



UTILIZZO DEL GIROSCOPIO NEL PROGETTO DI DIRECTIONAL DRILLING PER IL TYRRHENIAN LINK CAMPANIA SICILIA 2024

Lorenzo Pratico
INROCK International Ltd part of SANDVIK Group

Stefania Buccella, Olimpio Salvatore
ENERGY LINK SpA

Sommario

1. PANORAMICA SUL PROGETTO
2. SCOPO DEL LAVORO.....
3. TECNICA UTILIZZATA
4. TUBAZIONE UTILIZZATA
5. MISURE PREVENTIVE E GESTIONE AMBIENTALE

1. PANORAMICA SUL PROGETTO

Il Tyrrhenian Link rappresenta una delle realizzazioni ingegneristiche più significative nell'ambito della transizione energetica italiana degli ultimi anni. Questo ambizioso progetto infrastrutturale prevede la realizzazione di un collegamento sottomarino tra la Sicilia, la Sardegna e la Campania, rafforzando l'affidabilità della rete elettrica nazionale e ottimizzando la gestione delle fonti rinnovabili. Tale interconnessione permetterà un migliore scambio di energia tra le diverse regioni, con un impatto positivo sulla stabilità del sistema elettrico e sull'efficienza operativa.

Il Tyrrhenian Link si compone di due linee HVDC (alta tensione in corrente continua), destinate a garantire un trasporto elettrico ad alta capacità e basso impatto. Le due tratte sottomarine che costituiscono l'interconnessione sono:

- **Tratta Est (ETL)**, con una lunghezza di circa **490 km**, che collega la Sicilia alla Campania, con approdo nel comune di Battipaglia.
- **Tratta Ovest (WTL)**, lunga circa **480 km**, che unisce la Sicilia alla Sardegna, con approdo a Terra Mala, in Sardegna.

Il sistema HVDC è stato progettato per operare a una tensione nominale di ± 500 kV e per trasmettere una potenza di 1000 MW per ciascuna delle due tratte. L'adozione di questa tecnologia consente un trasporto di energia a lunga distanza con minime perdite, oltre a permettere una maggiore stabilità nella gestione delle fluttuazioni tipiche delle fonti energetiche rinnovabili.

La peculiarità di questi approdi in mare, sia per quanto ha riguardato il lato Sicilia che per il lato Campania, è consistita nell'utilizzo del sistema giroscopico PGM PARATRACK GYRO MODULE della Vector Magnetics, il quale ci ha permesso di avere un controllo attivo della traiettoria, per la posa di queste infrastrutture sotterranee.



- Giroscopio a fibra ottica
- Esente da interferenze magnetiche
- Track off true north (tracciamento del nord geografico)
- No need for a long north seeking
- No need for shock absorber
- Precisione: 0,1° sull'azimut e 0,02° su inclinazione
- Specifiche:

lunghezza 122 cm

peso 17,7 kg

attacco 1-3/16", 12 tpi 690 bar

diametro esterno 2,75" (collare non magnetico 3,5")

Il Giroscopio PGM utilizza tre unità FOG (Fibre Optic Gyro – unità a fibre ottiche) reciprocamente perpendicolari con avvolgimenti lunghi tra 100 m e 10.000 m.

Il funzionamento del PGM è regolato dal suo sistema ottico che riceve un fascio di luce che scompone e reinvia in direzioni opposte appunto attorno alle fibre, a questo punto verifica la differenza di fase e calcola l'angolo di orientamento dell'unità, riportando la posizione della punta di perforazione al computer dell'ingegnere di guida, con la precisione sopra descritta.

Inoltre, vista la rotazione terrestre diversa in ogni punto del pianeta, è semplicemente necessario che l'operatore inserisca la longitudine e la latitudine dei punti di ingresso e di uscita, affinché il giroscopio possa calcolare l'angolo di inserimento e la direzione del foro, lungo tutto il tracciato.

Una prerogativa del PGM è la sua caratteristica costruttiva; per contrastare infatti il problema che affligge tutti i sistemi inerziali giroscopici, affetti dalla perdita di calibrazione dei componenti e conseguente sostituzione degli stessi, sono stati utilizzati elementi privi di parti mobili, inoltre l'alloggiamento degli stessi FOG è basculante e questo garantisce una durata ancora più longeva degli stessi.



DESCRIZIONE DEL PROGETTO



Figura 1 - Collegamento Tyrrhenian Link



2. SCOPO DEL LAVORO

La Energy Link S.p.A. ha eseguito con successo le 5 perforazioni orizzontali controllate (HDD) sul lato campano. Per ciascuna HDD sono state rispettate le seguenti specifiche:

- **Lunghezza totale:** circa 700 metri;
- **Punto di uscita in mare:** profondità di circa 9 metri.



Figura 2 - Cantiere "Tyrrhenian Link"

3. TECNICA UTILIZZATA

La Energy Link S.p.A. ha eseguito le perforazioni utilizzando la tecnica H.D.D. (Horizontal Directional Drilling), una metodologia avanzata che permette la realizzazione di tunnel sotterranei minimizzando l'impatto ambientale ed evitando la necessità di scavi a cielo aperto.

La realizzazione di una H.D.D. prevede una serie di fasi operative principali:

- REALIZZAZIONE FORO PILOTA:** Il foro pilota è il foro iniziale e viene realizzato con un diametro inferiore a quello di progetto, effettuato da un punto di entrata fino ad un punto di uscita, lungo l'asse di perforazione. Da una postazione di partenza in cui verrà posizionata l'unità di perforazione, attraverso un piccolo scavo di invito, verrà trivellato un foro pilota di piccolo diametro, lungo il profilo di progetto che prevede il passaggio lungo il tratto indicato raggiungendo la superficie al lato opposto dell'unità di perforazione.

La punta di perforazione viene spinta nel terreno mediante l'utilizzo di aste cave di piccolo diametro (100 o 200 mm) all'interno delle quali vengono fatti scorrere dei fluidi di perforazione (generati dalla miscela di acqua e bentonite) necessari per raffreddare e lubrificare la punta di perforazione e ridurre "gli sforzi" di perforazione.

I fanghi bentonitici di perforazione in eccesso vengono poi raccolti in un'opportuna vasca di decantazione realizzata a valle del collegamento dove sono aspirati e trasportati in apposito impianto di recupero e smaltimento dopo le opportune analisi di laboratorio per l'identificazione del codice CER.

Per garantire la direzionabilità del foro pilota, anteriormente alla testa di perforazione, nel collare amagnetica, montata in capo alla batteria di aste, vengono appunto alloggiati tutte le apparecchiature giroscopiche di cui sopra menzionato.

Durante la realizzazione del foro pilota, pertanto, la suddetta apparecchiatura giroscopica fornisce in continuo l'esatta posizione dell'utensile di perforazione, tale da garantire che la batteria delle aste segua il tracciato di progetto. I dati vengono analizzati e registrati dall'ingegnere di guida che li trasmette al perforatore aiutandolo nel direzionare la perforazione.



Figura 3 - Sistema PGM Paratrack Gyro Module

Finita la prima fase di foro pilota, si procede con quella dell'alesatura ;

Che in questo caso è stata effettuata in maniera non tradizionale, cioè in spinta e non in tiro.

L'alesatura in spinta è una tecnica utilizzata per limitare la fuoriuscita di fluido di perforazione attraverso il punto di uscita durante i processi di allargamento del foro. Questa tecnica prevede l'esecuzione delle successive fasi di alesatura, interrompendo ogni fase pochi metri prima di raggiungere il punto di uscita, evitando così la fuoriuscita esterna del fluido di perforazione.

Tale procedimento consente di mantenere il ritorno di fango esclusivamente nella buca di ingresso, rendendo il recupero, la pulizia e il riutilizzo del fluido di perforazione un'operazione più pratica.

Viene eseguito il foro pilota fino ad una determinata distanza che precede il punto di uscita previsto da profilo, senza oltrepassare il diaframma.

Le successive fasi di alesatura non vengono effettuate in tiro (back reaming), ma in spinta (forward reaming).

È una tecnica particolare che richiede personale esperto in questa procedura ed inoltre anche attrezzatura adatta alla rotazione bidirezionale.

PUNTO DI ARRESTO PREVISTO PER IL FORO



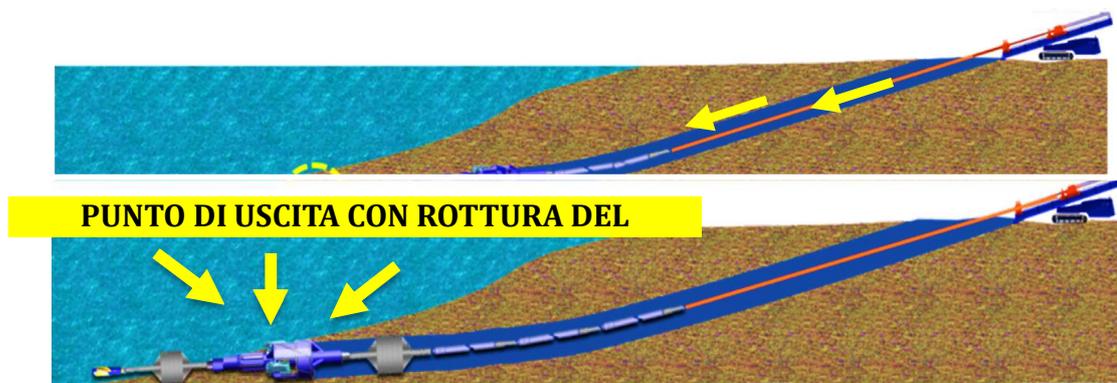


Figura 4 - Fasi di alesatura

In

questa fase risulta cruciale il controllo accurato della velocità di rotazione della testa fresante, nonché il costante monitoraggio del momento torcente. Inoltre, è essenziale la corretta gestione dei volumi di fango di ritorno, i quali devono essere convogliati unicamente verso lo scavo di ingresso, evitando dispersioni lungo il tracciato. Completate le operazioni di alesatura e raggiunto il diametro finale di progetto, l'alesatore viene disaccoppiato e sostituito con la testa di perforazione del foro pilota. Quest'ultima viene reintrodotta nel foro per proseguire fino al punto di uscita prestabilito, dove avverrà la rottura controllata del diaframma.

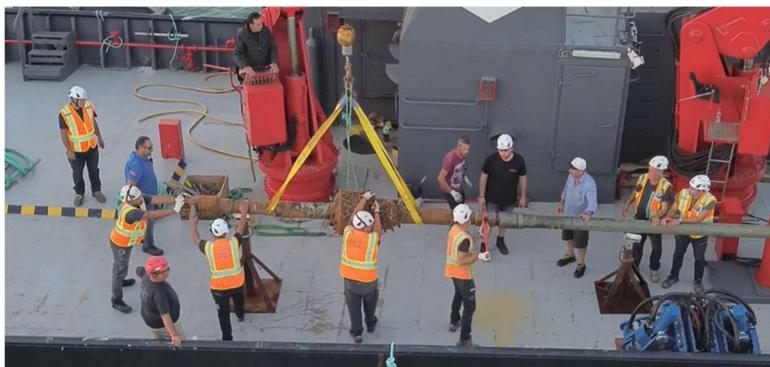


Figura 5 – Realizzazione del foro pilota

- **VARO DELLA TUBAZIONE:** Sul pontone, una volta recuperata la testa di perforazione, viene agganciata la stringa della tubazione alla batteria di aste di perforazione mediante un'apposita testa di tiro.

Tra la testa di tiro e le aste viene interposto un giunto girevole reggispinga, la cui funzione è quella di trasmettere alla tubazione, durante la fase di varo, esclusivamente sollecitazioni di trazione, evitando l'applicazione di momenti torcenti e, dunque, impedendo rotazioni indesiderate della condotta. A questo punto si procede con la fase di varo della tubazione che viene trainata in galleggiamento dallo stallo situato sulla terraferma verso il foro d'ingresso in mare, con l'ausilio di imbarcazioni trainanti.

Figura 6 - Varo della tubazione



4. TUBAZIONE UTILIZZATA

Nel progetto sono state utilizzate tubazioni in polietilene ad alta densità (PEAD), con un diametro PN16 SDR11. Questo tipo di tubazione viene generalmente impiegata per la protezione e il confinamento dei cavi elettrici, grazie alle eccellenti proprietà meccaniche del materiale. Il polietilene impiegato rispetta le normative UNI EN 12201, a garanzia di elevate performance in termini di resistenza e durabilità nel tempo. Le giunzioni tra le tubazioni sono state realizzate tramite saldatura testa a testa.

5. MISURE PREVENTIVE E GESTIONE AMBIENTALE

Nel progetto in esame, l'utilizzo della tecnica di perforazione orizzontale direzionale (HDD) ha avuto come obiettivo principale la minimizzazione dell'impatto ambientale derivante dall'installazione di utenze interrato, riducendo al minimo l'interferenza con le dinamiche ecologiche del litorale. Questo approccio è risultata una scelta molto meno invasiva rispetto alla tradizionale tecnica di scavo a cielo aperto sui fondali marini, particolarmente quando il tracciato della condotta attraversa ecosistemi sensibili, come le praterie di Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa, diffuse lungo il litorale campano. Queste specie marine sono estremamente vulnerabili ad un aumento della sedimentazione solida, che, se improvvisa e massiccia, può generare danni ecologici, con potenziali effetti di sofferenza per le piante. Inoltre, considerando la loro importanza ecologica, tali specie sono soggette a rigorose normative di tutela. Una delle principali problematiche ambientali derivanti dall'utilizzo della tecnica HDD riguarda la gestione dei fanghi bentonitici impiegati durante il processo di perforazione. Esiste un rischio intrinseco di **frac-out**, fenomeno in cui i fanghi di perforazione, penetrando nel substrato roccioso fratturato, possono fuoriuscire e arrivare in superficie. Il frac-out si verifica quando il volume di fanghi di ritorno è significativamente inferiore a quello pompato, segnalando un potenziale rilascio involontario di fanghi.

Per mitigare i rischi associati, sono state adottate specifiche misure preventive:

1. **Tecnica di Perforazione in "Spinta"**: L'adozione di questa tecnica consente di contenere significativamente la quantità di fanghi bentonitici rilasciati nell'ambiente marino. I momenti critici di rilascio dei fanghi sono limitati alle ultime fasi della perforazione, in corrispondenza della rottura finale del diaframma sul fondale, prima della fase di tiro della tubazione.

2. **Usò di Acqua Dolce:** L'impiego di acqua dolce nella miscela dei fanghi consente di ridurre la densità dei fluidi, facilitando la loro diluizione e dispersione, e contribuendo a evitare l'utilizzo di reagenti chimici che potrebbero ostacolare i fenomeni di flocculazione nel contesto marino. Per il progetto in esame è stata utilizzata una bentonite certificata per non avere impatti ambientali negativi su suolo e acqua, a condizione che la sua concentrazione nella miscela non superi l'8%. Questo prodotto è conforme alle specifiche OCMA per i fanghi di perforazione ed è stato certificato per l'utilizzo in ambienti ecologicamente sensibili.
3. **Sistema di Recupero a Circuito Chiuso:** Per evitare la dispersione dei fanghi e gestire in modo ottimale i materiali di scarto, è stato implementato un sistema di recupero a circuito chiuso. Le vasche di raccolta, collegate a tubazioni che conducono alle unità di miscelazione e separazione fanghi, permettono di trattare i fanghi attraverso un processo di separazione solido-liquido, riducendo così la quantità di fanghi prodotti e ottimizzando il riciclo dei fluidi nel ciclo di perforazione.
4. **Utilizzo di Teli Impermeabili:** Per proteggere il terreno circostante da eventuali sversamenti accidentali di fanghi di perforazione, sono stati impiegati teli impermeabili realizzati in polietilene, creando una vera e propria barriera fisica. I teli impermeabili non solo prevengono la contaminazione del terreno, ma forniscono anche un sistema di contenimento che facilita la raccolta dei fanghi, minimizzando il rischio di dispersione e semplificando le operazioni di bonifica. Inoltre, questi teli semplificano la gestione dei materiali di scarto e le operazioni di pulizia, indirizzando i fanghi verso aree di raccolta controllate, dove possono essere trattati e smaltiti in sicurezza.



Figura 7 - Sistema di riciclo dei fanghi

Grazie all'impiego coordinato di queste tecnologie, il progetto è stato completato senza criticità operative, riducendo al minimo l'impatto ambientale e i tempi di lavorazione. La qualità dell'opera finita e l'efficienza del processo hanno confermato la validità della scelta tecnica, ponendo un nuovo riferimento per gli interventi in perforazione teleguidata in ambito



Figura 8 - Tecnologie utilizzate