

Collegamento HVDC SACOI 3 Sardegna – Corsica – Italia

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

VOLUME 4

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE AMBITO MARINO

Storia delle revisioni

Rev.		
1		Ripubblicazione integrale a seguito delle osservazioni emerse



Elaborato

CESI

Verificato

L. Costante
(SPS-PRHM-PAM)

Approvato

F. Massara
(SPS-PRHM-PAM)

STRUTTURA GENERALE DEL SIA	3
VOLUME 1 – INTRODUZIONE AL SIA	3
VOLUME 2 – QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO	3
VOLUME 3 - QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE - AMBITO TERRESTRE	3
VOLUME 4 – QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE - AMBITO MARINO	3
1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO	6
3 DESCRIZIONE DELLE OPERE	9
3.1 Premessa	9
3.2 Caratteristiche tecniche delle opere	11
3.3 Intervento C – Tracciato cavi marini da S.Teresa Gallura al confine delle acque territoriali	11
3.4 Intervento D - Tracciato cavi marini dal confine delle acque territoriali a Salivoli	13
3.5 Intervento G – Catodo e relativi cavi di elettrodo	15
4 ANALISI DELLE ALTERNATIVE	17
4.1 Premessa	17
4.2 Intervento C – Tracciato cavi marini da S.Teresa Gallura al confine delle acque territoriali	19
4.2.1 Criteri di scelta di carattere ambientale	20
4.2.2 Soluzione progettuale individuata	24
5 ANALISI DELLE AZIONI DI PROGETTO NELLA FASE DI COSTRUZIONE	27
5.1 Attività realizzative	27
5.2 Tecnica del High Directional Drilling (HDD) o Trivellazione Orizzontale Controlata (TOC)	28
5.3 Grappinaggio	31
5.4 Posa del cavo	31
5.5 Modalità di protezione del cavo	32
5.5.1 Introduzione	32
5.5.2 Jetting	32
5.5.3 Trenching	35
5.5.4 Rock dumping	39
5.5.5 Modalità di realizzazione del punto di giunzione cavo terrestre-cavo marino	42

STRUTTURA GENERALE DEL SIA

VOLUME 1 – INTRODUZIONE AL SIA

***VOLUME 2 – QUADRO DI RIFERIMENTO
PROGRAMMATICO***

***VOLUME 3 - QUADRO DI RIFERIMENTO
PROGETTUALE - AMBITO TERRESTRE***

***VOLUME 4 – QUADRO DI RIFERIMENTO
PROGETTUALE - AMBITO MARINO***

1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento del progetto interessa una porzione di territorio nel Nord della Sardegna, l'area marina tra la Sardegna e la Corsica, l'area marina tra la Corsica e la penisola italiana e la Regione Toscana. Nell'inquadramento geografico, di cui alla figura 1.1 seguente, è riportato il tracciato dell'esistente collegamento HVDC SA.CO.I. 2.

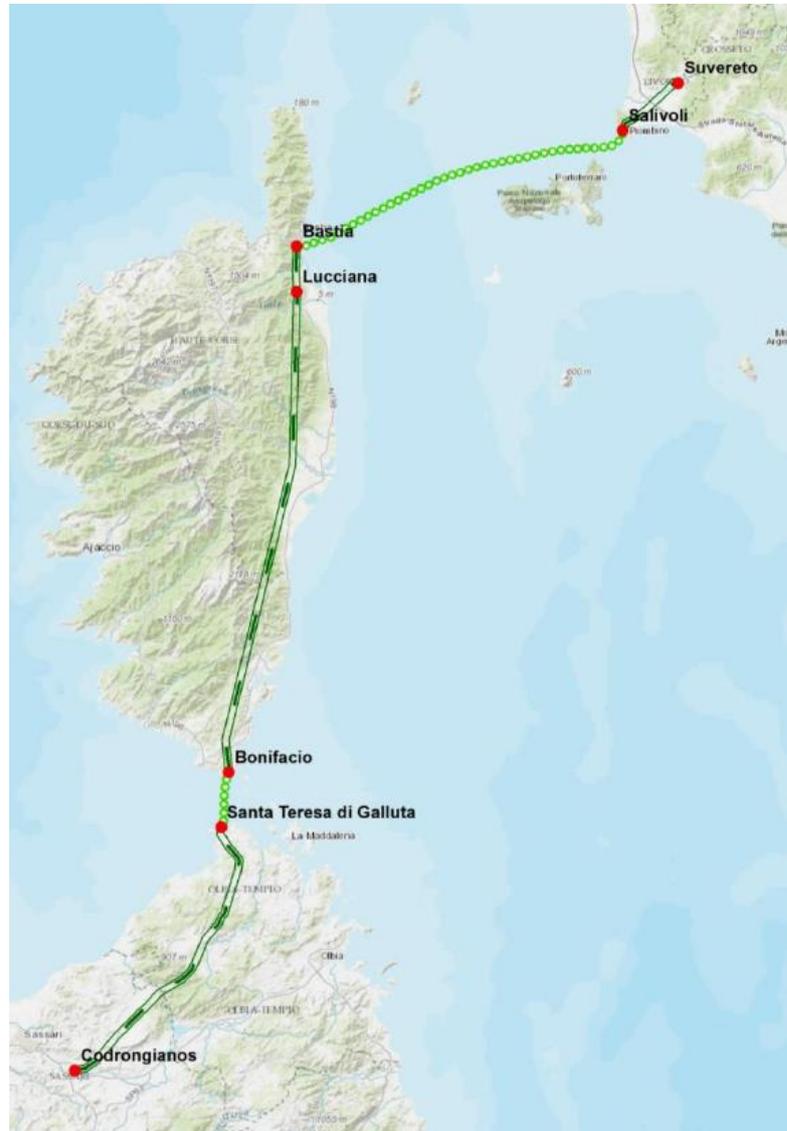


Figura 1.1 Inquadramento geografico dell'attuale collegamento SA.CO.I. 2

Nell'ambito del progetto di rinnovo, denominato SA.CO.I. 3, oggetto del presente SIA, in figura 1.2 vengono individuate le aree di intervento, riguardanti esclusivamente gli interventi situati in territorio italiano.

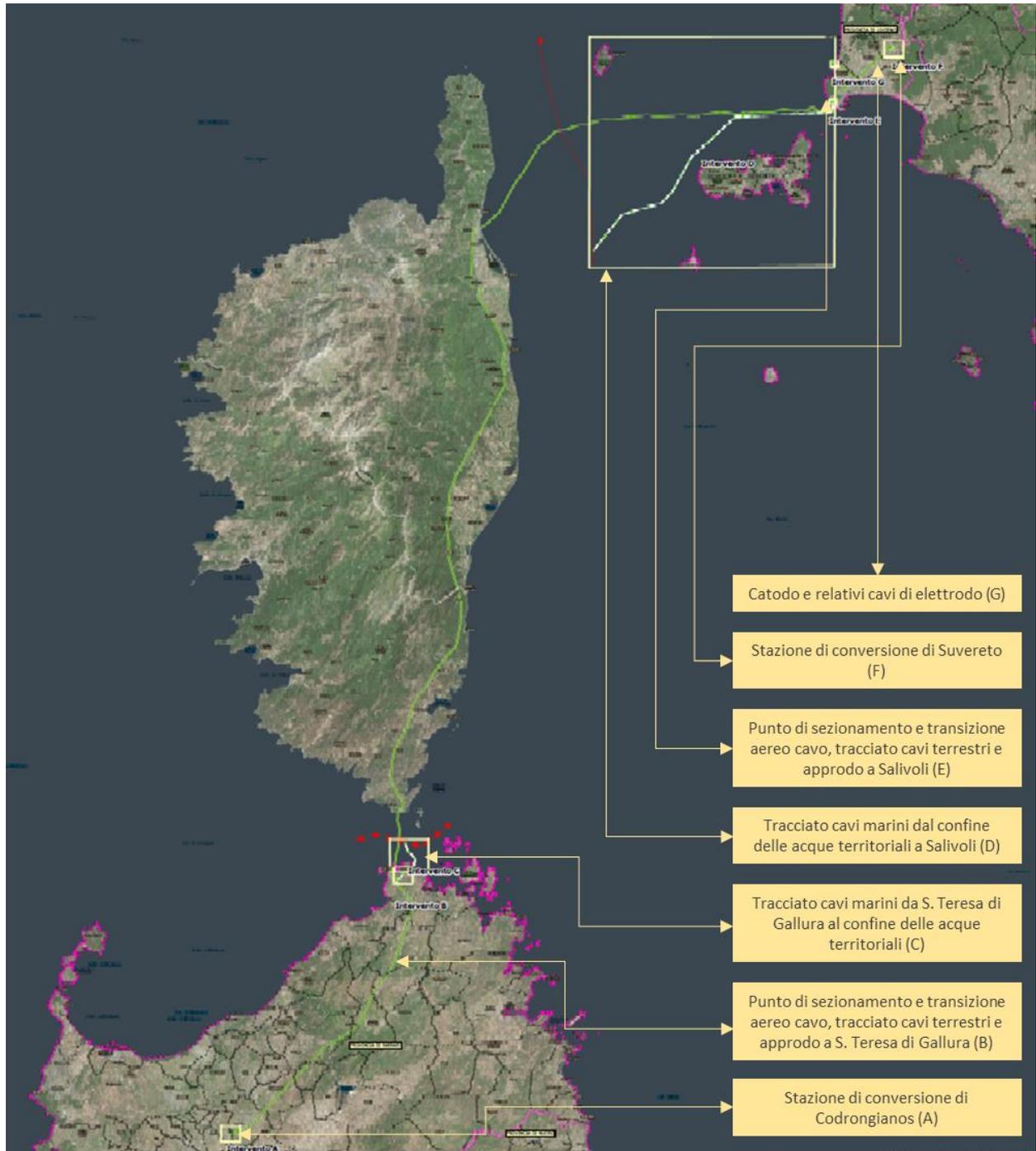


Figura 1.2 Individuazione delle aree di intervento previste nell'ambito del progetto SA.CO.I. 3

Per quanto concerne il territorio italiano i comuni interessati dalle opere di progetto connesse al SA.CO.I. 3 sono Santa Teresa Gallura e Codrongianos per la Regione Sardegna e Piombino, Suvereto e San Vincenzo per la Regione Toscana.

Comune	Provincia	Regione
Santa Teresa Gallura	Sassari	Sardegna
Codrongianos	Sassari	Sardegna
Piombino	Livorno	Toscana
Suvereto	Livorno	Toscana
San Vincenzo	Livorno	Toscana

Tabella 1.1 Comuni interessati nel territorio nazionale dalle opere costituenti il collegamento SA.CO.I. 3

Per quanto riguarda gli interventi a mare, essi sono da intendersi relativi ai tratti collocati entro il confine delle acque territoriali italiane.

2 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

Il progetto SA.CO.I.3 consiste nel rinnovo e ammodernamento dell'attuale collegamento elettrico HVDC tra la Sardegna, la Corsica e la penisola italiana, denominato SA.CO.I.2 ormai giunto al termine della sua vita utile. Come noto una eventuale perdita definitiva dell'attuale interconnessione comporterebbe:

- la mancanza di uno strumento fondamentale al mantenimento di adeguati livelli di affidabilità della rete in Sardegna;
- la riduzione di capacità di trasporto tra la zona Centro-Nord e Sardegna;
- un rilevante deficit della copertura del fabbisogno attuale e previsionale della Corsica.

Il collegamento elettrico HVDC (High Voltage Direct Current) tra Sardegna, Corsica e penisola italiana, SA.CO.I.3, fermo restando la tensione di esercizio in corrente continua a 200 kV, è previsto essere realizzato sfruttando in gran parte gli asset attuali, con ammodernamento delle stazioni di conversione in configurazione bipolare e la sostituzione dei cavi terrestri e marini (realizzato negli anni '60), e consentirà di utilizzare una capacità di trasporto complessiva fino a 400 MW.

Nell'ambito delle attività di rinnovo, verranno inoltre sostituiti per motivi di vetustà il catodo esistente in Toscana e la relativa linea in cavo. Per quanto concerne invece le linee aeree che fanno parte dell'attuale collegamento SA.CO.I. 2 non saranno invece oggetto di alcun intervento in quanto già adeguate alla capacità di trasporto prevista per il collegamento.

Scendendo maggiormente nel dettaglio, gli interventi di rinnovo lato Italia prevedono:

- Lato Sardegna:
 - A. Nuova stazione di conversione alternata/continua in adiacenza all'esistente Stazione Elettrica di Codrongianos nel territorio del Comune di Codrongianos in provincia di Sassari;
 - B. Nuovo tracciato in cavi interrati tra il nuovo punto di approdo dei cavi marini a Santa Teresa Gallura (SS), presso la spiaggia La Marmorata, e il nuovo punto di transizione cavo-aereo previsto nel Comune di S.Teresa Gallura in località Buoncammino;
 - C. Nuovi cavi marini tra la Sardegna e il limite delle acque territoriali italiane con un nuovo tracciato che si sviluppa dal nuovo punto di approdo a S.Teresa Gallura (l'intervento in progetto si riferisce esclusivamente al tracciato tra la spiaggia La Marmorata e il limite delle acque nazionali);

Nella figura seguente sono riportati gli interventi e la localizzazione di dettaglio in Sardegna.

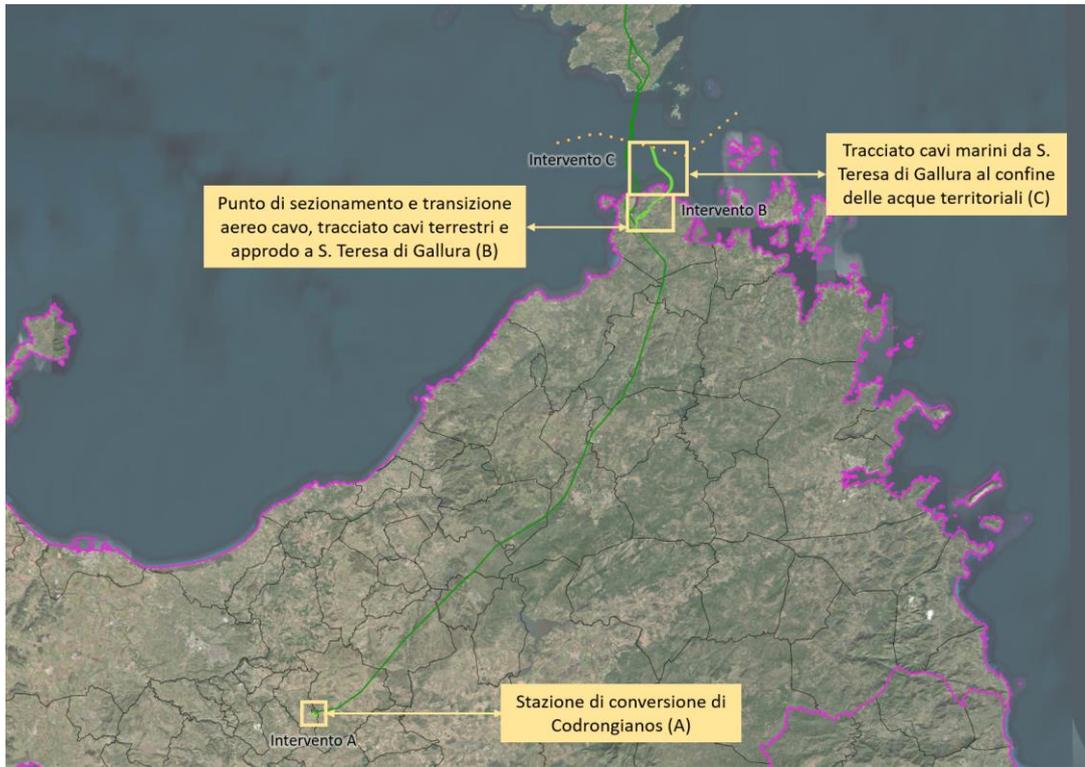


Figura 2.1 individuazione delle aree di intervento in Sardegna

- Lato Toscana:

- D. Nuovi cavi marini di collegamento tra il limite delle acque territoriali e la penisola italiana con il punto di approdo presso la spiaggia di Salivoli nel Comune di Piombino (l'intervento in progetto si riferisce esclusivamente al tracciato tra il limite delle acque nazionali e Salivoli);
- E. Nuovo tracciato in cavi interrati tra il nuovo punto di approdo dei cavi marini a Salivoli (spiaggia ad est del porto turistico) nel Comune di Piombino e l'attuale punto di transizione cavo-aereo sito a nord nella medesima zona;
- F. Nuova stazione di conversione alternata/continua all'interno dell'esistente Stazione Elettrica di Suvereto in provincia di Livorno;
- G. Nuovi cavi di elettrodo e catodo presso la località La Torraccia nel Comune di San Vincenzo.

Nella figura seguente sono riportati gli interventi e la localizzazione di dettaglio in Toscana.

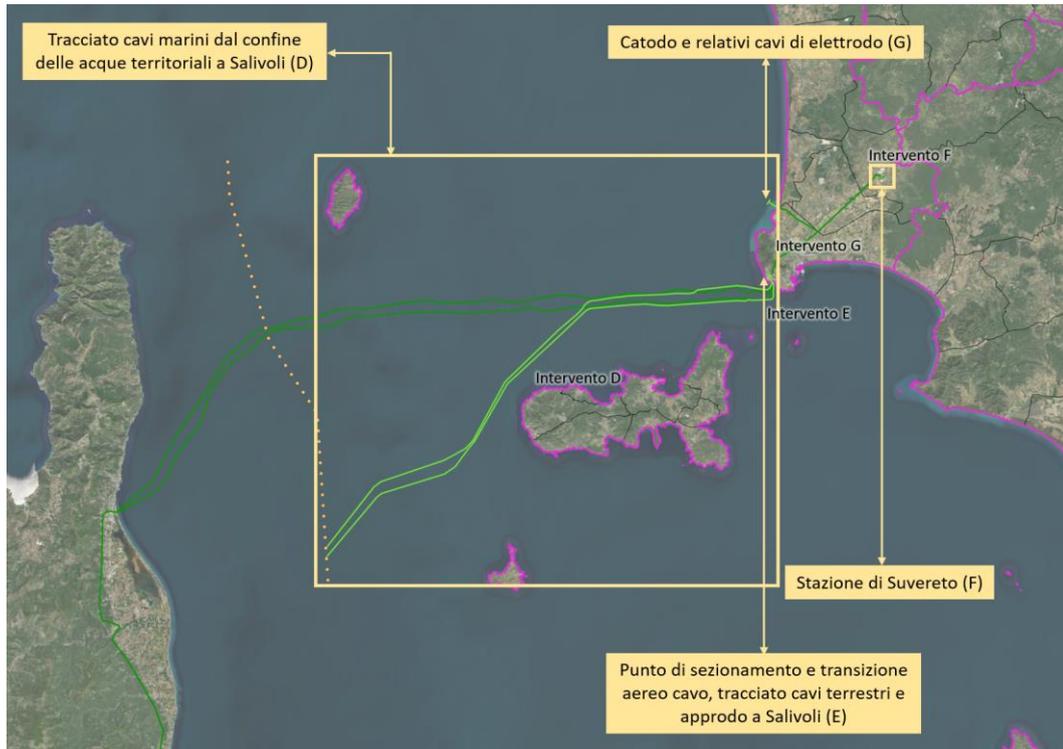


Figura 2.2 individuazione delle aree di intervento in Toscana

Nell'ambito del rinnovo del collegamento verranno realizzate ex novo anche le stazioni di conversione di Suvereto e Codrongianos, per le quali si adatterà uno schema di tipo bipolare completamente ridondato. Tale configurazione permette la continuità di esercizio a potenza ridotta in caso di fuori servizio o manutenzione di alcuni elementi del collegamento come ad esempio:

- indisponibilità per guasto o manutenzione di un modulo di conversione;
- indisponibilità di un collegamento di polo mediante l'utilizzo degli elettrodi per il ritorno della corrente via mare.

In condizioni di normale esercizio, gli elettrodi saranno interessati da un flusso di corrente pressoché nullo; in caso di guasto su uno dei due collegamenti di polo, invece, gli elettrodi permetteranno di non interrompere completamente la trasmissione di potenza lungo la connessione, sfruttando il mare per il ritorno della corrente per un funzionamento a potenza ridotta per il solo tempo necessario al ripristino del cavo di polo danneggiato.

Lo schema elettrico è costituito, lato Italia, da quattro moduli di conversione ciascuno da 200 MW nominali, collegati tra loro mediante n° 2 linee di polo a 200 kVcc in cavo terrestre e marino, oggetto di rinnovo, e linee aeree già esistenti e già dimensionate per garantire la trasmissione della potenza nominale del collegamento.

Tale schema elettrico potrà subire modifiche in fase di progettazione esecutiva anche in funzione delle soluzioni offerte a livello tecnologico dai costruttori e delle evoluzioni del settore elettrico.

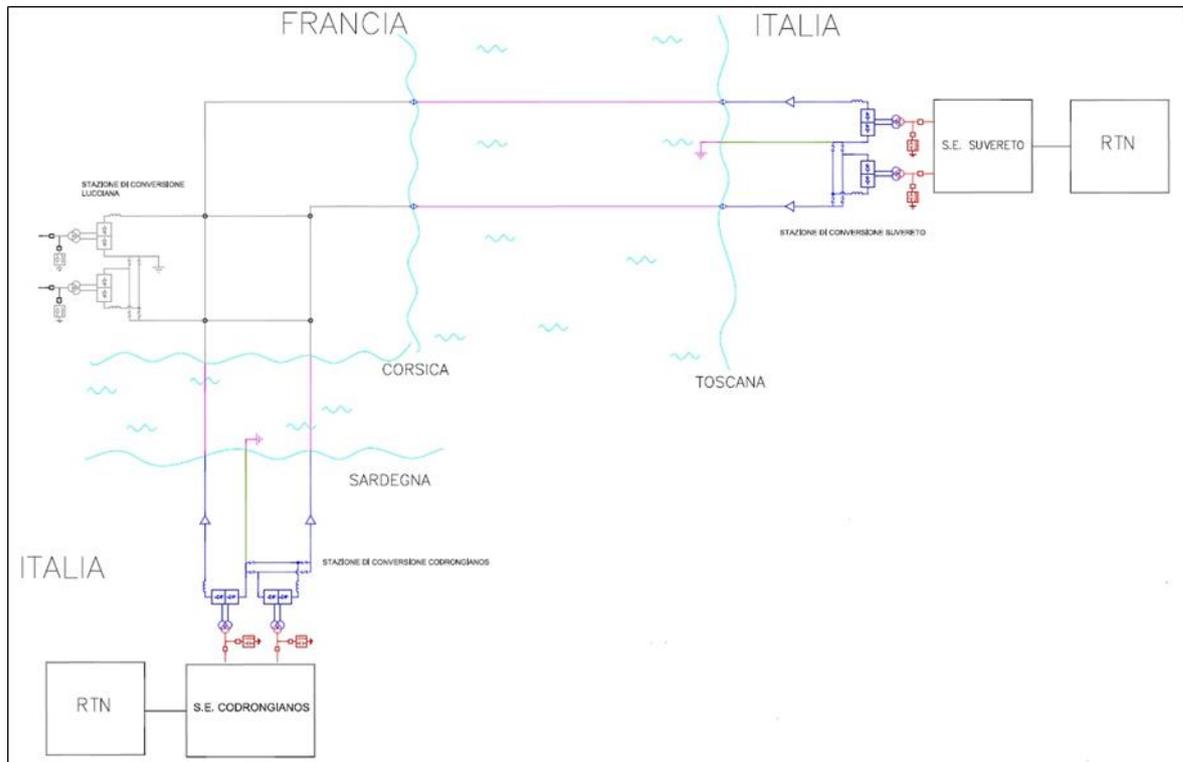


Figura 2.3 Schema funzionale del collegamento nella sua estensione completa

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

3.1 Premessa

La parte marina del Collegamento “SA.CO.I. 3”, in corrente continua ad altissima tensione tra la Sardegna, la Corsica e la penisola Italiana, si articola su due diverse tratte, ognuna delle quali costituita da due cavi di polo, alle quali si aggiunge un elettrodo sottomarino con il relativo cavo di collegamento all’approdo Toscano.

Basandosi sulle direttrici identificate tramite carte nautiche nel progetto depositato, è stato sviluppato un corridoio per l’esecuzione della survey preliminare i cui esiti hanno consentito di individuare i tracciati preferibili dal punto di vista tecnico ed ambientale. Tali tracciati rappresentati ed esaminati nel presente SIA costituiscono il riferimento per la posa a mare. In fase esecutiva l’intorno del cavo sarà indagato con rilievi ancor più di dettaglio, anche in ragione delle tecnologie impiegate, questo anche al fine di ottimizzare le rotte e consentire, quindi, di ridurre ulteriormente e minimizzare eventuali interferenze con gli ecosistemi marini.

Il Collegamento si sviluppa quindi, per la tratta Toscana-Corsica, dall’approdo di Salivoli (LI) fino alla costa francese nelle vicinanze di Lucciana, circa 20 km a sud di Bastia, e, per la tratta Sardegna-Corsica, dalla spiaggia di Cala Marmorata, nel comune di Santa Teresa Gallura (SS), fino all’approdo di Cala Sciumara (Bonifacio).

Per quanto concerne l’elettrodo e il relativo cavo sottomarino lato Italia, questi si trovano invece in località La Torraccia, nel comune di San Vincenzo (LI).

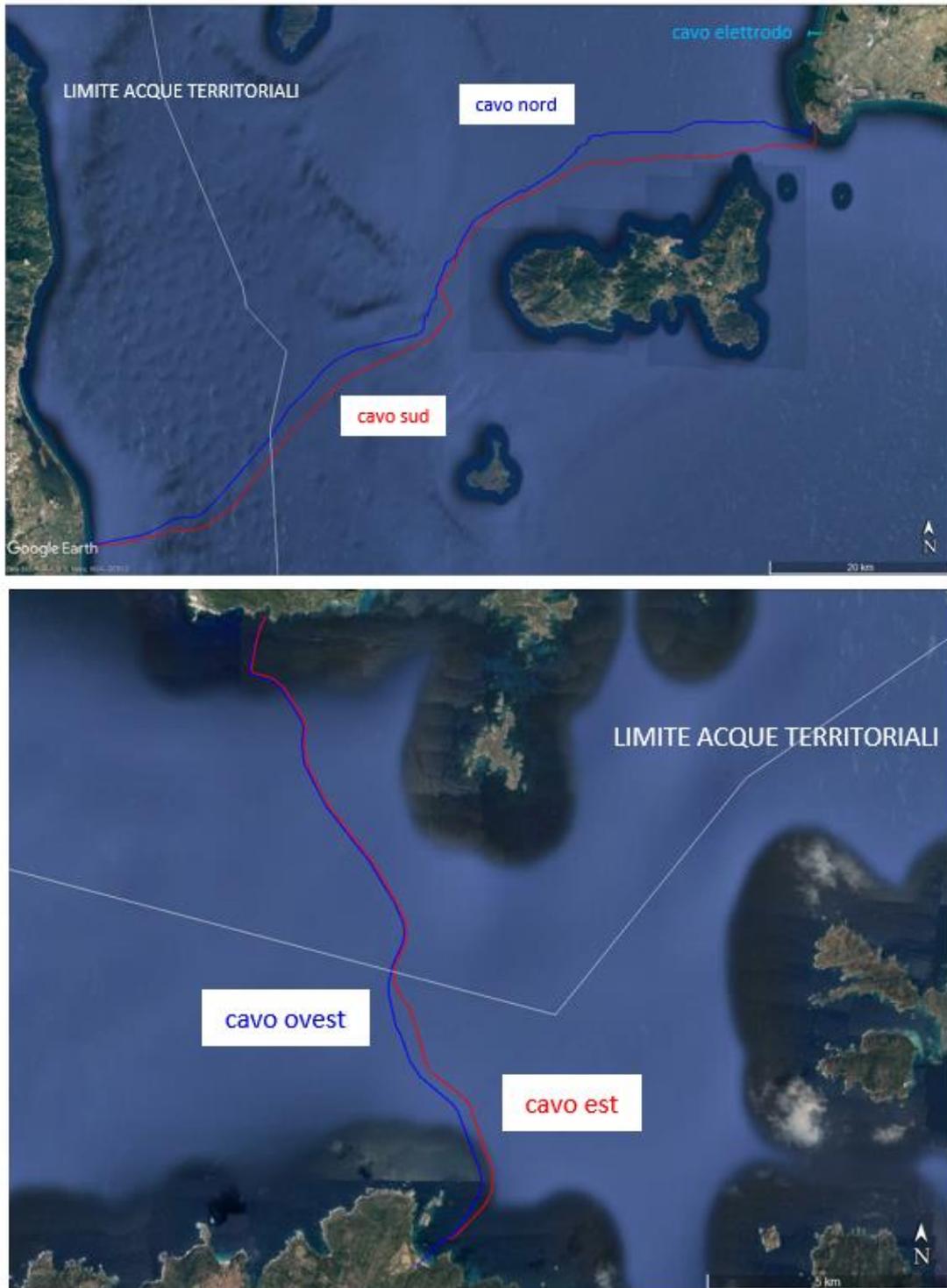


Figura 3.1 Collegamento HVDC SA.CO.I. 3 (Sardegna – Corsica – Italia)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle due tratte di collegamento, del cavo di elettrodo e delle caratteristiche geografiche, riportando il dettaglio delle tratte ricadenti in acque di competenza italiana.

Tratta	Approdo	Comune sito di approdo	Lunghezza tracciato in acque di competenza italiana
Toscana - Corsica	Salivoli	Piombino (LI)	cavo Nord: circa 77 km cavo Sud: circa 79 km
Sardegna - Corsica	Cala Marmorata	Santa Teresa Gallura (SS)	cavo Est: circa 7 km cavo Ovest: circa 7 km
cavo di elettrodo	La Torraccia	San Vincenzo (LI)	Circa 1.4 km

3.2 Caratteristiche tecniche delle opere

3.3 Intervento C – Tracciato cavi marini da S.Teresa Gallura al confine delle acque territoriali

L'intervento di rinnovo e ripotenziamento prevede la posa di due nuovi cavi di polo sottomarini a livello di tensione di 200 kV in corrente continua. La scelta dei tracciati marini è stata quindi condotta considerando:

- i siti di approdo dei cavi marini per l'individuazione di aree idonee nelle quali collocare i rispettivi giunti T/M, andando quindi ad adeguare i tracciati del nuovo collegamento;
- le attività di pesca ed in generale di traffico marittimo esistenti nelle aree prese in esame, in quanto costituiscono il principale fattore di danneggiamento di cavi marini;
- i cavi e le condotte sottomarine esistenti, in esercizio e fuori servizio;
- la presenza dell'attuale collegamento andando ad evitare, per quanto tecnicamente possibile, incroci con i cavi del nuovo collegamento
- la tipologia del fondale e l'andamento batimetrico, andando ad evitare, per quanto possibile, di interessare scarpate e fondali a gradienti molto elevati, aree marine protette e aree marine interessate da biocenosi di pregio.

Per quanto riguarda il tracciato cavi relativo alla tratta Sardegna-Corsica (Figura 3.2), partendo dal giunto T/M dell'approdo localizzato in prossimità della spiaggia nel sito La Marmorata, questo si sviluppa quasi perpendicolarmente alla linea di costa in direzione Nord Est per circa 2 km, raggiungendo la profondità di 55 m circa per poi deviare in direzione nord-ovest per uscire dalla cala della Marmorata, raggiungendo dopo circa 5 km il limite delle acque territoriali, in corrispondenza della batimetrica dei -75 m circa.

La massima profondità di posa raggiunta per questa tratta, in acque italiane, è di circa 75 metri.

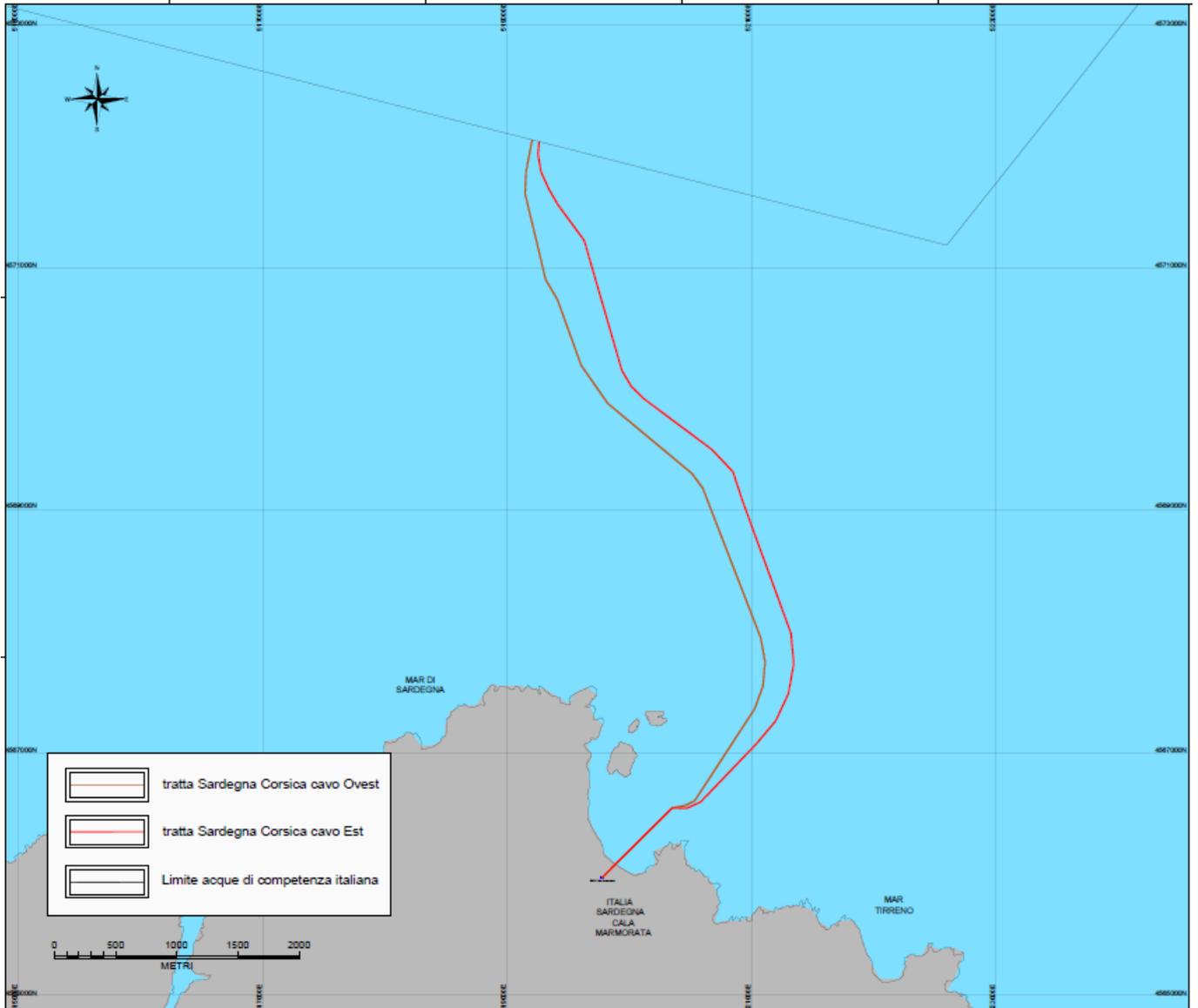


Figura 3.2: Tratta Sardegna Corsica all'interno delle acque territoriali italiane, cavo est e cavo ovest

La tipologia di cavo di potenza che è stata individuata per il caso specifico in progetto è di tipo a carta impregnata con una miscela ad alta viscosità le cui principali caratteristiche sono riportate di seguito.

Resta inteso che in sede di progettazione esecutiva la scelta del tipo di cavo e delle relative dimensioni potrà subire modifiche in considerazione dei dati ambientali marini e delle scelte tecnologiche del fornitore.



Figura 3.3: Dimensioni e caratteristiche dei cavi di polo (caratteristiche indicative)

Ciascun cavo di potenza marino sarà corredato da un cavo a fibre ottiche per il sistema di protezione, controllo e conduzione dell'impianto.

In base alle tecnologie disponibili, detti cavi a fibra ottica potranno essere realizzati con un cavo separato posato insieme ai cavi di energia o, in alternativa, potrebbero essere posati separatamente a debita distanza.

Il cavo a fibre ottiche è di tipo multifibra con nucleo a tubetti per l'alloggiamento di 24 o 48 fibre. La protezione meccanica è costituita da doppia armatura a fili di acciaio.

3.4 Intervento D - Tracciato cavi marini dal confine delle acque territoriali a Salivoli

Le caratteristiche tecniche dei cavi marini nonché i criteri di scelta dei tracciati risultano analoghe a quelle considerate per l'intervento C.

Per quanto concerne il tracciato cavi relativo alla tratta Toscana-Corsica (figura 3.4), partendo dal giunto T/M dell'approdo localizzato in prossimità della spiaggia di Salivoli, questo una volta superato il Golfo di Piombino segue un percorso pressochè parallelo ai cavi esistenti del vecchio collegamento SACOI 2 per circa 25 km, passando a Nord dell'Isola d'Elba, a quasi due miglia nautiche di distanza da Capo della Vita, fino alla batimetrica dei 115 m circa. Oltre tale tratto, il tracciato devia in direzione Sud-Ovest per altri 30 km circa, mantendosi oltre le tre miglia nautiche dalla costa occidentale dell'Isola. In prossimità della batimetrica dei 75 m circa il tracciato devia verso Ovest, in direzione della costa corsa, passando a sud del Canyon dell'Elba e incontrando il limite delle acque italiane dopo circa 25 km in prossimità della batimetrica dei 580 m.

Complessivamente per tale tratta la massima profondità di posa raggiunta, in acque italiane, è di circa 650 metri.

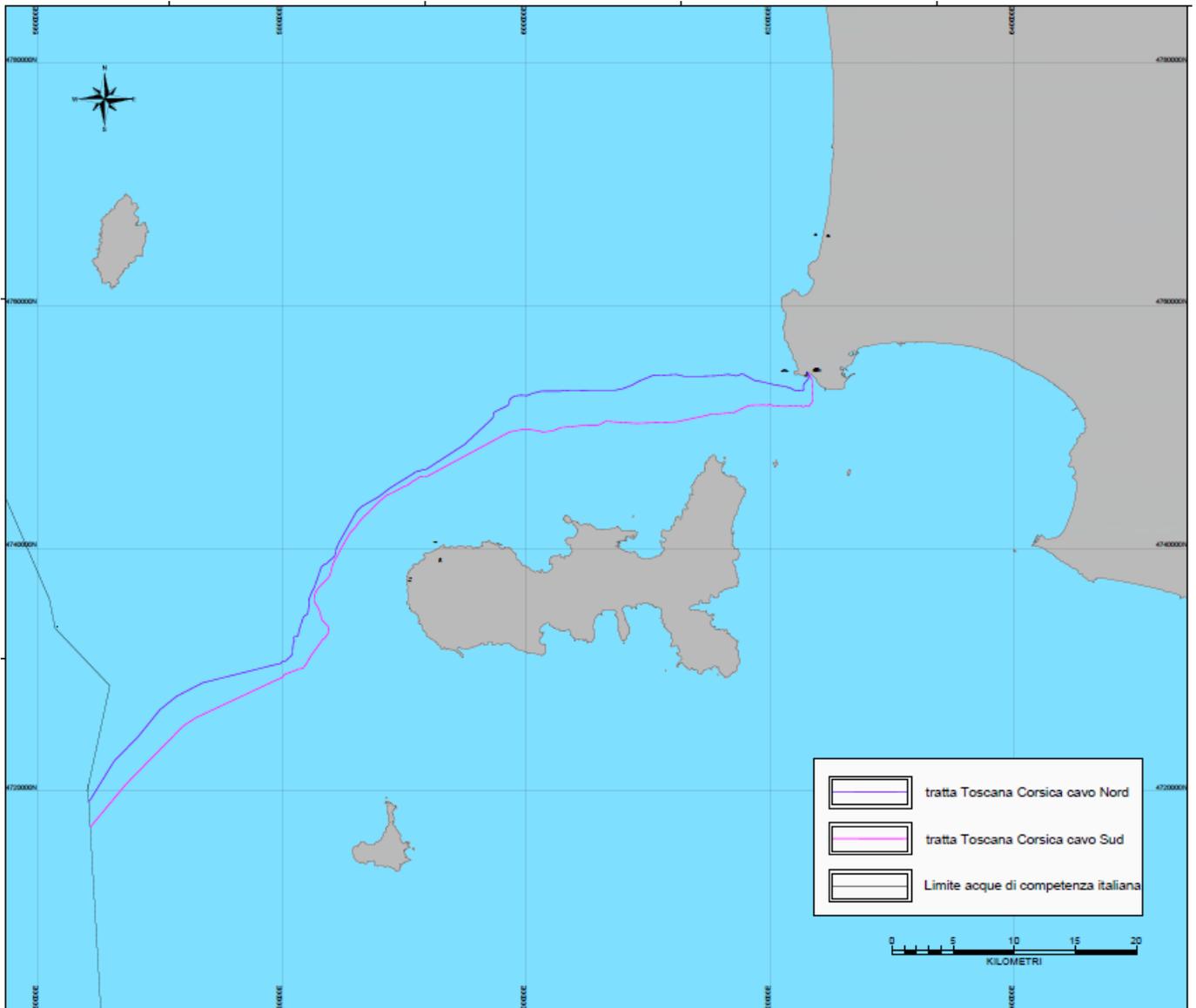


Figura 3.4 Tratta Toscana Corsica all'interno delle acque territoriali italiane, cavo nord e cavo sud

3.5 Intervento G – Catodo e relativi cavi di elettrodo

Nell'ambito del rinnovo dell'opera verrà sostituito il catodo del collegamento e verranno posati nuovi cavi sottomarini nel tratto di mare antistante la località La Torraccia (comune di San Vincenzo, LI), si veda la successiva Fig. 3.5.

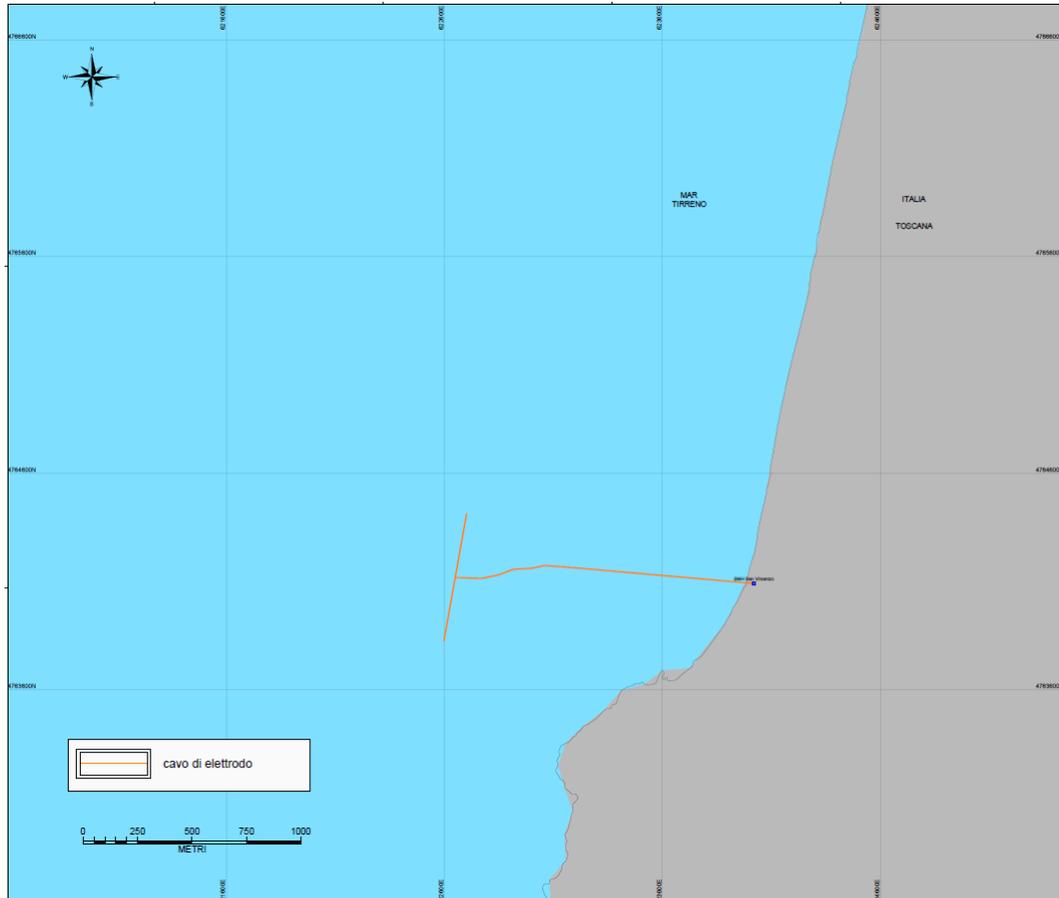


Figura 3.5 Cavo di elettrodo nel tratto di mare antistante la località La Torraccia a San Vincenzo

Il nuovo catodo, con caratteristiche costruttive e funzionali equivalenti all'attuale, verrà collocato sul fondale marino al largo della costa toscana, in prossimità dell'elettrodo esistente, ad una profondità non superiore ai 30 metri e a circa 1.5 km dalla costa, compatibilmente con gli esiti delle indagini di dettaglio.

L'elettrodo sarà costituito da due spezzoni di rame nudo di sezione opportuna e della lunghezza complessiva di circa 600 m e verrà collegato al fondale marino da appositi ancoraggi. Un disegno tipico di configurazione dell'elettrodo sottomarino è riportato in Fig. 3.6, ma in fase di progettazione esecutiva potrebbero essere adottati altri materiali e/o geometrie sulla base delle tecnologie disponibili sul mercato.

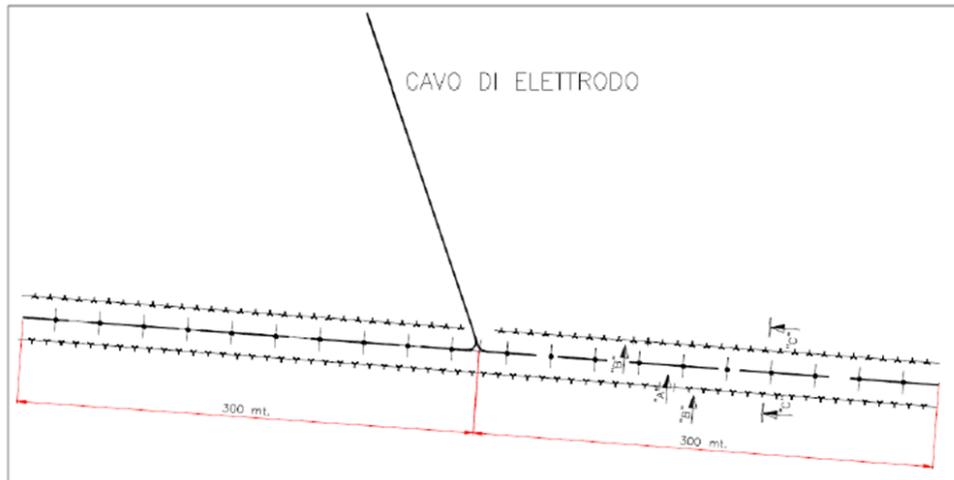


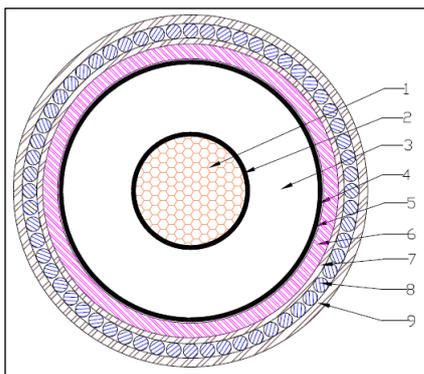
Fig. 3.5: Disegno tipico di catodo sottomarino

Opportuni ancoraggi sottomarini, costituiti da blocchi di calcestruzzo, serviranno per evitare l'affondamento dell'elettrodo nel fondale marino sabbioso. Allo scopo di limitare il rischio di rampinamenti da parte di ancore o attrezzi da pesca (tipo quelli utilizzati per "pesca a strascico"), saranno posti dei dissuasori di idonea geometria anche nell'intorno dell'elettrodo

Il catodo sottomarino sarà collegato alla terraferma tramite due cavi sottomarini ad isolamento estruso (cavi di tensione nominale 12/20 kV), con conduttore in rame che verranno posati in vicinanza della costa con tubazioni preinstallate con tecnica del Directional Drilling (HDD).

Di seguito si riportano le caratteristiche principali ed una sezione tipica del cavo sottomarino di collegamento agli elettrodi.

Le caratteristiche di tali cavi sono del tutto indicative e in sede di progettazione esecutiva potrebbero subire modifiche in considerazione dei dati ambientali marini e terrestri e delle scelte tecnologiche del fornitore.



Legenda	
1	Conduttore rotondo compatto a fili di rame, tamponato
2	Strato semiconduttivo interno
3	Isolante XLPE o EPR
4	Strato semiconduttivo esterno
5	Schermo a nastri di rame
6	Guaina di polietilene
7	Imbottitura in filato di polipropilene
8	Armatura a fili di acciaio zincato
9	Fasciatura esterna in filato di polipropilene

Caratteristiche principali preliminari	
Tensione	12/20 kV
Materiale del conduttore	Rame
Sezione nominale del conduttore	1000 - 2000 mm ²
Diametro esterno	70 - 100 mm
Peso in aria	20 - 30 kg/m

Figura 3.6: Caratteristiche del cavo martino di collegamento all'elettrodo (caratteristiche indicative)

Nell'ambito dell'intervento è prevista la rimozione degli elementi in rame che costituiscono l'attuale sistema mediante la rimozione meccanica dei singoli componenti.

I dettagli relativi alle tratte del Collegamento sono riportati all'interno dei seguenti allegati cartografici.

Codifica	Titolo della tavola cartografica	Formato	Scala
DGHR10002B2117225	Inquadramento territoriale: tratta Toscana - limite acque di competenza italiana (D)	A0	1:100'000
DGHR10002B2115797	Inquadramento territoriale: tratta Sardegna - limite acque di competenza italiana (C)	A0	1:10'000
DGHR10002B2116458	Inquadramento territoriale: tracciato del cavo di elettrodo (G)	A0	1:5'000

4 ANALISI DELLE ALTERNATIVE

4.1 Premessa

Lo studio progettuale è stato approfondito in considerazione del vincolo imprescindibile volto a garantire la continuità di servizio del SACOI 2 nelle more dell'entrata in esercizio del SACOI 3. Relativamente all'elettrodo, in particolare, sarà necessario pianificare opportunamente le attività di rinnovo al fine di garantire la continuità di esercizio.

A tal proposito la scelta progettuale analizzata nel presente SIA è ricaduta sulla-soluzione blu (alternativa 2 nella figura di seguito) in quanto:

- consente la realizzazione di un HDD terrestre allineato rispetto all'arrivo dei cavi marini che permette di by passare, annullando le rispettive interferenze:
 - o la pineta
 - o la zona di interesse archeologico
 - o la strada provinciale
 - o la zona dunale costiera
- consente di ottimizzare l'HDD terra mare al fine di:
 - o Limitare al minimo l'interferenza con la posidonia
 - o Garantire una adeguata distanza tra il nuovo dispersore e l'esistente.

Di contro la soluzione rossa così come indicata:

- non avrebbe consentito la realizzazione di un HDD che bypassi la strada data l'interferenza con il cavo esistente, per cui sarebbe necessario un attraversamento con trincea tradizionale
- avrebbe richiesto un tracciato più lungo e quindi un maggiore utilizzo di suolo
- avrebbe richiesto, data l'interferenza con il cavo esistente, la necessità di effettuare i lavori lungo il sedime stradale (prevedendo eventualmente quindi una zona di traffico alternato) o in alternativa lungo la banchina/zona dunale
- dal punto di vista marino, trovandosi l'approdo più prossimo rispetto all'esistente, a parità di lunghezza massima dell'HDD effettuabile, il tracciato avrebbe avuto una maggiore percorrenza e pertanto interferito maggiormente con il posidonieto antistante l'approdo, dovendo prevedere una rotta con direzione SW con angolo alla partenza abbastanza pronunciato.



Legenda

- | | | |
|--|--|---|
|  Limite provinciale |  Punto di approdo |  Alternativa 1 |
|  Limite comunale |  Punto di transizione |  Alternativa 2 |

Fig. 4.1: Intervento G - Alternative di progetto

Relativamente al tracciato cavi di polo, la fase di concertazione del progetto lato Corsica ha portato alla definizione di un “fuseau de moindre impact” che esclude l’approdo originario del SACOI (nord nei pressi di Bastia) a favore di una soluzione ubicata circa 20 km più a sud e in corrispondenza della futura stazione di conversione di Lucciana. Tale corridoio, consente la riduzione della percorrenza del cavo a mare raggiungendo nella maniera più rettilinea possibile le acque territoriali in corrispondenza del punto di arrivo della direttrice 1 (blu). Per tali motivi, in ottica di ottimizzazione dei tracciati e di riduzione degli stessi l’alternativa rossa non è stata perseguita.

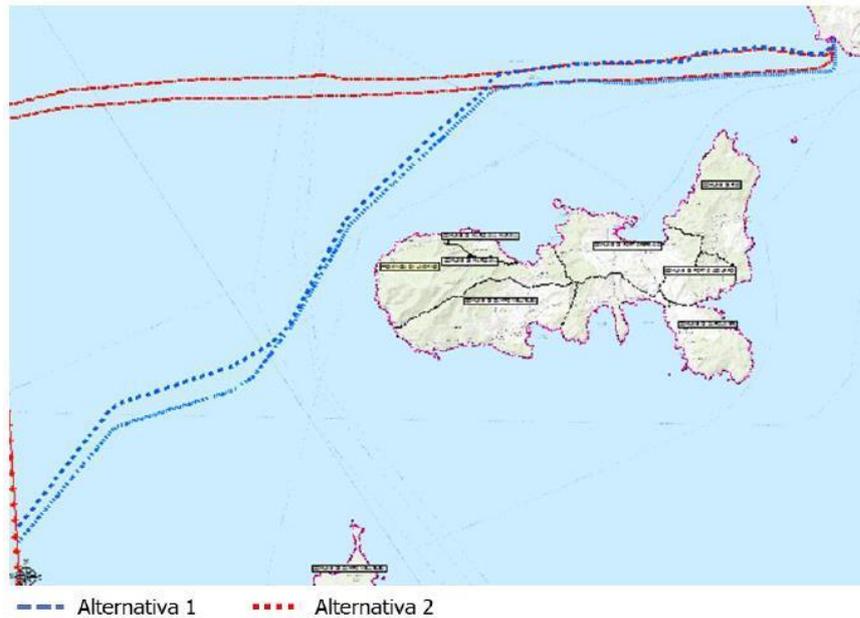


Fig. 4.2: Intervento D - Alternative di progetto

Relativamente ai tracciati sottomarini del nuovo collegamento SACOI 3, nel caso dell'approdo di Santa Teresa Gallura è stato possibile analizzare due diverse alternative progettuali.

4.2 Intervento C – Tracciato cavi marini da S.Teresa Gallura al confine delle acque territoriali

Per quanto riguarda il nuovo tracciato dei cavi marini da Santa Teresa Gallura al confine delle acque territoriali (intervento "C") sono state individuate due soluzioni alternative per lo sviluppo del progetto.

Alternativa 1

La prima alternativa di progetto proposta da Terna in sede di concertazione con il territorio e di consultazione con la cittadinanza e nella stessa sede esclusa su richiesta del Comune, prevedeva lo sviluppo dei nuovi cavi marini nelle immediate vicinanze dell'attuale tracciato, ovvero dall'esistente punto di approdo di Santa Teresa Gallura sulla spiaggia Rena Bianca al confine delle acque territoriali, ripercorrendo pertanto un tracciato in prossimità dell'attuale tracciato del collegamento SA.CO.I. 2.

Alternativa 2

L'alternativa 2, emersa durante la concertazione e consolidata durante le fasi di consultazione con la cittadinanza, prevede il punto di approdo dei cavi marini presso la spiaggia de La Marmorata e pertanto un tracciato dei cavi marini completamente diverso rispetto alla precedente proposta progettuale.

Nell'immagine seguente sono rappresentate le due alternative progettuali citate (a sinistra con approdo nella spiaggia di Rena Bianca a destra con approdo nella spiaggia di Cala Marmorata).

Il dettaglio relativo al due alternative è riportato all'interno del seguenti allegato cartografico.

Codifica	Titolo della tavola cartografica	Formato	Scala
DGHR10002B2115912	Analisi delle alternative: tracciato cavi marini da S. Teresa di Gallura al confine delle acque territoriali (C) - approdi di Rena Bianca e Cala Marmorata	A0	1:10'000

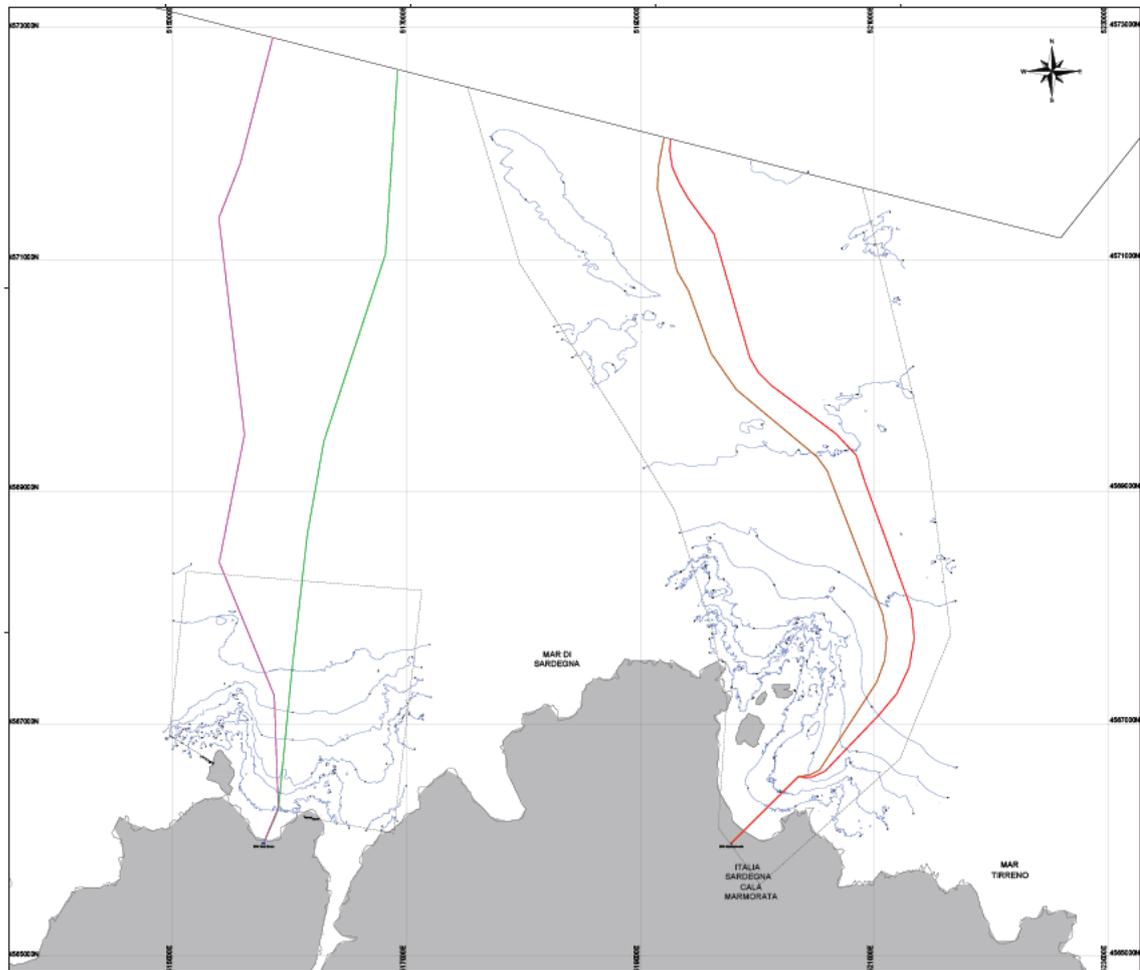


Fig. 4.3: Approdo di Santa Teresa di Gallura, alternative di progetto

4.2.1 Criteri di scelta di carattere ambientale

Il confronto di dettaglio tra le due alternative di approdo è riportato nelle matrici allegare al documento, ma nella tabella 4.1 sono riportati i principali elementi presi in considerazione in ambito marino, ovvero l'attraversamento delle aree marine sottoposte a diversi livelli di tutela e del posidonieto presente in corrispondenza di entrambi gli approdi.

Dal punto di vista degli attraversamenti delle aree protette, entrambi i tracciati ricadono interamente all'interno del SIC ITB013052 Da Capo Testa all'Isola Rossa, che si estende dalla linea di costa al limite delle acque territoriali italiane. Tale sito, di recente istituzione, rappresenta un'importante area per la presenza del delfino *Tursiops truncatus* e per specie di avifauna d'importanza comunitaria. In particolare, l'area in oggetto rappresenta un'area di foraggiamento delle colonie di Berta Maggiore che si riproducono nell'Arcipelago della Maddalena.

Il tracciato in approdo a Rena Bianca attraversa inoltre per un brevissimo tratto il SIC ITB010007 Capo Testa, di rilievo per la caratteristica morfologia costiera, per la varietà di forme tipiche del granito nell'entroterra, per la presenza su tutta la penisola di sedimenti litorali fossiliferi del Pleistocene superiore, per la vegetazione costiera presente nell'area con alcune specie endemiche e infine per la presenza di alcune specie pelagiche di avifauna.

Entrambi i tracciati attraversano inoltre, con percorrenze differenti anche se paragonabili, l'Area Marina Protetta Capo Testa – Punta Falcone. Tale area è caratterizzata dalla presenza di *Posidonia oceanica*, di molte specie di uccelli (di cui alcune elencate nell'allegato I della Direttiva Uccelli) legate agli ambienti rocciosi, di varie specie di mammiferi marini e non, di diverse specie di rettili e di anfibi (alcune delle quali incluse nell'allegato IV della Direttiva Habitat). Tra i pesci, oltre ai grandi pesci cartilaginei, si evidenzia la presenza dell'agone (*Alosa fallax*) e infine tra gli invertebrati sono di particolare rilievo il corallo rosso (*Corallium rubrum*), il falsocorallo nero (*Gerardia savaglia*) e la patella ferrosa (*Patella ferruginea*). I tracciati in approdo a Rena Bianca attraversano le zone BS di riserva generale speciale e C di riserva parziale dell'AMP, mentre i tracciati in approdo a Cala Marmorata attraversano le zone B di riserva generale e C di riserva parziale.

Infine, entrambe le alternative ricadono interamente all'interno del Santuario del Mammiferi Marini e dell'Important Bird Area IBA 223 della Sardegna Settentrionale.

Dal punto di vista dell'attraversamento del posidonieto, in corrispondenza dell'approdo di Rena Bianca i rilievi eseguiti da Terna nel secondo semestre del 2020 hanno evidenziato la presenza di un posidonieto omogeneo che si sviluppa indicativamente tra 8-10 m di profondità (limite superiore) e i 25-33 m (limite inferiore). L'estensione totale del posidonieto rilevato all'interno del corridoio di survey è di circa 49 ha. I tracciati dei cavi est e ovest del collegamento attraverserebbero il posidonieto per circa 280 e 340 m rispettivamente. In questo caso, considerando che la larghezza delle due trincee da realizzare per la protezione dei cavi sarà di circa 30 cm, la perdita totale del posidonieto in corrispondenza di questo approdo sarebbe di 186 m².

Per quanto riguarda invece l'approdo di Cala Marmorata, i rilievi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un posidonieto omogeneo che in alcune aree si sviluppa anche su roccia. Il limite superiore della prateria si trova indicativamente in prossimità della batimetrica dei -8 m, anche se alcune chiazze si spingono maggiormente verso la linea di costa. Il limite inferiore segue invece indicativamente la batimetrica dei -30m nel lato occidentale della baia e quella dei -26 m nel lato centrale, dove lascia il posto a sedimenti sabbiosi di natura fine. L'estensione totale del posidonieto rilevato all'interno del corridoio di survey è di 153 ha. Dal punto di vista dell'attraversamento del posidonieto da parte dei cavi est e ovest del collegamento, si segnala che in corrispondenza dell'approdo di Cala Marmorata i tracciati selezionati non interesseranno direttamente il posidonieto, in quanto la fascia di prateria sottocosta sarà bypassata tramite Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC), il cui foro di uscita sarà posizionato in corrispondenza di una radura sabbiosa e i tracciati dei due cavi procederanno verso il largo attraversando substrati privi di Posidonia.

Tabella 4.1: confronto tra le alternative di approdo e relativi tracciati per l'intervento C.

	Rena Bianca		Cala Marmorata	
	Cavo ovest	Cavo est	Cavo ovest	Cavo est
Lunghezza dei cavi in acque italiane	7.2 km	6.8 km	7.2 km	7.4 km
Attraversamento delle aree sottoposte a tutela (figura 4.4)				
AMP Capo Testa – Punta Falcone	Zona A	-	-	-
	Zona B	-	-	1.9 km
	Zona BS	1.4 km	0.8 km	-
	Zona C	1.3 km	1.6 km	1.1 km
	Totale	2.7 km	2.4 km	3.0 km
SIC ITB010007 Capo Testa	35 m	24 m	-	-
SIC ITB013052 Da Capo Testa all'Isola Rossa	7.2 km <i>intero tracciato</i>	6.8 km <i>intero tracciato</i>	7.2 km <i>intero tracciato</i>	7.4 km <i>intero tracciato</i>
Santuario dei Mammiferi Marini	7.2 km <i>intero tracciato</i>	6.8 km <i>intero tracciato</i>	7.2 km <i>intero tracciato</i>	7.4 km <i>intero tracciato</i>
IBA 223M Sardegna Settentrionale	7.2 km <i>intero tracciato</i>	6.8 km <i>intero tracciato</i>	7.2 km <i>intero tracciato</i>	7.4 km <i>intero tracciato</i>
Attraversamento delle praterie di Posidonia oceanica (figura 4.5)				
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	340 m <i>attraversamento in trincea</i>	280 m <i>attraversamento in trincea</i>	0 m <i>attraversamento tramite TOC</i>	0 m <i>attraversamento tramite TOC</i>

Tabella 4.2: confronto tra le alternative di approdo e relativi tracciati per l'intervento C – risultati della metodologia ARVI.

Componente ambientale	Alternativa 1 - Approdo presso spiaggia Rena Bianca	Alternativa 1 - Approdo presso spiaggia Rena Bianca	Alternativa 2 - Approdo presso spiaggia La Marmorata	Alternativa 2 - Approdo presso spiaggia La Marmorata
	Fase di costruzione	Fase di esercizio	Fase di costruzione	Fase di esercizio
Colonna d'acqua	-		-	
Comunità planctoniche	-		-	
Comunità bentoniche	-		-	
<i>Posidonia oceanica</i> e altri habitat protetti	---			
Fauna ittica e altro necton	-		-	
Mammiferi marini	-		-	
Tartarughe marine	-		-	
Avifauna marina				
Sedimenti	-		-	
Archeologia marina				
Turismo zone costiere	-		-	
Pesca e maricoltura	-		-	
Rete portuale e trasporti marittimi	-		-	

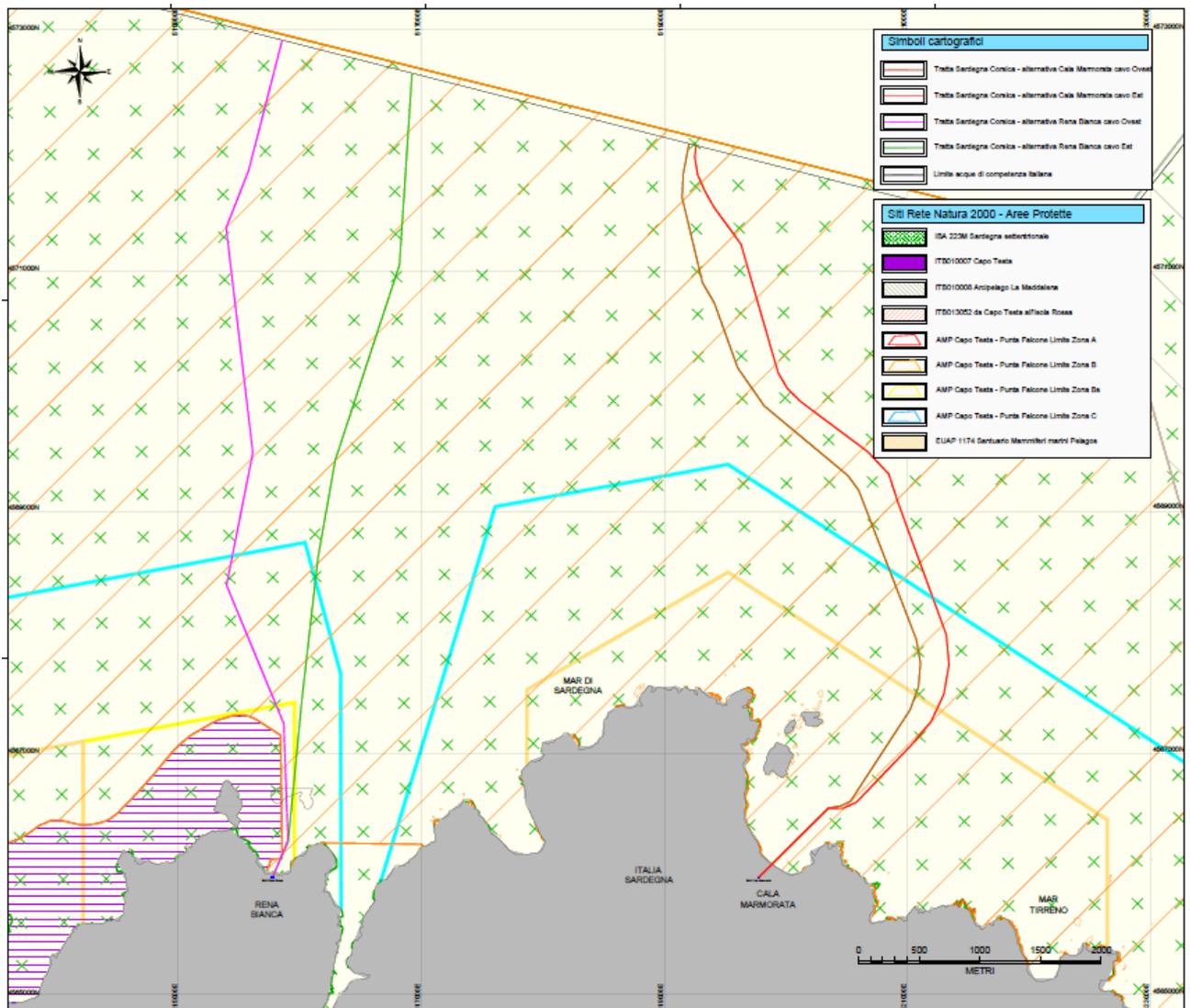


Figura 4.4: Confronto tra le Alternative 1 e 2 relative all'intervento C in merito alle Aree sottoposte a tutela

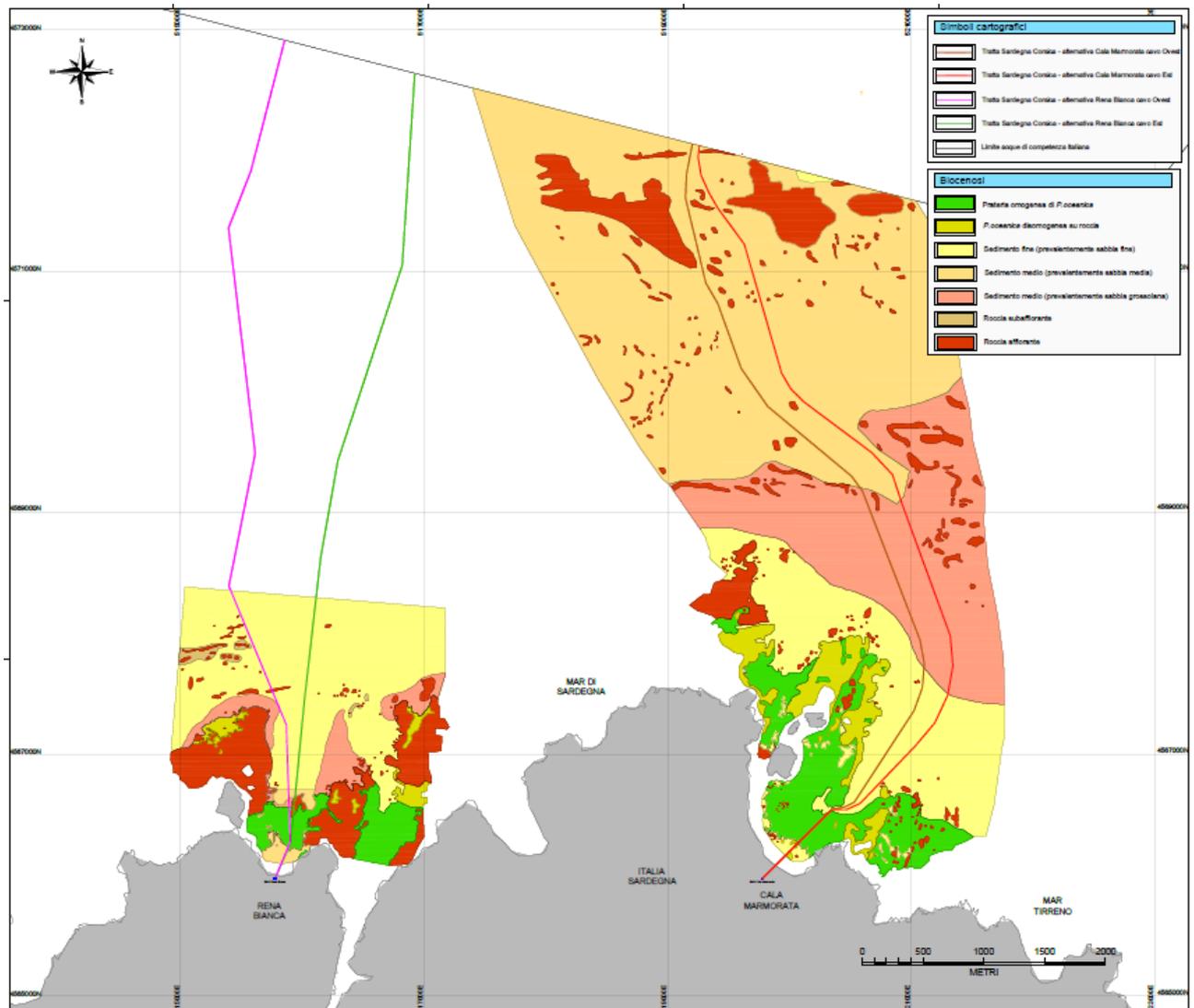


Figura 4.5: Confronto tra le Alternative 1 e 2 relative all'intervento C in merito alle biocenosi interessate

Alla luce di quanto sopra riportato, dal punto di vista ambientale, la scelta più favorevole nell'ottica della minimizzazione e mitigazione dell'impatto risulta essere l'alternativa che prevede l'approdo a Cala Marmorata, in quanto permette una maggior tutela della prateria di *Posidonia oceanica* che non verrebbe minimamente interessata dall'attraversamento.

4.2.2 Soluzione progettuale individuata

Alla luce di quanto indicato in precedenza e alla fattibilità tecnica di poter ricorrere, nel caso dell'approdo di Cala Marmorata, a una soluzione di attraversamento del posidonieto presente in prossimità della costa interamente tramite trivellazione orizzontale controllata, tecnica trenchless la quale, sfruttando una sorta di «tubazione sotterranea», permetterà di evitare qualsiasi interferenza diretta sulla prateria, la soluzione progettuale individuata (approdo a Cala Marmorata) risulta senz'altro preferibile anche dal punto di vista tecnico.

Dal punto vista tecnico-progettuale, invece, la particolare morfologia dell'area di Rena Bianca non garantisce con adeguato margine di certezza le modalità di realizzazione e lunghezza della tecnica TOC, per cui in via cautelativa l'ipotesi progettuale presa in esame prevede l'attraversamento della posidonia in trincea.

4.3 Alternative di dismissione SACOI 2

In merito alle alternative di dismissione o mantenimento del vecchio Collegamento SA.CO.I. 2 si rimanda allo studio riportato in appendice (Appendice 1 Analisi ambientale in merito alla possibilità di mantenimento in situ della parte marina del collegamento SACOI 2 Rev. 01), il quale è stato approfondito e integrato tramite una dettagliata valutazione dello stato di conservazione dei cavi (Appendice 1 Allegato 2), distinguendo le tratte interrato da quelle scoperte e valutando la presenza di eventi di ricolonizzazione del cavo da parte di specie di interesse. Tale analisi è stata eseguita sulla base dei rilievi ROV eseguiti nel maggio 2012 da Terna lungo tutti i tracciati del Collegamento (Survey preliminare, desk top study e caratterizzazione ambientale per il collegamento sottomarino SA.CO.I., Terna 2013 doc RVHR10002CCC00105-001_00_00). L'analisi dettagliata dei risultati è riportata nell'Allegato 2 all'Appendice 1.

L'allegato 3 riporta inoltre un approfondimento relativo agli aspetti normativi associati al mantenimento in situ del Collegamento. Dato che dal punto di vista normativo, non ci sono, allo stato attuale, indicazioni specifiche né linee guida nazionali relative alla necessità o all'obbligo di rimozione o dismissione dei collegamenti non in uso, l'argomento è stato approfondito anche valutando documenti di organismi internazionali relativi alle opzioni in esame.

L'unione Europea ha predisposto nel 2018 il documento "Comunicazione della Commissione: Infrastrutture di trasmissione dell'energia e normativa dell'UE sulla natura", con il quale ha inteso ribadire che, come tutte le attività di sviluppo nell'ambito dell'UE, le infrastrutture di trasmissione dell'energia devono essere completamente conformi alla politica ambientale dell'Unione, comprese le direttive Habitat e Uccelli (le direttive UE sulla natura).

Tale documento dedica particolare attenzione all'applicazione corretta della procedura di autorizzazione di cui all'articolo 6 della direttiva Habitat, in base al quale tutti i piani e i progetti che possono avere significative incidenze negative su un sito Natura 2000 devono essere oggetto di un'opportuna valutazione.

Per quanto riguarda l'ambito di interesse, si fa riferimento alla Direttiva Quadro Strategia Marina, adottata dall'Unione Europea nel giugno 2008. La Direttiva istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico delle acque marine dell'UE entro il 2020 (articolo 1, paragrafo 1). L'obiettivo essenziale è di proteggere e preservare i mari e gli oceani d'Europa, prevenirne il degrado o, laddove possibile, ripristinarli nelle zone in cui abbiano subito danni, nonché di prevenire e ridurre gli impatti sull'ambiente marino (articolo 1, paragrafo 2, lettere a) e b)).

L'allegato I a tale Direttiva elenca undici descrittori qualitativi per determinare il buono stato ecologico; molti di questi possono essere influenzati dall'installazione, dalla manutenzione e dallo smantellamento delle infrastrutture energetiche marine.

Nello specifico, secondo quanto citato nel documento dell'Unione Europea, vi sono vari obblighi internazionali connessi allo smantellamento delle installazioni offshore, che però non riguardano cavi e condotte sottomarini.

Le tecniche usate per rimuovere i cavi - riavvolgimento, taglio e sollevamento, traino in superficie o a una profondità controllata - possono danneggiare direttamente gli habitat del fondo marino, perturbare o spostare le specie mobili e peggiorare la qualità dell'acqua se le operazioni o il traffico delle imbarcazioni provocano fuoriuscite in mare. Inoltre, la perturbazione fisica del fondo marino, l'aumento della torbidità e il potenziale soffocamento del benthos incidono sugli habitat nell'area interessata. Viene contemplata, tra le opzioni di dismissione, la possibilità di abbandono *in situ*.

Anche la Decisione OSPAR 98/3 (OSPAR DECISION 98/3 on the disposal of disused offshore installations) prevede la possibilità che strutture non più in uso possano essere lasciate parzialmente o totalmente *in situ*.

Il documento “Guidance Notes Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations and Pipelines under the Petroleum Act 1998” del 2011, che riporta le disposizioni del governo inglese in merito alle installazioni abbandonate e in disuso, sottolinea che alcune condotte possono essere abbandonate in situ, come da elenco di seguito riportato:

- le condotte molto interrato o ricoperte da una spessa coltre di sedimenti costituite da materiali particolarmente resistenti;
- le condotte che non sono state sepolte o ricoperte da sedimenti in fase di varo, ma che si prevede che in un tempo ragionevole sprofonderanno nei sedimenti del fondale;
- le condotte che pur non essendo sepolte o ricoperte da sedimenti, a seguito di un’attenta valutazione, non è consigliabile rimuovere.

Inoltre, nelle Linee Guida inglesi “Decommissioning of Offshore Renewable Energy Installations in Energy Act 2004: Guidance notes for Industry” (2006) si riporta che i cavi sottomarini possono essere lasciati in situ quando si prevede che la rimozione possa comportare un rischio non accettabile per il personale e per l’ambiente marino.

Da ultimo, la Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (United Nations Convention on the Law of the Sea - 1982), che definisce linee guida in merito a zonazione delle aree marine, navigazione, giurisdizione della piattaforma continentale, attività estrattive minerarie nel fondo marino, regimi di sfruttamento, protezione dell’ambiente marino e ricerca scientifica, non riporta la necessità di rimuovere cavi sottomarini dismessi.

Di conseguenza, sulla base delle valutazioni e degli approfondimenti eseguiti, la migliore opzione dal punto di vista ambientale risulta quella di mantenere i cavi dismessi sul fondale marino.

Sulla base delle caratteristiche tecniche del cavo e sulle modalità di assemblamento si ritiene che il cavo non rilasci nel tempo sostanze inquinanti, se lasciato *in situ*. L’unica possibilità di rilascio si può verificare nel caso di interventi per la rimozione del cavo stesso.

Sono stati esaminati anche i decreti interministeriali MISE/MATTM autorizzativi alla posa di strutture come cavi e condotte; dall’analisi effettuata è emerso che negli ultimi anni l’orientamento è quello di prescrivere, contestualmente all’autorizzazione, l’inamovibilità delle opere, a indicare che si ritiene che la rimozione apporti un danno ambientale maggiore rispetto a quello associato al mantenimento in situ.

Per quanto riguarda gli aspetti dell’abbandono e della gerarchia di gestione dei rifiuti ai sensi degli articoli 192 e 179 del D. Lgs.152/06, rispettivamente, si sottolinea che secondo gli articoli 177 e 178 dello stesso Decreto ci si può discostare dall’ordine di priorità nel rispetto del principio di precauzione e sostenibilità, considerando in particolare la fattibilità tecnica, la praticabilità economica e la protezione delle risorse.

Nonostante ai sensi dell’art. 192 il cavo dismesso si configuri come rifiuto, avendo perso il suo uso primario, si evidenzia che non vi è stata un’immissione deliberata “...di rifiuti di qualsiasi genere...nelle acque superficiali o sotterranee” in quanto la posa è stata effettuata, a suo tempo, sulla base di apposito decreto autorizzativo.

Infatti, si riporta quanto indicato ai sensi dell’art. 1, comma 5 della Legge 2 dicembre 1994, n. 689 “Ratifica ed esecuzione della convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare” in merito alla definizione di “immissione”:

“5) a) per “immissione” si intende:

- i) ogni scarico **volontario** in mare di rifiuti o altri materiali da parte di navi, aeromobili, piattaforme o altre strutture artificiali;
- ii) ogni **affondamento volontario** in mare di navi, aeromobili, piattaforme o altre strutture artificiali;

b) il termine “immissione” **non** include:

- i) lo scarico in mare di rifiuti o di altri materiali quando sia fortuito o conseguente alle normali operazioni di navi, aeromobili, piattaforme o altre strutture artificiali e relative attrezzature, **purché non si tratti dei rifiuti** o di altri materiali destinati o trasportati a bordo di navi, aeromobili, piattaforme o altre strutture artificiali, la cui funzione sia lo smaltimento di tali materiali, oppure dei residui derivati dalla lavorazione di tali rifiuti o altri materiali, che avvenga a bordo di tali navi, aeromobili, piattaforme o altre strutture artificiali;

ii) **il deposito di materiali per fini diversi dalla semplice eliminazione degli stessi, purché tale deposito non vada contro gli obiettivi della presente Convenzione**".

4.4 Alternative di dismissione SACOI 3

In merito alle opzioni di mantenimento o dismissione del SA.CO.I. 3, valgono, dal punto di vista normativo, i medesimi temi trattati nel paragrafo precedente (paragrafo 4.3).

Dal punto di vista ambientale, la gestione e la stima degli impatti associata alle alternative di dismissione o mantenimento è descritta dettagliatamente nei precedenti paragrafi relativi a ogni componente esaminata.

Inoltre, è utile segnalare che, dall'analisi dei decreti interministeriali MISE/MATTM autorizzativi alla posa di cavi sottomarini¹ è emerso che negli ultimi anni l'orientamento è quello di prescrivere, contestualmente all'autorizzazione, l'inamovibilità delle opere, a indicare che si ritiene che la rimozione apporti un danno ambientale maggiore rispetto a quello associato al mantenimento in situ.

5 ANALISI DELLE AZIONI DI PROGETTO NELLA FASE DI COSTRUZIONE

5.1 Attività realizzative

Per quanto concerne le modalità realizzative dei collegamenti in cavo marino le due principali macro-fasi di lavoro prevedono prima l'installazione del cavo che comprende tutte le attività propedeutiche a essa (realizzazione approdi, pulizia tracciato mediante grappinaggio, etc.) e successivamente la protezione dello stesso una volta installato il cavo sul fondale mediante messa in atto del set di tecnologie più idonee a garantire la sicurezza del collegamento in funzione delle caratteristiche del fondale.

La necessità di interrare il cavo, non solo in presenza di aree ambientalmente sensibili, è legata alla salvaguardia di un'infrastruttura strategica quale i cavi appartenenti alla Rete di Trasmissione Elettrica Nazionale. L'intensa attività antropica registrata negli ultimi anni in prossimità delle aree colonizzate da biocenosi di pregio è strettamente correlata alla maggiore incidenza dei danneggiamenti per i cavi marini e dei conseguenti fuori servizio dei relativi collegamenti. Tali fuori servizio, oltre a essere estremamente onerosi per il sistema elettrico, necessitano di attività manutentive di riparazione per la realizzazione di giunti al cavo danneggiato che arrecano inevitabilmente disturbo, seppur limitato nel tempo, agli habitat interessati. Una volta individuato il guasto, infatti, per eseguire le attività di manutenzione è necessario agganciare il cavo sul fondale, issarlo sulla nave utilizzata per l'intervento, eseguire il giunto a bordo e, reinstallarlo con modalità analoghe a quelle impiegate normalmente per installazione e protezione.

La protezione del cavo, secondo una delle diverse modalità di seguito individuate, risulta pertanto una misura indispensabile anche e, anzi a maggior ragione, in presenza di biocenosi pregiate quali ad esempio posidonieti, dal momento che in tali aree si rileva una forte pressione antropica legata spesso ad attività esercitate di frodo e pertanto senza limitazioni o controlli normativi. L'interro, nel minimizzare le possibilità di guasto dovute all'azione antropiche sui cavi e dunque nel ridurre le conseguenti necessità di intervento per successive riparazioni, di fatto si configura come una misura protettiva anche per le biocenosi di pregio presenti che sarebbero interessate una sola volta dalle operazioni di installazione e protezione.

Le attività di realizzazione, inoltre, sono limitate nel tempo e le relative movimentazioni di sedimento, che risultano contenute, vista la limitata estensione della superficie coinvolta, hanno effetti transitori e limitati. A maggior tutela

¹ Di seguito i Decreti analizzati:

- Decreto interministeriale n. 239/EL76/113/2010 - Autorizzazione a Terna per realizzazione elettrodotto Sorgente - Rizziconi
- Decreto Interministeriale n. 239/EL-189/148/2011 del 28 luglio 2011 Autorizzazione alla Terna S.p.A. per un'interconnessione in corrente continua tra l'Italia e il Montenegro
- Decreto interministeriale n. 239/EL-262/184/2013 Autorizzazione alla posa "Collegamento in corrente alternata a 220 kV Italia -Malta"
- Decreto interministeriale n. 239/EL-269/228/2015 del 10 giugno 2015 - Autorizzazione Terna costruzione ed esercizio interconnessione a 150 kV "Nuova S.E. di Sorrento – S.E. di Capri"

tutte le operazioni sono oggetto di monitoraggio non distruttivo finalizzato a valutare, prima, durante e dopo le attività correlate con la posa del cavo, lo stato di salute degli habitat coinvolti. Allo scopo di dare evidenza del rischio a cui sono sottoposti i cavi che, in presenza di praterie di *Posidonia oceanica*, sono semplicemente adagiati sul fondo senza l'impiego di tecniche di protezione, si riportano di seguito alcune immagini relative a danneggiamenti dovuti ad attività antropiche su cavi sottomarini posati senza adeguate protezioni.



Figura 5.1: Esempi di cavi sottomarini danneggiati in assenza di protezioni per effetto di attività antropiche

5.2 Tecnica del High Directional Drilling (HDD) o Trivellazione Orizzontale Controlata (TOC)

Tale tecnologia consiste nell'installazione nel fondale di una tubazione in PEAD mediante trivellazione in analogia alle modalità individuate precedentemente per i cavi interrati (metodo Trivellazione Orizzontale Controllata con utilizzo di fanghi di perforazione biodegradabili). Le modalità di lavorazione pertanto risultano analoghe a quelle adottate per i cavi interrati.

All'interno di tale tubazione viene inserito un cavo di tiro che servirà, durante le operazioni di installazione del cavo marino, a far scorrere la testa dello stesso all'interno della tubazione fino al punto di fissaggio a terra (denominato camera o buca giunti).

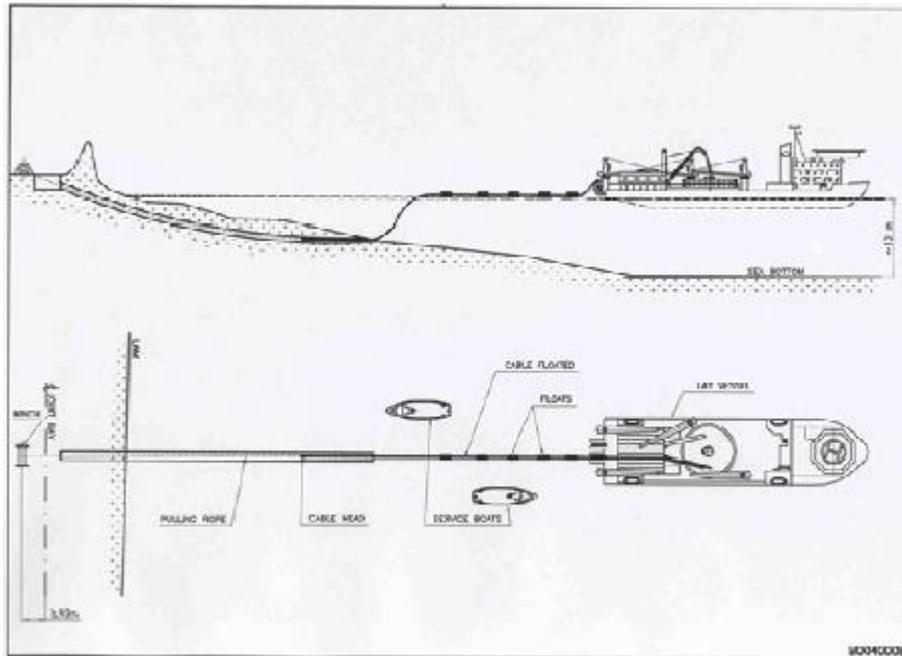


Figura 5.2: Tipico di posa del cavo mediante tecnica del Directional Drilling

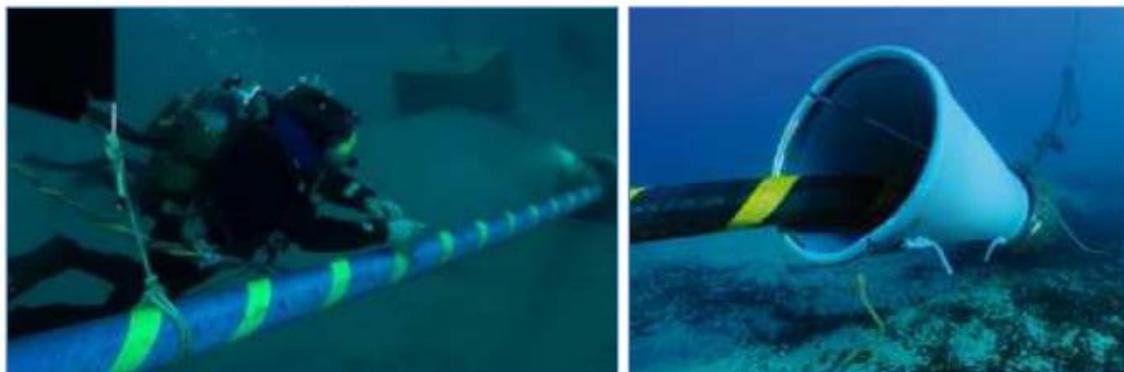


Figura 5.3: Tipico di un tiro del cavo all'interno della tubazione in PEAD all'approdo

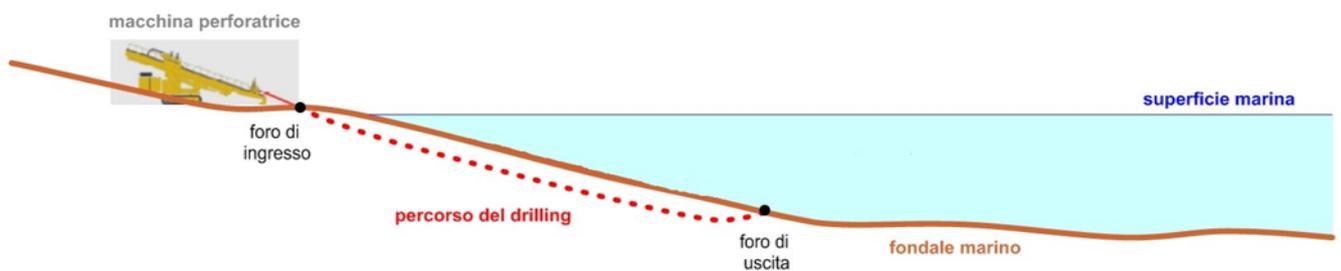


Figura 5.4: Schema di tubazione sotterranea mediante modalità TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)

In generale gli angoli di entrata e uscita delle Trivellazioni Orizzontali Controllate sono funzioni della morfologia degli ostacoli da superare, delle caratteristiche dei terreni da trivellare e delle caratteristiche delle tubazioni da inserire.

Per favorire le varie fasi della trivellazione, gli angoli di entrata più comunemente usati variano da 6° a 14/16°, mentre quelli di uscita, specie per grandi tubazioni, sono compresi tra 5° e 12°. Si tende generalmente a mantenere contenuto l'angolo di uscita onde diminuire l'altezza dell'*overbend*² della colonna di varo e quindi diminuire le difficoltà di predisposizione dell'*overbend* stessa.

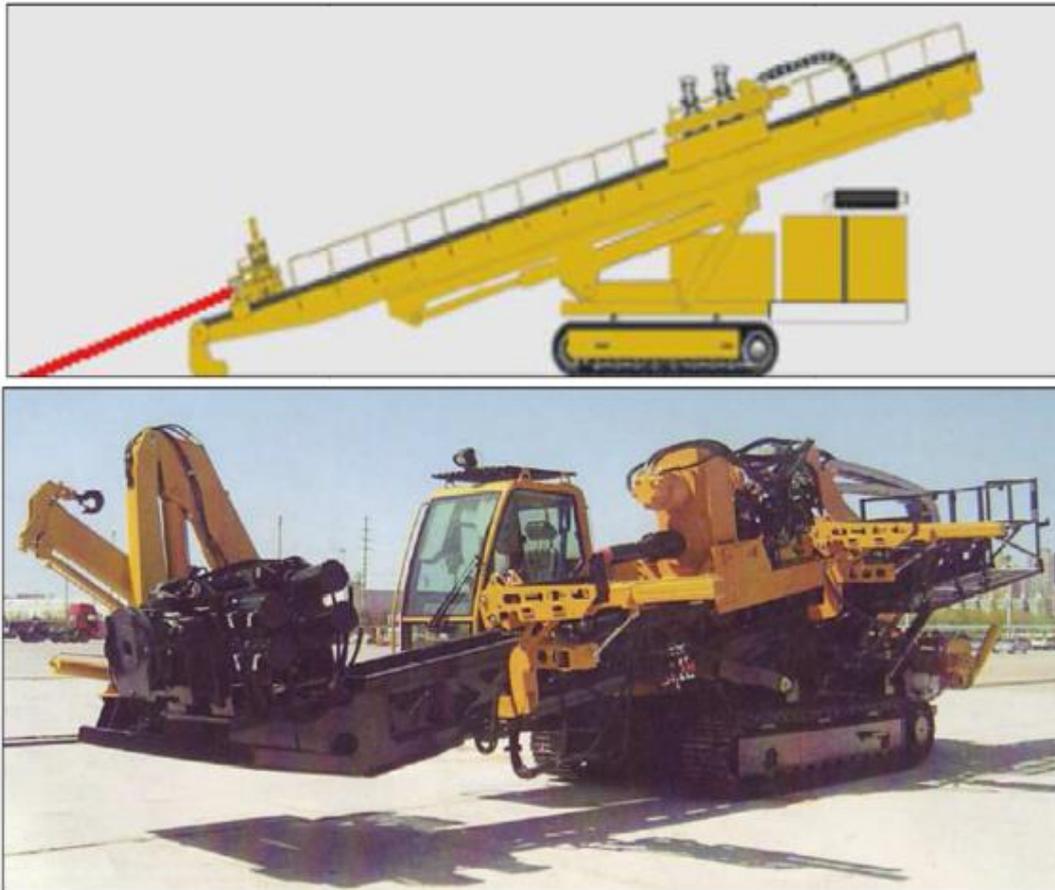


Figura 5.5: Esempio schematico di macchina per perforazione e di mezzo per l'esecuzione della Trivellazione Orizzontale Controllata

Le macchine di perforazione sono composte da un cingolato (slitta di perforazione), dalla torre di perforazione (corpo mobile e inclinabile che esegue le diverse fasi della perforazione) e da un gruppo di miscelazione per la composizione dei fanghi biodegradabili che verranno utilizzati durante le operazioni di perforazione.

La perforazione mediante questo tipo di tecnologia è realizzata in successione con le seguenti fasi:

- esecuzione del foro pilota
- alesatura
- posa della tubazione.

² Overbend: tratto della colonna di varo dal punto di uscita della trivellazione fino al ritorno al parallelismo con la superficie topografica. La sua ampiezza dipende dall'angolo di uscita della trivellazione e dalle caratteristiche meccaniche della tubazione da inserire

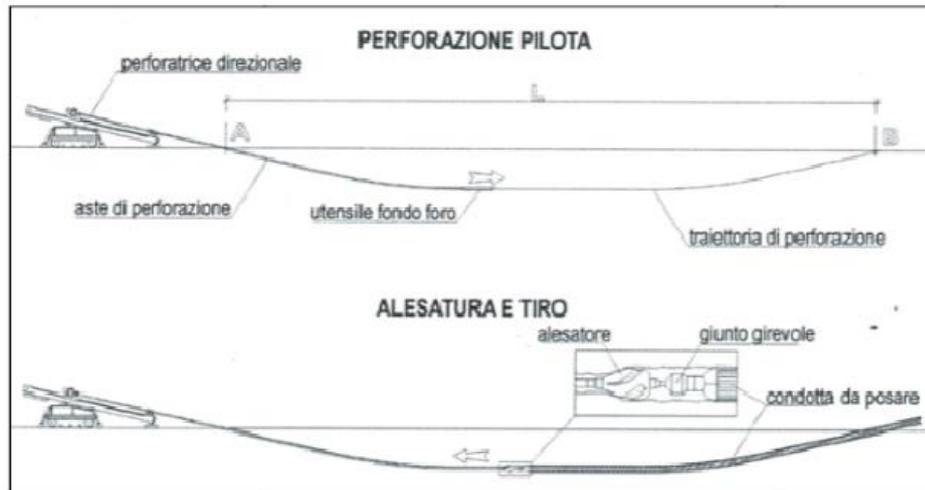


Figura 5.6: Tipologico delle operazioni necessarie all'esecuzione di una TOC

5.3 Grappinaggio

Le modalità di installazione dei cavi sul fondale marino si articolano in due fasi operative distinte ed in sequenza ma non necessariamente in concomitanza in considerazione delle caratteristiche specifiche del progetto e della disponibilità dei mezzi e dei macchinari impiegati.

La prima fase operativa consiste nella pulizia del fondale marino in corrispondenza del tracciato (c.d. grappinaggio). La medesima imbarcazione utilizzata per la successiva posa del cavo marino, ovvero diversa imbarcazione ma di dimensioni adeguate, percorrerà il tracciato trascinando un dispositivo a forma di ancora ideato in modo specifico per penetrare nel fondale allo scopo di liberare il corridoio di posa da eventuali cavi metallici, attrezzi da pesca o altri detriti abbandonati sul fondo in modo tale da liberare il percorso del cavo e garantire che lo stesso possa essere adeguatamente protetto dopo l'installazione. Tale attività verrà realizzata sull'intera lunghezza del tracciato di posa ad eccezione delle zone a basso fondale e caratterizzate dalla presenza di biocenosi di pregio che verranno investigate tramite Operatori Tecnici Subacquei per evitare danneggiamenti alle aree ad elevata sensibilità ambientale.

5.4 Posa del cavo

La posa del cavo marino sul fondale vede l'utilizzo di una specifica nave di adeguate dimensioni e opportunamente dotata di tutte le attrezzature necessarie alla movimentazione e al controllo dei cavi sia durante le fasi di imbarco che di quelle di posa vera e propria. Tale attività risulta particolarmente impegnativa durante la fase di realizzazione degli approdi. Durante questa fase, infatti, il cavo viene tenuto sul pelo libero dell'acqua tramite galleggianti per lo spazio che intercorre tra il punto di posizionamento della nave posacavi (legato al pescaggio della stessa) e il punto di ingresso a mare della tubazione della TOC. Una volta che la testa del cavo ha raggiunto il punto di approdo a terra, attraverso la tubazione della TOC, uno dopo l'altro vengono slegati i galleggianti così da far adagiare il cavo sul fondo.

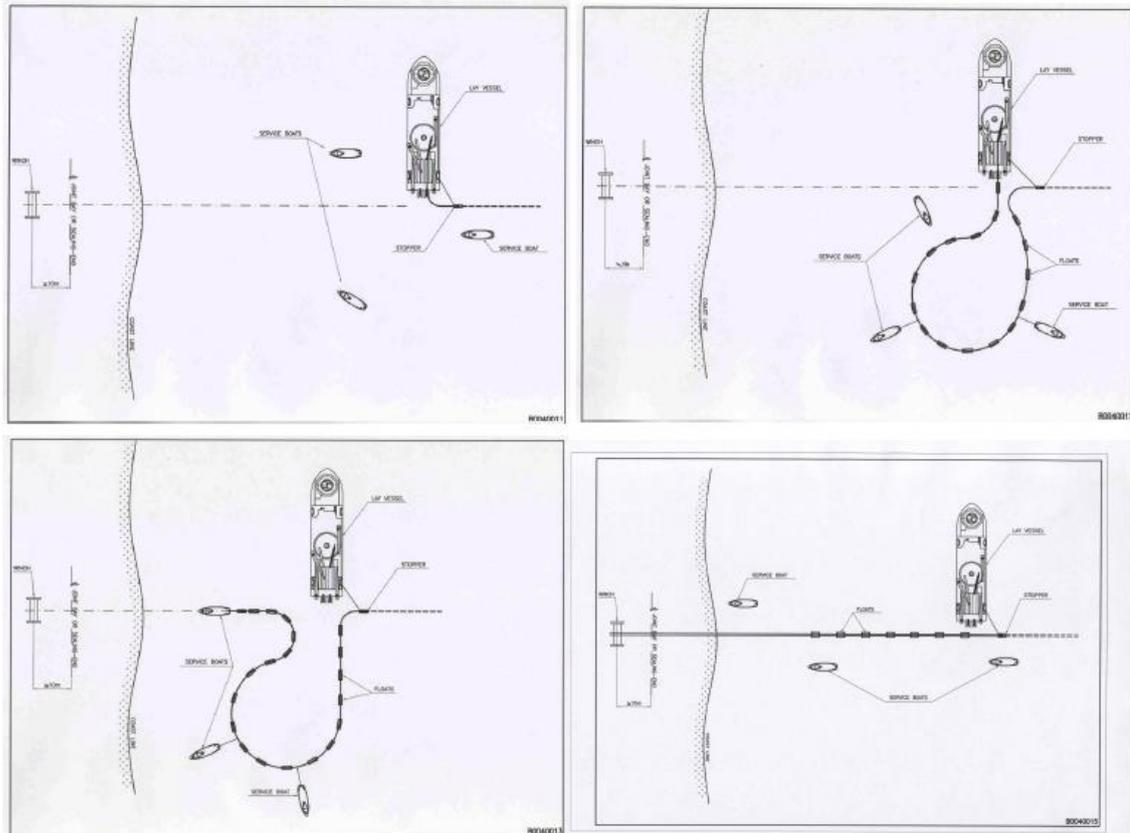


Figura 5.7: Tipico di Posa del cavo nei punti di approdo

Da questo momento seguono le fasi di posa controllata lungo il tracciato pianificato. Tale fase prevede il controllo continuo dei parametri del cavo, al fine di evitare danneggiamenti allo stesso, e della posizione dello stesso al fine di seguire la rotta pianificata.

5.5 Modalità di protezione del cavo

5.5.1 Introduzione

La seconda macro-attività connessa alla realizzazione degli elettrodotti in cavo marino consiste nelle modalità di protezione dello stesso sul fondale

5.5.2 Jetting

La tecnologia Jetting consiste nella protezione dei cavi posati mediante insabbiamento con macchina a getto d'acqua nel caso di fondali scarsamente coesi tipo sabbia, argilla o limo. In linea generale la macchina utilizza i getti d'acqua anche per la propulsione. Ove per l'avanzamento della macchina non fosse possibile utilizzare la propulsione idraulica o le condizioni specifiche del sito lo richiedessero, si potrebbe ricorrere all'impiego di macchina a jetting autopropulse su cingolato e/o ROV.



Figura 5.8: Esempio di macchina per jetting autopropulse



Figura 5.9: Esempio di macchina per jetting su cingolato

Per la realizzazione della trincea la macchina si posa a cavallo del cavo da interrare e mediante l'uso esclusivo di getti d'acqua a forte pressione, fluidifica il materiale creando una trincea entro la quale il cavo si adagia e viene ricoperto in maniera naturale dalla deposizione dello stesso materiale all'interno della trincea. Il materiale movimentato rimane sostanzialmente all'interno della trincea, limitando la frazione dispersa a ricadere nelle immediate vicinanze. Le correnti di fondo contribuiscono successivamente a ricoprire completamente il cavo in modo naturale, garantendone sia l'immobilizzazione sia una efficace protezione.

In condizioni normali la larghezza alla base della trincea è delle dimensioni del diametro del cavo 15-20 cm, alla sommità è funzione dell'angolo di riposo del materiale scavato e dalla sua eventuale coesione.

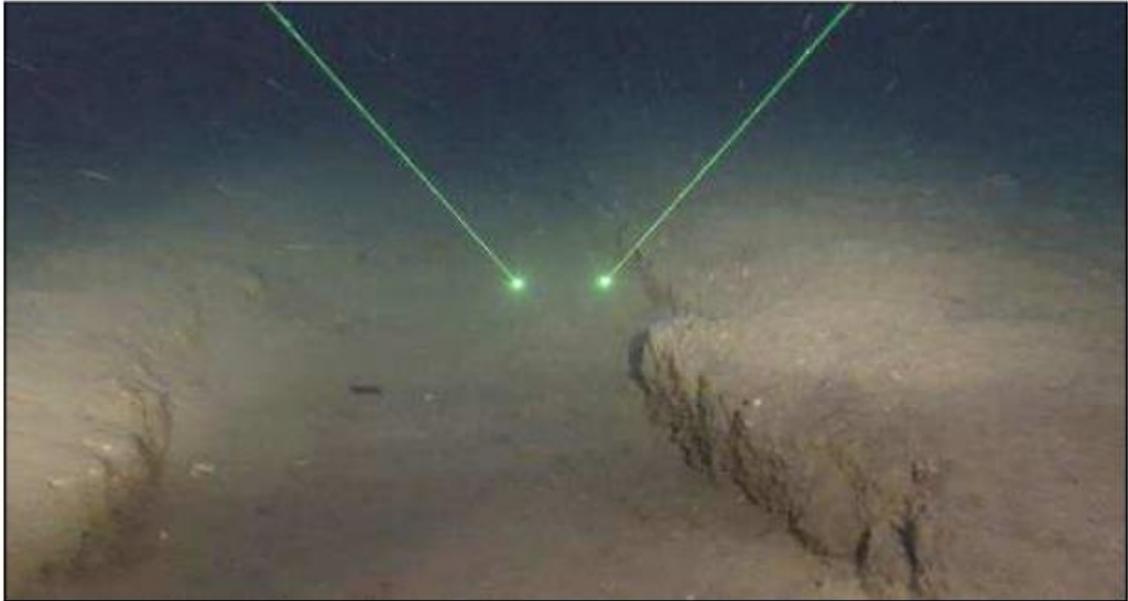


Figura 5.10 Esempio di trincea realizzata mediante jetting (la distanza tra i due punti è di 10 cm)

Nelle immediate vicinanze della costa e a basse profondità le operazioni di protezione possono essere effettuate anche manualmente da Operatori Tecnici Subacquei con i medesimi effetti in termini di larghezza della trincea e volume di materiale movimentato. Il campo di applicazione delle sorbone è il basso fondale su ridotte lunghezze di scavo e in assistenza a mezzi non cingolati.

Tipologia fondale	<ul style="list-style-type: none"> • Scarsamente coeso (sabbia, argilla, limo)
Profondità di interro	<ul style="list-style-type: none"> • Fino a 1 – 2 m
Larghezza media trincea	<ul style="list-style-type: none"> • 0,3 – 0,4 m
Larghezza impronta macchina	<ul style="list-style-type: none"> • Massimo 3 – 4 m nel caso di utilizzo di macchine con propulsione a cingoli
Modalità di scavo	<ul style="list-style-type: none"> • Getti di acqua di mare
Volume materiale movimentato ³	<ul style="list-style-type: none"> • 0,39 mc/m
Propulsione	<ul style="list-style-type: none"> • Getto di acqua di mare, tiro da imbarcazione, cingolo
Possibilità di assistenza OTS	<ul style="list-style-type: none"> • Sì, per alcune tipologie di macchine e su profondità fino a 12 m
Utilizzo di fanghi biodegradabili	<ul style="list-style-type: none"> • No, per il flusso di scavo si utilizza solo acqua di mare

Tabella 5.1: Sintesi delle caratteristiche principali della tecnica di Jetting

³ Ipotizzando una trincea di larghezza 0,3 m ed una profondità di 1,3 m

5.5.3 Trenching

Il Trenching è una tecnica di interro applicabile in caso di sedimenti sovraconsolidati o cementati. La trincea viene scavata mediante una macchina dotata di utensile a disco o a catena dentata; il materiale rimosso durante il taglio si riversa naturalmente nella trincea una volta che il cavo è stato posato all'interno di essa grazie allo specifico accorgimento costruttivo della macchina utilizzata per realizzare lo scavo. Anche in questo caso quindi il riempimento della trincea avviene normalmente per backfilling, favorendo così la natura richiusura della trincea.

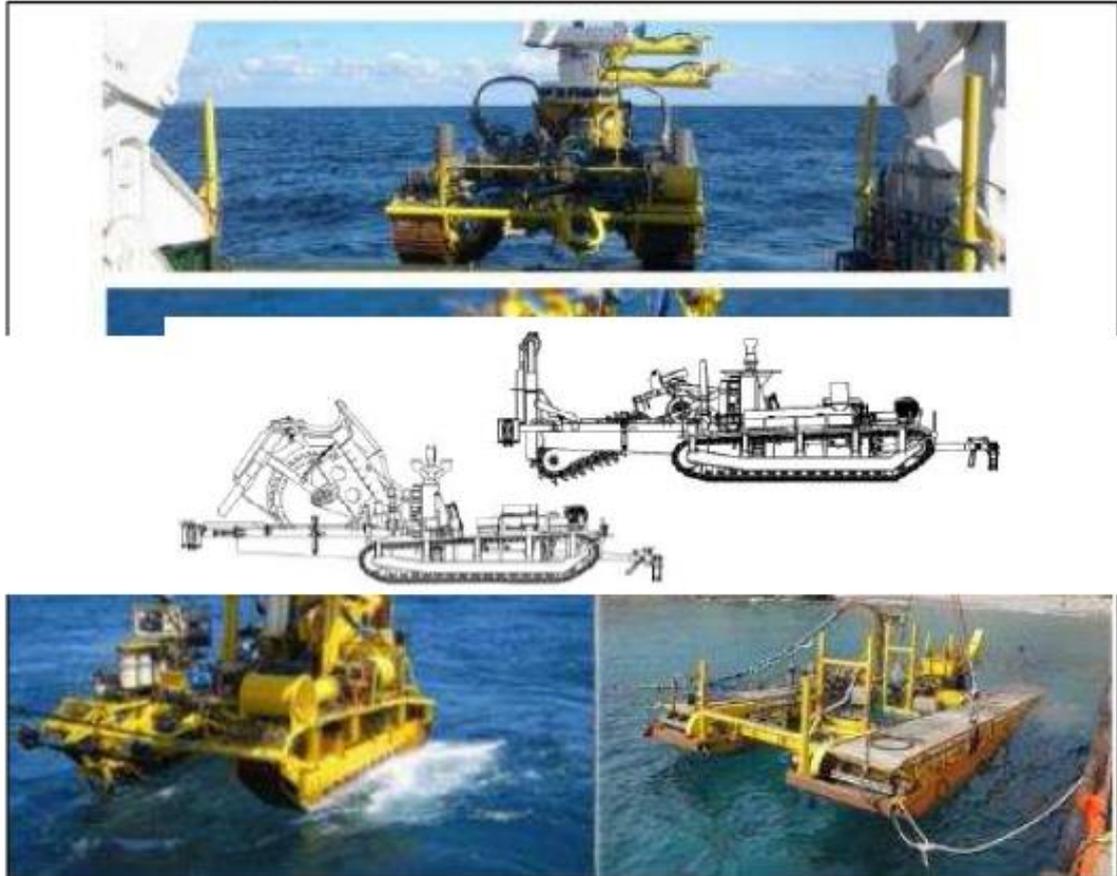


Figura 5.11: Esempio di macchina per il trenching convenzionale

La profondità della trincea varia fino a un massimo di circa 2 m in funzione delle esigenze di protezione e delle caratteristiche del substrato di cui è costituito il fondale mentre la larghezza dello scavo alla base è di circa 30 cm. Alla sommità la larghezza della trincea dipende dall'angolo di riposo del materiale scavato, che si riaccumula nel solco della trincea grazie allo specifico accorgimento costruttivo della macchina utilizzata per realizzare lo scavo.

Tipologia fondale	<ul style="list-style-type: none">• Variamente coeso (sovracconsolidato, cementato, matte di Posidonia)
Profondità di interro	<ul style="list-style-type: none">• Fino a 2 m
Larghezza media trincea	<ul style="list-style-type: none">• 0,2 – 0,5 m
Larghezza impronta macchina	<ul style="list-style-type: none">• Massimo 3 – 4 m nel caso di utilizzo di macchine con propulsione a cingoli
Modalità di scavo	<ul style="list-style-type: none">• Meccanico
Volume materiale movimentato ⁴	<ul style="list-style-type: none">• 0,39 mc/m
Utilizzo di fanghi biodegradabili	<ul style="list-style-type: none">• No, per il flusso di scavo si utilizza solo acqua di mare

Tabella 5.15 Sintesi delle caratteristiche principali della tecnica di Trenching

In caso di presenza di habitat di pregio possono essere impiegate le seguenti tecnologie per la minimizzazione delle interferenze ambientali:

- riempimento della trincea laddove le condizioni tecnico-ambientali lo consentano con materiali idonei alla ricolonizzazione da parte delle fanerogame (sandbags, rock dumping, etc.) così che oltre che massimizzare la resilienza del posidonieto si ottiene un ulteriore confinamento e protezione del cavo;
- utilizzo di macchine per il trenching a galleggiamento controllato, laddove ricorrono le condizioni tecniche, geotecniche e commerciali, in modo da ridurre l'impronta sul fondale alla sola larghezza della trincea.

⁴ Ipotizzando una trincea di larghezza 0,3 m ed una profondità di 1,3 m

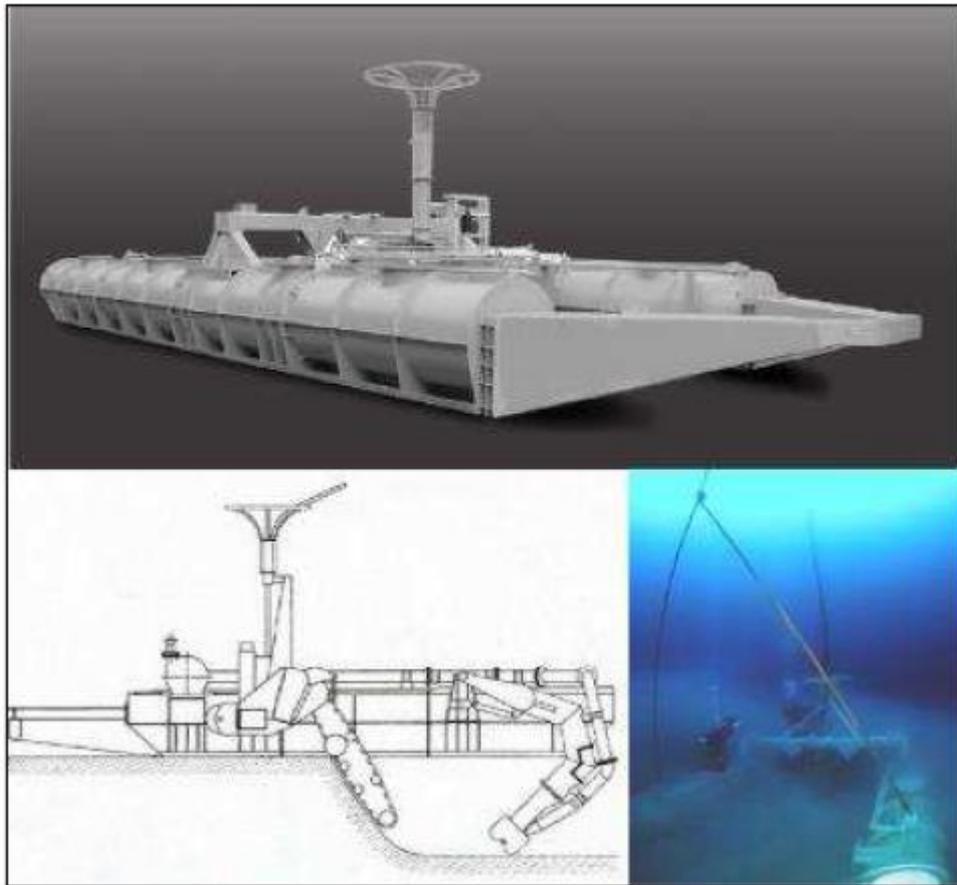


Figura 5.12: Esempio di macchina per il trenching a “galleggiamento controllato”

I macchinari per il trenching a “galleggiamento controllato” sono appositamente progettati per la realizzazione di trincee a protezione di cavi e condotte sottomarine dove la presenza di *Posidonia oceanica* o altre specie protette richieda l'utilizzo di un metodo di scavo assolutamente non invasivo. L'utensile da taglio è installato su una struttura a galleggiamento controllato in grado di minimizzarne il peso e quindi l'impronta sulla prateria. L'unità che opera sul fondo è costituita normalmente da una struttura a catamarano da 12 m x 4 m costituito da due cilindri paralleli di diametro di 1 m che supportano il dispositivo di taglio e di evacuazione dalla trincea del materiale di scavo nonché i relativi sistemi di avanzamento.

La macchina è gestita da uno o più operatori subacquei che la controllano direttamente stando in immersione. Nel caso si dovesse realizzare la protezione del cavo dopo la posa, l'apparato verrebbe dotato di un dispositivo atto ad accompagnare il cavo sul fondo della trincea. Il sistema di taglio può essere integrato con una pompa draga (tipo sorbona) in caso vi fosse la necessità di mantenere la trincea libera da residui.

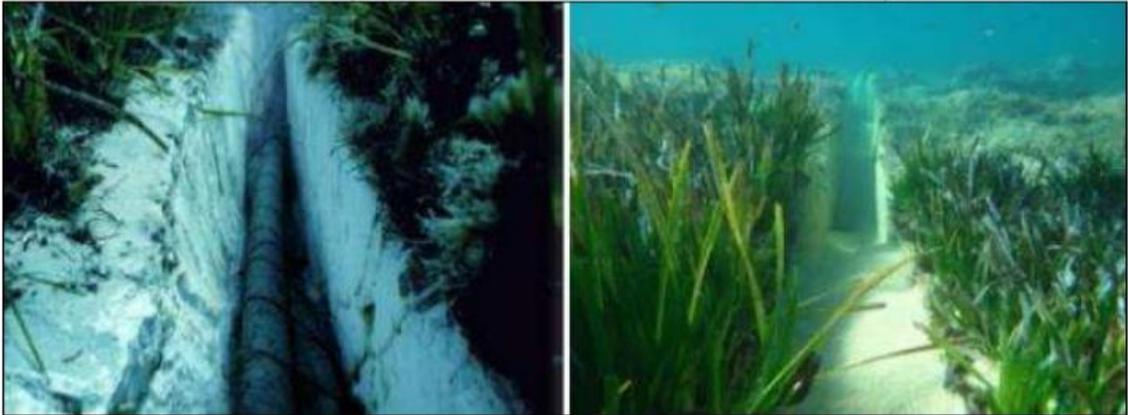


Figura 5.13: Esempio di trincee su Posidonia realizzata con macchine trenching a “galleggiamento controllato”



Figura 5.14: Esempio di utensile di taglio per una macchina per il trenching

Poiché la macchina operatrice è regolabile in termini di peso ossia di attrito radente sulla prateria sottostante, con la giusta regolazione è possibile far sì che la pressione sull'apparato fogliare delle fanerogame sia praticamente nulla in quanto lo scorrimento dei pattini viene agevolato dalla presenza delle foglie delle piante senza che a loro venga arrecato alcun danno. La trincea che ne risulta, data la compattezza della superficie della matte e la coesività della parte sottostante, ha una larghezza di poco superiore al diametro del cavo da proteggere.

5.5.4 Rock dumping

Qualora la tipologia del fondale o le caratteristiche qualitative dei sedimenti siano tali da non permettere l'esecuzione delle precedenti modalità di protezione, il cavo marino verrà poggiato sul fondale e protetto mediante ricopertura con pietrisco di pezzatura ridotta ed eterogenea depositato meccanicamente da nave appositamente attrezzata.

L'elettrodotto risulterà quindi essere protetto da un rilevato di forma piramidale di altezza di circa 1 m e base maggiore di circa 6 m.

Ove ne dovessero ricorrere le circostanze, tale metodologia può essere impiegata anche per realizzare dei riempimenti in aree limitate, caratterizzate da repentini approfondimenti delle batimetriche e per brevi tratte, al fine di creare una "base di appoggio" per il cavo che verrà successivamente adagiato e quindi protetto, evitando, così la creazione di catenarie.

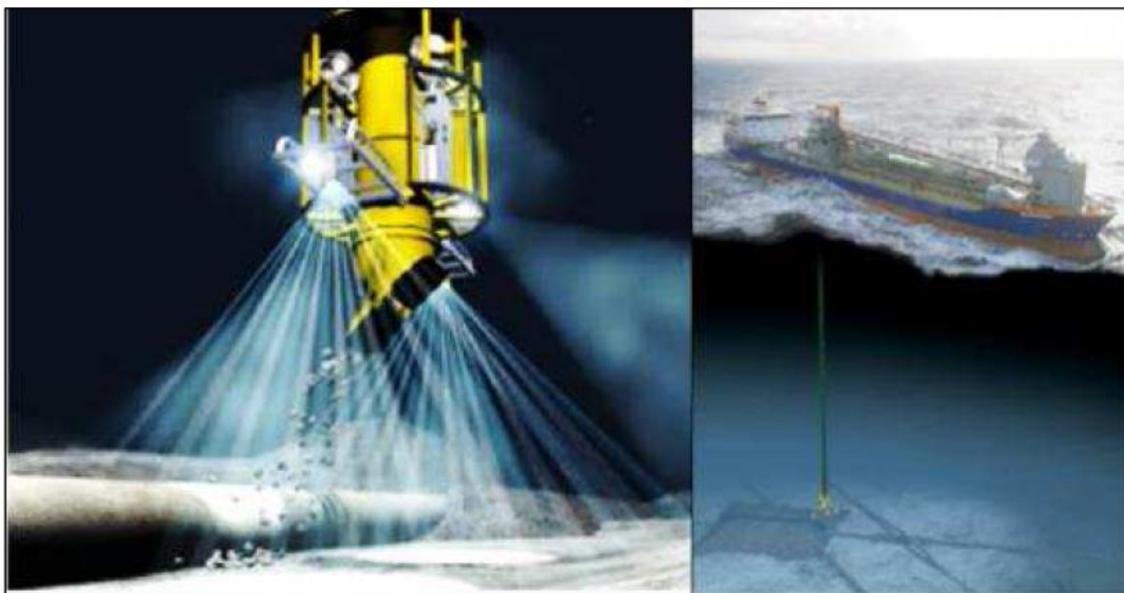


Figura 5.15: Esempio di macchina per l'esecuzione di protezione con Rock Dumping



Figura 5.16: Esempio di ricopertura di un cavo con rock dumping

Dispositivi posti a copertura del cavo

In presenza di altri servizi, quali cavi o gasdotti, l'attraversamento potrà essere realizzato facendo transitare i cavi al di sopra del servizio da attraversare, se quest'ultimo non è interrato, separandoli opportunamente utilizzando ad esempio soluzioni quali materassi o sacchi riempiti di sabbia o cemento come mostrato nelle figure successive. La stessa tecnica può essere necessaria anche in caso che il cavo o il tubo attraversato sia interrato artificialmente o naturalmente.

I materassi, in particolare, sono impiegati anche quando vi sia un incrocio o una interferenza con altri sottoservizi preesistenti (per es. una condotta o un altro cavo sottomarino).

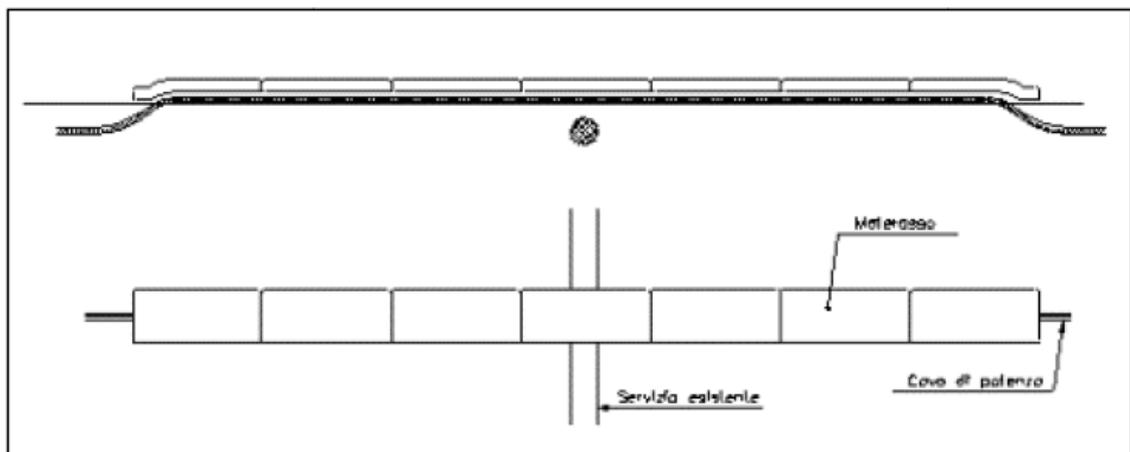


Figura 5.17: Esempio di tipologico di attraversamento di cavo

In questo caso, tra l'infrastruttura da attraversare e il cavo (a quota superiore), sono interposti materassi in cemento, sacchetti di sabbia, sacchetti di cemento e sabbia o altri manufatti, con la funzione di separazione fisica tra le due infrastrutture; i cavi, inoltre, sono solitamente posati all'interno di un eventuale tubo di protezione (gusci *uraduct*) e sopra questi vengono installati materassi in cemento o altro materiale a copertura dell'attraversamento.

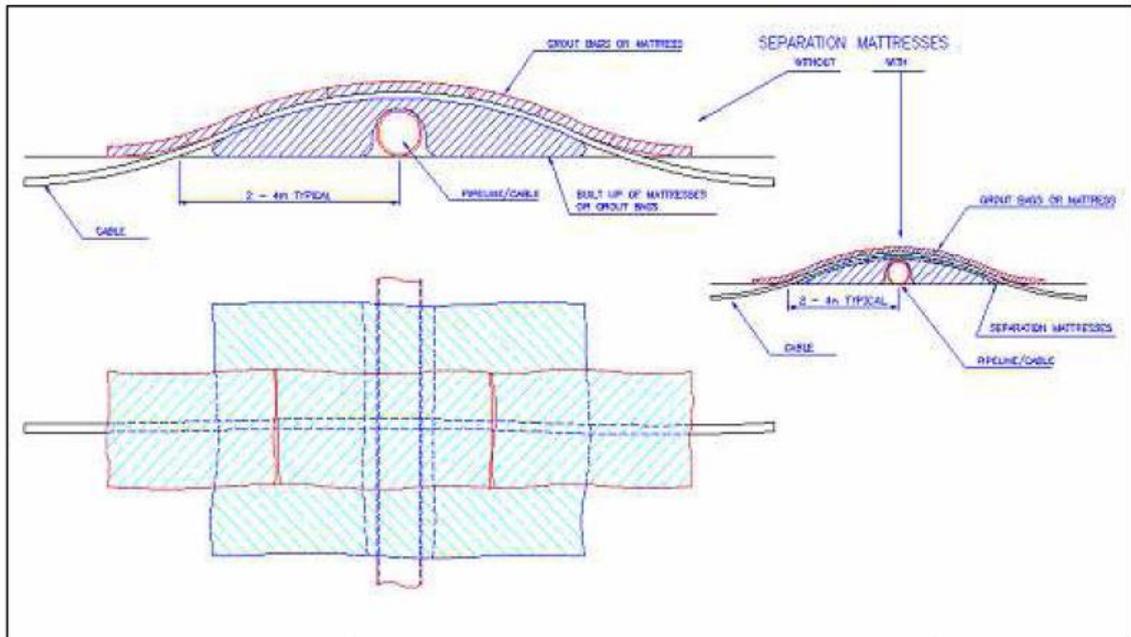


Figura 5.18: Esempio di tipologico di attraversamento di gasdotto affiorante

Nel caso di fondo roccioso o laddove non si potessero mettere in pratica altre metodologie di protezione, il cavo, una volta appoggiato sul fondo, può essere protetto anche con l'applicazione di dispositivi a copertura tra cui ad esempio materassi in cemento (o di altro materiale simile) o conchiglie.

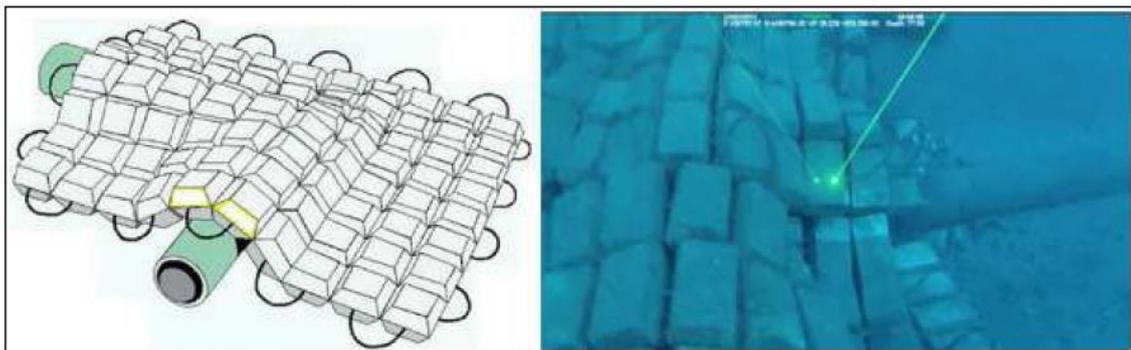


Figura 5.19: Esempi di materassi di cemento per protezione di infrastrutture lineari

Le conchiglie sono manufatti, generalmente in polietilene o ghisa, posti a copertura del cavo ma di fatto inefficaci come protezione meccanica del cavo poiché vengono divelti con estrema facilità dalle correnti o dalle azioni antropiche. Sono ormai considerate una tecnologia obsoleta e non in grado di garantire un efficace protezione dell'asset posato.



Figura 5.20: Esempi di conchiglie in polietilene o ghisa

5.5.5 Modalità di realizzazione del punto di giunzione cavo terrestre-cavo marino

Le modalità di giunzione tra il cavo terrestre ed il cavo marino risultano analoghe a quelle previste per i diversi tratti dei cavi interrati.

I cavi sottomarini di polo verranno collegati ai cavi terrestri di polo mediante dei giunti di impianto, denominati giunti terra-mare (giunti T/M) collocati in apposite camerette di giunzione interrate.

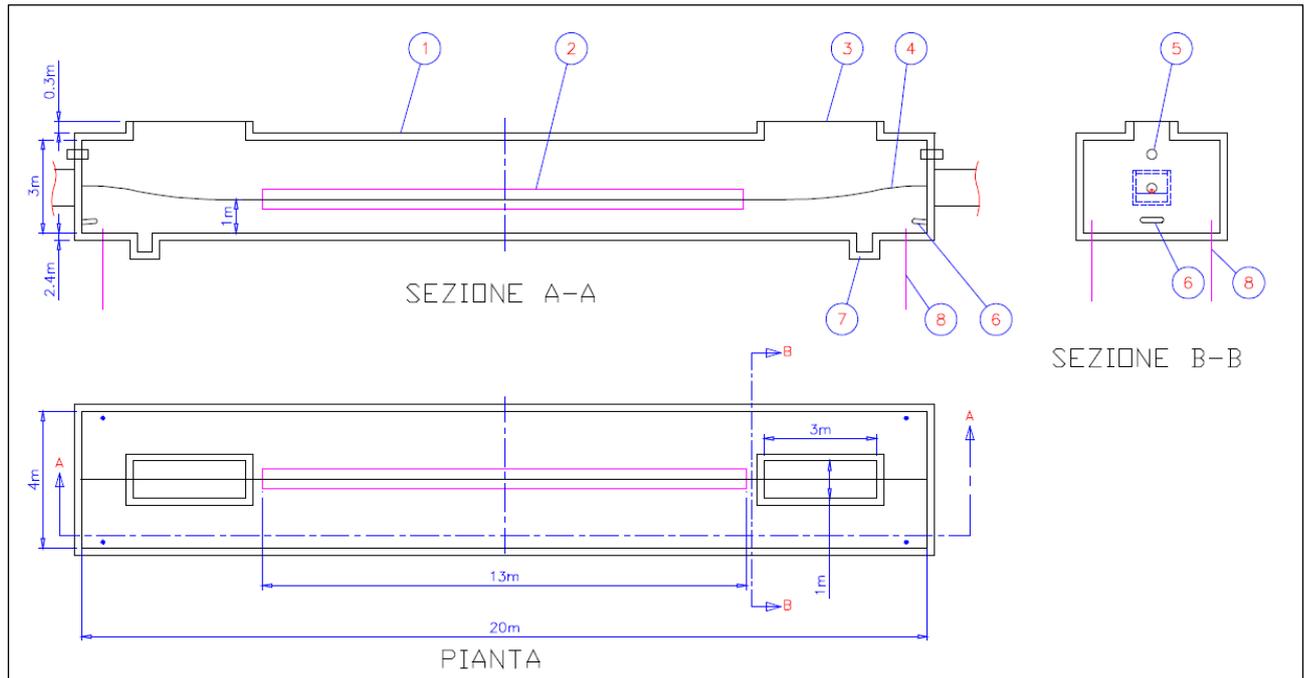
In ciascun approdo, verranno realizzate due buche giunti terra-mare, una per cavo, di dimensioni indicative di circa 3 m di larghezza e 25 m di lunghezza ed una profondità di circa 2 m con la movimentazione e riutilizzo in sito di circa 300 m³. La distanza tra le due buche deve essere tale da garantire una distanza tra i due cavi di polo di almeno 3 m. In fase esecutiva può essere valutata anche l'opzione di effettuare uno scavo unico. Congiuntamente alle buche giunti alcuni pozzetti con coperchio a livello del terreno, per il sezionamento tra cavi marini e terrestri potranno essere installati.

I due giunti saranno quindi realizzati e collocati in tali camerette interrate, appositamente protetti dal punto di vista meccanico, e posizionati nell'area retrostante il punto di imbocco della tubazione installata con tecnica HDD che permette ed agevola l'approdo del cavo sottomarino.

Per quanto concerne le buche giunti T/M per i cavi di elettrodo, verranno realizzate buche giunti di dimensioni più contenute rispetto a quelle di polo; le dimensioni finali di tali buche saranno dipendenti dalla tipologia di cavo che verrà impiegata.

Laddove necessario, il manufatto in questione potrebbe essere posizionato sulla spiaggia con relativa movimentazione di materiale sabbioso avvalendosi eventualmente dell'utilizzo temporaneo di sistemi di drenaggio (wellpoint⁵, pompe, etc.) con recapito a mare delle acque emergenti in modo tale da garantire l'esecuzione in asciutto delle operazioni di costruzione della buca giunti e del collegamento dei due cavi (terrestre e marino).

⁵ L'impianto di wellpoint è un sistema di drenaggio verticale della falda superficiale, utilizzato frequentemente nel settore edile quando si rende necessario realizzare scavi in presenza di acqua. Il sistema prende il nome dal puntale filtrante denominato "wellpoint" (o punta da pozzo). Il sistema, attraverso l'emungimento di acqua dal sottosuolo provoca l'abbassamento temporaneo della superficie della falda freatica consentendo sia di poter lavorare all'asciutto sia di impedire il franamento delle pareti dello scavo durante la realizzazione del manufatto.



Legenda

1	Cameretta di giunzione
2	Giunto tra cavo terrestre e cavo marino
3	Botola di ispezione
4	Cavo HVDC
5	Tubo per fune traente
6	Staffa ad U di fissaggio
7	Pozzetto
8	Picchetti dell'impianto di terra

Figura 5.2: Tipologico di camera o buca giunti per cavi marini/terrestri