linee elettriche aeree è talmente elevata da causare un vero e proprio disagio in chi osserva il paesaggio. Il paesaggio è da intendersi come risorsa comune che per certe aree territoriali diventa anche risorsa economica (ad esempio in aree ad elevata valenza turistica). E l'alterazio-

ne del paesaggio può e deve essere considerato un danno ambientale (in certi casi rilevante) al quale si può ricondurre un relativo costo valutabile secondo differenti modellistiche (sondaggio demoscopico, costo delle opere atte all'eliminazione dell'impatto, ecc.).

In questo caso l'interramento dei cavi contribuisce ad eliminare del tutto l'impatto visivo.

## Eventi atmosferici severi

Un altro effetto positivo derivante dall'interramento dei cavi è l'eliminazione del rischio di danneggiamento delle linee elettriche che può derivare da eventi atmosferici. Il forte vento o le tempeste di neve possono determinare la caduta di alberi sulle linee elettriche aeree o anche la caduta delle stesse linee (cavi e tralicci), con conseguente interruzione del servizio. Diversi episodi accaduti nel recente passato hanno evidenziato la debolezza del sistema quando si verificano eventi atmosferici severi. Ed in taluni casi limite questa debolezza del sistema è stata evidenziata in maniera molto eloquente. È il caso, ad esempio, della famosa tempesta di ghiaccio che colpì le regioni orientali del Canada ed il Nord-Est degli Stati Uniti nel gennaio del 1998 e che determinò il crollo di molte delle linee aeree ad alta e media tensione lasciando senza luce e riscaldamento diversi milioni di persone. (fig.3)

Oppure l'eccezionale ondata di maltempo che colpì, nell'inverno del 1999, l'Europa Occidentale, culminata con "Lothar", la "tempesta del secolo". Questi even-



**3.** Una linea elettrica ad alta tensione abbattuta dalla tempesta di ghiaccio che sconvolse le regioni orientali del Canada ed il Nord-Est degli Stati Uniti nel gennaio del 1998. Le linee elettriche furono seriamente danneggiate; in Quebec ed Ontario crollarono oltre 1.300 tralicci dell'alta tensione e 35.000 pali della media. Milioni di persone tra Quebec, Ontario, New-Brunswick, Nuova Scozia, Maine, New Hampshire e New York, subirono gli effetti di questa devastante ondata di maltempo, rimanendo senza luce e riscaldamento anche per diversi giorni

ti limite hanno spinto a serie riflessioni sull'opportunità di passare ad un interrimento delle linee elettriche.

### L'interramento dei cavi

Quando si parla di interrimento di linee elettriche, viene alla mente, in modo automatico, l'immagine di escavatori al lavoro e di movimenti terra, perché in questo settore è nota, pressoché esclusivamente, la tecnologia di interrimento mediante scavo a cielo aperto.

In altri termini oggi per interrare un cavo si scava nel terreno, a tutta lunghezza, una trincea poco profonda e si adagia sul fondo scavo un opportuno cavidotto oppure il cavo isolato; quindi si rinterra ed eventualmente si ricostruisce quanto demolito in superficie (ad esempio la pavimentazione stradale). Se sulla superficie sono presenti alberi, questi vengono ovviamente abbattuti, per permettere lo scavo della trincea.

Inoltre al fine di contenere il costo delle operazioni di scavo e successivo rinterro, la profondità dello scavo si mantiene in genere intorno ad un valore piuttosto ridotto (1,5 metri), questo anche per permettere un intervento più agevole, nel caso si debba procedere a manutenzione o riparazione localizzata dei cavi.

Visto così, e cioè alla luce delle tecnologie tradizionali, l'interramento dei cavi se da una parte riduce gli effetti negativi che si legano alla realizzazione di linee elettriche aeree, dall'altra introduce nuovi effetti negativi che sono quelli tipicamente legati ad esecuzione di scavi a cielo aperto.

Da una parte si migliora quindi, e dall'altra si peggiora. Ma cosa accade se invece di interrare i cavi elettrici con tecniche tradizionali si ricorre a tecnologie di tipo No-Dig?

### L'interramento con tecnologie No-Dig

La tecnologia No-Dig più efficacemente utilizzabile nell'interramento di cavi elettrici è sicuramente il directional drilling o perforazione orizzontale controllata. (fig. 4)

Vediamo come può avvenire l'interrimento di cavi elettrici mediante directional drilling e quali vantaggi comporta.

Innanzitutto l'installazione può essere effettuata interrando degli opportuni cavidotti in materiale plastico entro cui vengono successivamente tirati i cavi veri e

propri. Ma nell'installazione di cavi in media tensione è stata sperimentata con successo anche la posa in opera, mediante directional drilling, di cavi tirati direttamente nel terreno senza alcun cavidotto plastico (i così detti cavi nudi). Si tratta di cavi che presentano uno strato isolante di struttura e caratteristiche particolari che conferiscono agli strati isolanti un'elevata resistenza allo schiacciamento. Un esempio di cavo di questo tipo è rappresentato dal così detto cavo Air Bag<sup>TM</sup> sviluppato dalla Pirelli Cavi e Sistemi (oggi Prysmian Cavi e Sistemi). Questo cavo è disponibile anche nella versione ad alta tensione ([http://www.it.prysmian.com/it\\_IT/cables\\_systems/energy/innovation/air\\_bag/airbag.jhtml](http://www.it.prysmian.com/it_IT/cables_systems/energy/innovation/air_bag/airbag.jhtml)) e secondo il produttore possiede caratteristiche tali da risultare economicamente competitivo anche nei confronti delle linee aeree.

L'interramento dei cavi mediante directional drilling presenta delle differenze sostanziali rispetto all'interramento mediante tecnologie tradizionali.

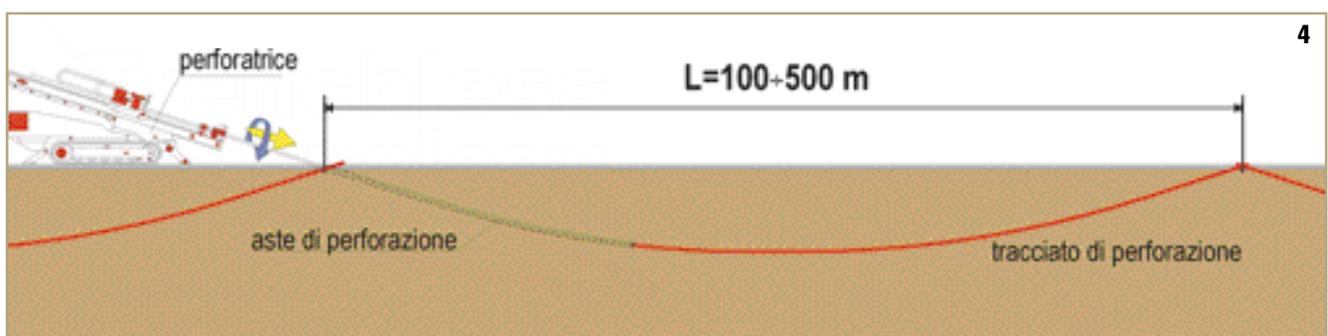
Innanzitutto viene eliminato lo scavo a cielo aperto, che si riduce alla realizzazione di poche buche di servizio di piccola dimensione (in genere inferiore ai 2 metri di lato) disseminate lungo lo sviluppo della linea e poste a distanze tra loro che, a seconda della dimensione dell'infrastruttura da realizzare, possono andare da pochi metri a oltre 500-1000 metri.

La perforazione permette di collegare una serie di buche consecutive, mediante tratti in sotterraneo che possono svilupparsi anche a profondità elevate. Il costo o la difficoltà della perforazione infatti non aumentano con l'aumentare della profondità che può essere spinta, anche operando con sistemi standard, sino ai 10 metri dalla superficie. Con sistemi di guida particolari, si può arrivare anche a profondità di alcune decine di metri, col vantaggio di poter sottopassare elementi presenti lungo il tracciato, come fiumi, autostrade, zone boschive e aree coltivate, senza interferire in nessun modo con la superficie.

Ma l'interramento con directional drilling a profondità medio alte porta ad altri vantaggi, quali:

1) innanzitutto eliminando le manomissioni di superficie oltre a non creare impatti sull'ambiente non si interferisce in nessun modo con le attività che hanno luogo sulla superficie, che pertanto possono continuare ad aver luogo anche durante le operazioni di installazione;

4. Il directional drilling può essere utilizzato nell'interramento di linee elettriche in media ed alta tensione



2) in conseguenza dell'installazione non deriva alcuna limitata utilizzabilità della superficie sovrastante, sia perché i cavi sono protetti da un ricoprimento di molti metri di terreno o roccia, sia perché gli effetti elettromagnetici risultano particolarmente attenuati.

Ed infatti è proprio grazie alla maggiore profondità di posa raggiungibile mediante perforazione, che è possibile ridurre a valori bassissimi sia il campo elettrico che quello magnetico, anche in asse all'elettrodotto stesso, massimizzando, da questo punto di vista, l'effetto positivo dell'interramento dei cavi.

Se esaminiamo lo schema tipico seguito nell'installazione di linee elettriche interrato mediante directional drilling, si ritrova una certa analogia di forma con le linee elettriche aeree.

Infatti ai tralicci si sostituiscono delle camere di intersezione dove i conduttori raggiungono la minima profondità dalla superficie. Alle campate invece si so-

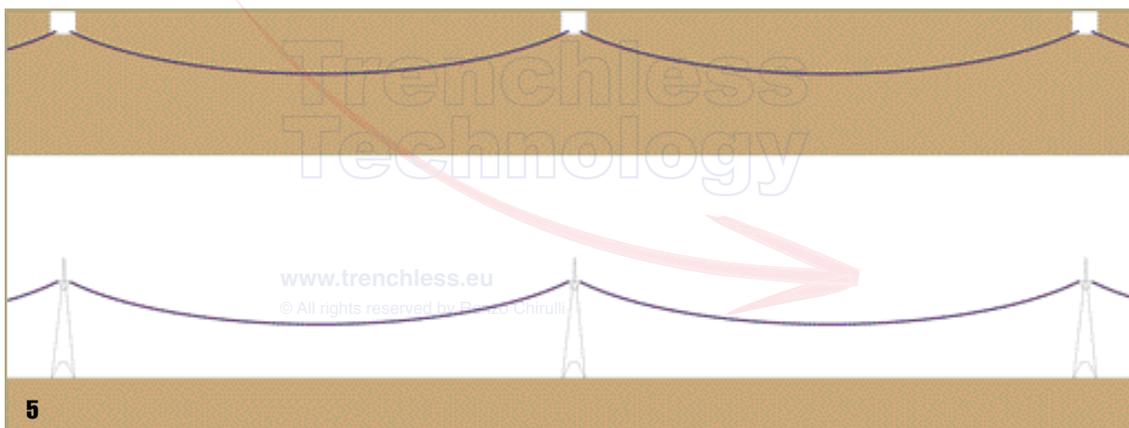
stano differenti cavidotti raccolti in un fascio compatto che può essere tirato all'interno di un unico foro, con enormi vantaggi sul piano economico. (fig. 7)

Nella realizzazione di cavidotti elettrici installati mediante directional drilling, oltre a tubi in polietilene ad alta densità sono stati utilizzati con successo anche tubi in PVC giuntati a freddo, mediante sistemi di aggancio/sigillatura di tipo meccanico.

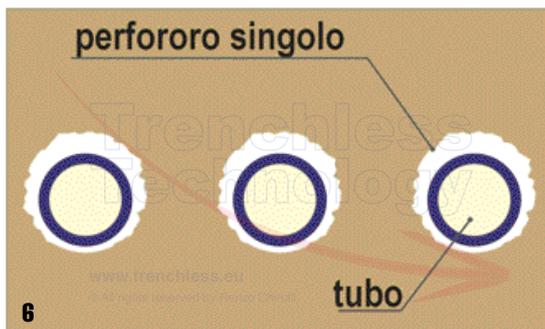
**I costi**

L'installazione di un cavidotto in materiale plastico ad esempio da 110 mm di diametro, per una lunghezza di 100-200 metri, richiede una perforazione di diametro pari a circa 150 mm (pari al diametro medio di un foro pilota) e, in un terreno argilloso, può avere un costo variabile tra i 100 ed i 150 euro per metro lineare. Installare tre cavidotti da 110 mm in fascio compatto, può richiedere invece una perfora-

5. Le linee elettriche interrato mediante directional drilling presentano una certa analogia di forma con le linee elettriche aeree, con la differenza che i tracciati sono tutti sotterranei



5



6

zione di diametro variabile tra i 280 ed i 320 mm, con un costo, per perforazione eseguita sempre in terreno argilloso, variabile tra i 250 ed i 350 Euro per metro lineare.

Una linea aerea ad alta tensione ha un costo variabile in funzione di molti parametri e pertanto una generalizzazione perde di ogni significato. Tuttavia è utile indicare che in condizioni normali, senza particolari ostacoli sul terreno e con dimensione e tipologia standard dei tralicci, una linea ad alta tensione

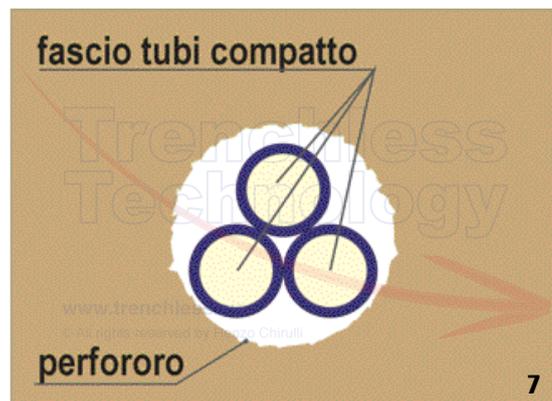
6. Con directional drilling l'installazione dei cavidotti o dei cavi può essere effettuato anche per linee parallele

sostituiscono i tratti interrati che possono avere una geometria molto simile alle catenarie che formano i cavi tesi tra un traliccio e l'altro. (fig. 5)

La geometria della linea può essere sia a cavidotti-cavi paralleli (fig. 6), sia quella a fascio compatto di cavidotti-cavi.

Se l'isolamento che si raggiunge è sufficiente, l'economia che deriva dalla posa di un fascio cavidotti-cavi compatto è molto elevata. (fig. 7)

Nel caso ad esempio di installazione di cavidotti in polietilene ad alta densità, per una linea tipica a tre conduttori, si può procedere all'installazione di tre



7

7. Nell'installazione mediante directional drilling i cavidotti possono essere raccolti in un fascio compatto che può essere tirato all'interno di un unico foro, con enormi vantaggi sul piano economico



**8.** Fasi dell'installazione di una linea in media tensione da 20 kV per ACEA Spa - Roma - la perforatrice direzionale da superficie impiegata per le installazioni  
*(per gentile concessione della CEBAT Srl)*

da 220 kV costituita da tre conduttori più fune di guardia, ha un costo di costruzione che grosso modo oscilla tra i 300 ed i 350 Euro/metro.

Questi dati seppur generici rendono tuttavia molto bene l'idea di come l'interramento mediante directional drilling possa risultare competitivo anche solo al livello dei soli costi di costruzione. Se poi al bilancio generalizzato aggiungiamo anche il costo dell'impatto visivo, il costo del rischio di danneggiamento per effetto di eventi atmosferici severi e non ultimo il vantaggio di abbattere drasticamente il rischio di esposizione delle persone ai campi elettrici e magnetici, allora l'installazione mediante directional drilling può risultare decisamente più conveniente sia nel confronto con l'installazione di linee

aeree sia nel confronto con linee interrato con tecniche tradizionali.

Se si considera l'installazione mediante directional drilling di cavi nudi, come già avviene per la posa di linee a media tensione, i costi di installazione decrescono ulteriormente rendendo questa tecnica di posa in assoluto la più conveniente oggi disponibile sul mercato.

Ed in effetti sono proprio queste considerazioni prettamente economiche che hanno spinto diversi gestori elettrici a valutare l'opportunità di ricorrere al directional drilling per l'installazione di linee elettriche. È il caso ad esempio della italiana ACEA Spa, che ha sperimentato l'utilizzo del directional drilling nell'installazione di linee elettriche di media tensione da 20 kV, con la conclusione che, già solo a livello dei costi di costruzione, il directional drilling risulta più conveniente dell'interramento con scavo a cielo aperto quando esso avviene ad esempio lungo una strada pavimentata, con un risparmio che varia dal 36% al 18%.

Se poi la pavimentazione è particolarmente costosa (per la particolare struttura e spessore degli strati, oppure per la particolare qualità dei materiali impiegati) allora il directional drilling diventa ancora più conveniente.

Un ulteriore fattore che potrebbe in futuro rendere ancora più convenienti queste applicazioni sul piano economico potrà essere l'accesso diretto all'esecuzione di questi lavori da parte degli specialisti del directional drilling, grazie all'introduzione di categorie super-specializzate.

**9.** Fasi dell'installazione di una linea in media tensione da 20 kV per ACEA Spa - Roma - le bobine dei cavi pronti per l'installazione  
*(per gentile concessione della CEBAT Srl)*





**10.** Fasi dell'installazione di una linea in media tensione da 20 kV per ACEA Spa - Roma - particolare dell'alesatore e delle calze di ancoraggio del fascio costituito da 8 terne di cavi  
*(per gentile concessione della CEBAT Srl)*



**11.** Fasi dell'installazione di una linea in media tensione da 20 kV per ACEA Spa - Roma - il fascio cavi durante la fase di tiro  
*(per gentile concessione della CEBAT Srl)*



**12.** Fasi dell'installazione di una linea in media tensione da 20 kV per ACEA Spa - Roma - il fascio cavi durante la fase di tiro  
*(per gentile concessione della CEBAT Srl)*

## Conclusioni

L'utilizzo del directional drilling nell'interramento di linee elettriche sia di media che di alta tensione, apre delle nuove prospettive applicative, perché permette di installare con costi contenuti, e comunque comparabili se non addirittura inferiori a quelli delle tecnologie tradizionali, le linee interrate a profondità anche rilevanti eliminando gli aspetti negativi che si legano tanto all'interramento delle linee elettriche mediante scavo a cielo aperto, quanto alle tradizionali linee aeree.

Si tratta quindi di una terza modalità di installazione delle linee elettriche che non presenta alcuno degli svantaggi che si legano invece alle tecniche costruttive tradizionali. Naturalmente molti dei vantaggi conseguibili attraverso il ricorso al directional drilling sono strettamente legati al costo di tali applica-

zioni che già in molti casi risulta inferiore a quello che si ha con tecniche tradizionali.

Una maggiore attenzione per i problemi legati alla protezione della salute umana, agli impatti visivi ed in generale ambientali, nonché alla protezione delle linee elettriche dagli eventi atmosferici, potrà rendere questa nuova possibilità applicativa conveniente ed attuale. ■

*Per il contributo in dati e immagini si ringraziano: l'Ing. M. Desideri (ACEA Spa), la CEBAT Srl, il Sig. Emanuele Gualazzi, laureando in ingegneria presso il Politecnico di Milano*