

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	1 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

TERMINALE DI PORTO TORRES

Relazione Tecnico-Illustrativa per la Condotta Sottomarina

0	Emissione per Enti	M. Mari	M. Marconi	F. Fratoni	Agosto 2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	2 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	5
LISTA DELLE FIGURE	5
DEFINIZIONI	7
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	7
RIFERIMENTI	9
1 GENERALITÀ	10
1.1 INQUADRAMENTO GENERALE	10
1.1.1 <i>Terminale di Porto Torres</i>	12
1.1.2 <i>Opere Connesse</i>	14
1.2 IL SOGGETTO PROPONENTE	15
1.3 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	16
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	17
2.1 UBICAZIONE DEL TERMINALE DI PORTO TORRES	17
2.2 CARATTERISTICHE E PROFONDITÀ ALL'INTERNO DEL PORTO.....	18
2.2.1 <i>Profondità del Fondale</i>	18
2.2.2 <i>Stabilità del Fondale</i>	18
3 SELEZIONE DEL TRACCIATO	19
3.1 DESCRIZIONE TRACCIATO DELLA CONDOTTA SOTTOMARINA.....	19
3.2 DESCRIZIONE TRACCIATO DEL CAVO 48 FO SOTTOMARINO	20
4 DATI BASE DI PROGETTAZIONE	21
4.1 CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI	21
4.2 DATI DI PROCESSO	22
4.3 CAVO SOTTOMARINO	22
4.4 DATI METEOMARINI.....	23
4.4.1 <i>Regime dei Venti</i>	23
4.4.2 <i>Regime delle Onde</i>	25

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	3 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4.4.3	<i>Regime delle Correnti</i>	25
4.5	DATI GEOTECNICI	26
5	DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DN 500	27
5.1	CARATTERISTICHE DEL TUBO DI LINEA	27
5.2	VERIFICA DELLO SPESSORE IN ACCORDO A DNV-ST-F101	28
5.2.1	<i>Contenimento della Pressione Interna</i>	28
5.2.2	<i>Collasso Pressione Esterna</i>	29
5.2.3	<i>Propagazione del Difetto</i>	30
5.2.4	<i>Risultati</i>	31
5.3	VERIFICA DELLA STABILITÀ DELLA CONDOTTA SUL FONDO	31
5.4	SISTEMI DI PROTEZIONE DALLE AZIONI CORROSIVE	34
6	STUDIO DEL MICROTUNNEL	36
6.1	DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA MICROTUNNEL (MT)	36
6.2	DESCRIZIONE DELLE FASI PRINCIPALI PER LA REALIZZAZIONE DI UN MICROTUNNEL.....	37
6.2.1	<i>Realizzazione delle Postazioni e Predisposizione Area Cantiere a Terra</i>	37
6.2.2	<i>Scavo del Microtunnel</i>	39
6.2.3	<i>Varo della Condotta di Linea</i>	43
6.3	DESCRIZIONE DEL MICROTUNNEL IN PROGETTO.....	44
6.3.1	<i>Caratteristiche Principali</i>	44
6.3.2	<i>Descrizione del Prolifo del Microtunnel</i>	46
6.4	ALLESTIMENTO AREA CANTIERE A TERRA.....	47
6.4.1	<i>Pozzo di Partenza</i>	47
6.4.2	<i>Strade di Accesso</i>	48
6.4.3	<i>Attrezzature, Mezzi e Materiali</i>	48
6.4.4	<i>Gestione dei Fanghi di Peforazione – Impianto di Trattamento</i>	49
6.5	ATTIVITÀ E OPERAZIONI MARITTIME	50
6.5.1	<i>Operazioni di Scavo per il Recupero della MTBM</i>	50
6.5.2	<i>Recupero della MTBM</i>	50
6.6	ATTREZZATURE ACCESSORIE.....	51
6.6.1	<i>Stazioni Intermedie di Spinta</i>	51

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	4 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.6.2	<i>Push Module</i>	51
6.6.3	<i>Air Lock Chamber</i>	51
6.6.4	<i>Modulo di Recupero Subacqueo</i>	51
6.6.5	<i>Flangia di Chiusura del Tunnel</i>	52
7	INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA IN MICROTUNNEL	53
7.1	ALLESTIMENTO AREA DI CANTIERE PER IL VARO DELLA CONDOTTA	53
7.2	STOCCAGGIO DEI TUBI	55
7.3	PRE-ASSEMBLAGGIO DEI GIUNTI DI LINEA	55
7.4	ZONA DI TRANSIZIONE	56
7.5	INSTALLAZIONE DELLA TESTA DI TIRO (PULLING HEAD)	57
7.6	VARO DELLA STRINGA ALL'INTERNO DEL MICROTUNNEL	57
8	STIMA DELLA FORZA DI SPINTA PER VARO DELLA CONDOTTA IN MT	59
9	INSTALLAZIONE DI SPOOLS E RISER	61
9.1	INSTALLAZIONE DEL TUBO DI RISALITA	61
9.2	INSTALLAZIONE DEI RACCORDI FLANGIATI.....	61
9.2.1	<i>Realizzazione degli Attraversamenti</i>	63
10	INSTALLAZIONE IN MT E POSA DEL CAVO IN FIBRA OTTICA	64
11	ATTIVITÀ DI SCAVO E MATERIALE MOVIMENTATO	67
11.1	MOVIMENTAZIONE DEL TERRENO A TERRA	67
11.2	MOVIMENTAZIONE DEL TERRENO A MARE.....	67
12	LAVORI DI COMPLETAMENTO	70
12.1	RIPRISTINO SCAVI A MARE ED INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	70
12.2	ATTIVITÀ DI PRE-COMMISSIONING E COLLAUDO IDRAULICO	71
12.2.1	<i>Considerazioni Generali</i>	71
12.2.2	<i>Pre-Commissioning Intermedio</i>	72
12.2.3	<i>Pre-Commissioning Finale</i>	72
12.3	RIPRISTINO E PULIZIA AREE DI CANTIERE A TERRA.....	73

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	5 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

13 MEZZI NAVALI **75**

14 PROGRAMMA DEI LAVORI **76**

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Condotta Sottomarina DN 500 - Descrizione della Rotta	20
Tabella 4-1: Caratteristiche della Condotta Offshore	21
Tabella 4-2: Dati di Processo	22
Tabella 4-3: Estremi di Velocità del Vento	24
Tabella 4-4: Regime Moto Ondoso (Hs, Tp) (Rif. [5])	25
Tabella 5-1: Caratteristiche Principali della Condotta	27
Tabella 5-2: Coefficienti di Sicurezza per Verifica a Pressione Interna, $\gamma_{SC,PC}$	29
Tabella 5-3: Coefficienti di Sicurezza per Verifica a Pressione Interna, $\gamma_{SC,LB}$	30
Tabella 5-4: Spessori Minimi da Calcolo in accordo alle DNV ST-F101	31
Tabella 5-5: Riepilogo Analisi per il Calcolo della Stabilità della Condotta sul Fondo	33
Tabella 6-1: Caratteristiche geometriche del microtunnel	45
Tabella 14-1: Tempistica delle Principali Attività di Cantiere	76

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1: Corografia con Rete Energetica Sardegna Tratto Nord e ubicazione della FSRU	12
Figura 1-2: Stralcio Ortofoto con ubicazione del Progetto in Area Portuale	13
Figura 1-3: Stralcio Ortofoto con Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres - DN 500 (20") DP 100 bar	15
Figura 2-1: Area di intervento – Porto Torres	17
Figura 2-2: Dettaglio della Batimetria Area Porto Torres	18
Figura 4-1: Cavo Sottomarino 48 FO – Sezione Trasversale (Tipica)	22
Figura 4-2: Dati del Vento	23
Figura 4-3: Diagramma Polare del Vento	24
Figura 4-4: Area Sondaggi eseguiti da CDS Marine S.r.l. & CDS (2022) – il cerchio rosso indica l'area di indagine	26
Figura 5-1: Anodo a Bracciale (Tipico)	35
Figura 6-1: Esempio di Pozzo di Spinta Realizzato con Palancole (Sx) e Diaframmi In Cemento Armato (Dx)	37
Figura 6-2: Attrezzature di Perforazione e Spinta	38
Figura 6-3: Linee di Servizio all'interno del MT durante le Operazioni di Scavo	39
Figura 6-4: Esempio Stazione di Spinta con Muro Reggispinta e Anello di Spinta	40

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	6 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Figura 6-5: Push Module e Settori Circolari in c.a.	41
Figura 6-6: Disconnessione della MTBM dal Primo Concio in c.a.	43
Figura 6-7: Operazioni di Sollevamento e Recupero della MTBM	43
Figura 6-8: Attraversamento in Microtunnel – Vista Generale	44
Figura 6-9: Sezione Tipica del Microtunnel	45
Figura 6-10: Profilo Longitudinale MT in Progetto	46
Figura 6-11: Esempio di piastra di connessione	47
Figura 6-12: Pozzo di Partenza Microtunnel	48
Figura 6-13: Operazione di recupero della MTBM	50
Figura 6-14 Esempio di Chiusura Flangia Cieca	52
Figura 7-1: Esempio di Pipe-Thruster (Copyright Herrenknecht AG)	55
Figura 7-2: Esempio di Zona di Transizione	56
Figura 7-3: Esempio Sistema di Protezione Flangia / Testa di Tiro	57
Figura 8-1: Schema di varo della condotta in Microtunnel	60
Figura 9-1: Esempio di Connessione Flangiata eseguita con sommozzatori	62
Figura 9-2: Esempio di Sollevamento di un Tie-in Spool	63
Figura 10-1: Tipica Configurazione di Cavo Posato con Mezzo Navale	65
Figura 10-2: Esempio di Operazione di Pull in di Cavo all'interno del J tube	66
Figura 11-1: Dragaggio con Panne Anti-torbidità	68
Figura 12-1: Esempio di Installazione di un Piatto di Chiusura Microtunnel	70
Figura 12-2: Esempio di Grata di Chiusura Microtunnel	71
Figura 12-3: Esempio di Sistemi di Protezione per Cavi	71
Figura 12-4: Esempio di Tappo di Chiusura Estremità MT	73

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	7 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

DEFINIZIONI

PROPONENTE	Snam Rete Gas S.p.A.
PROGETTO	Attività di ingegneria di base per il posizionamento di FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in Porto Torres ed opere connesse
SITO	Porto industriale di Porto Torres
TERMINALE	FSRU e impianto di ricezione
NAVE SPOLA	Nave metaniera "shuttle carrier" necessaria a garantire la fornitura di gas naturale alla FSRU

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

3LPE	Three Layer Polyethylene
BHD	BackHoe Dredger (Draga a cucchiaio)
c.a.	Cemento Armato
c.a.p.	Cemento Armato Precompresso
CND	Controlli Non Distruttivi
D.Lgs.	Decreto Legislativo
DM	Decreto Ministeriale
DN	Diametro Nominale
DNV	Det Norske Veritas
DP	Design Pressure
DPCM	Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri
EN	European Norm
FO	Fibra Ottica
FOC	Fiber Optic Cable
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
GD	Grab Dredger (Draga a grappo)
GN	Gas Naturale
GNL	Gas Naturale Liquido (oppure LNG Liquid Natural Gas)

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	8 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

GPL	Gas di Petrolio Liquefatto
Hs	Altezza Significativa dell'Onda
HPU	Hydraulic Power Unit
IJS	Intermediate Jacking Station (Stazione di spinta intermedia)
ISO	International Organization for Standardization
MOP	Maximum Operating Pressure (Pressione Massima di Esercizio)
MT	Microtunnel
MTBM	Microtunnel Boring Machine
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
p.c.	piano campagna
PDE	Punto Di Entrata
PEAD	Polietilene ad Alta Densità
PIL	Punto di Intercettazione di Linea
PNIEC	Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima
PSV	Punto di Scambio Virtuale
PT	Pipe Thruster
RCJP	Reinforced Concrete Jacking Pipe
SMYS	Specified Minimum Yield Strength
SMTS	Specified Minimum Tensile Strength
S.p.A.	Società per Azioni
SRG	Snam Rete Gas
Tp	Periodo dell'onda
TSO	Transport System Operator
UNI	Ente Italiano di Normazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	9 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

RIFERIMENTI

Normative

- | | |
|---------------------|--|
| [1] DM 17/04/2008 | Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8 |
| [2] DNV-ST-F101 | Submarine Pipeline Systems |
| [3] DNV-RP-F109 | On-bottom stability design of submarine pipelines |
| [4] UNI EN ISO 3183 | Petroleum and natural gas industries – Steel pipe for pipeline transportation system |

Documenti di Progetto

- | | |
|--------------------|--|
| [5] 001-GB-B-61007 | Condotta Sottomarina - Planimetria Generale Aree Cantieri Operativi |
| [6] 001-GB-B-61008 | Aree di Cantiere a Terra - Perforazione Microtunnel |
| [7] 001-GB-B-61009 | Aree di Cantiere a Terra - Varo Condotta Sottomarina |
| [8] 001-GB-B-61010 | Planimetria e sezione per Scavo di Transizione per Uscita MT |
| [9] 001-GB-B-61011 | Condotta Sottomarina - Profilo Longitudinale |
| [10]001-ZB-B-15002 | Caratterizzazione Meteomarina Area di Progetto |
| [11]001-ZB-B-85400 | Condotta Sottomarina - Planimetria Generale |
| [12]001-ZB-B-85401 | Condotta Sottomarina - Approdo su Nuova Banchina |
| [13]001-ZB-B-85402 | Condotta Sottomarina - Planimetria dell'Approdo Costiero e Profilo Microtunnel |
| [14]001-ZX-E-09804 | Cronoprogramma Complessivo delle Opere |

Documenti Vari

- | | |
|------------|---|
| [15] EGP.1 | Allegato 3 – Assetto Funzionale del Porto – Piano Regolatore Portuale – Porto Torres 2011 |
| [16] - | Indagine geognostica e prove di laboratorio Rev. 02 - CDS Marine S.r.l. & CDS "Porto industriale di Porto Torres (SS) _ progetto di approvvigionamento di gas naturale attraverso una unità di stoccaggio e rigassificazione di gas naturale liquefatto, molo carbonifero _ banchina E-ON |

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	10 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

1 GENERALITA'

1.1 Inquadramento Generale

La Società Snam Rete Gas ("SRG"), soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A. ("Snam"), una delle principali società di infrastrutture energetiche e principale TSO (Transport System Operator - gestore del sistema di trasporto gas) in ambito europeo, intende allestire nel porto industriale di Porto Torres (SS) un terminale di rigassificazione su un mezzo navale permanentemente ormeggiato ("Terminale") per consentire lo stoccaggio e la vaporizzazione di gas naturale liquefatto (GNL) per il suo trasferimento nella rete di trasporto di gas naturale a terra che sarà realizzata da Enura S.p.A., società soggetta anch'essa all'attività di direzione e coordinamento di Snam. Il Terminale è anche predisposto per svolgere servizi di Small Scale LNG attraverso il rifornimento di apposite navi metaniere "bunkering vessels".

Il Terminale sarà costituito da una unità navale di stoccaggio e rigassificazione flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") con una capacità indicativa di stoccaggio di circa 140.000 m³ di GNL e una capacità di rigassificazione nominale di circa 330.000 Sm³/h. La FSRU sarà ormeggiata a lungo termine (25 anni).

Il Progetto, inizialmente presentato da Snam (Rif. Prot. No. 245 del 29 Novembre 2022), prevedeva l'accosto della FSRU in corrispondenza della banchina carbonile in stretta adiacenza al molo di ormeggio in concessione a EP FiumeSanto. Le numerose interlocuzioni intercorse con le Autorità tecniche portuali nonché con gli organi del Comitato Tecnico Regionale (CTR), hanno fatto emergere l'opportunità di spostare la posizione del Terminale lungo la parte terminale del molo foraneo settentrionale realizzando una nuova struttura d'accosto permanente in cassoni che resterà a servizio del Porto.

Il progetto è parte integrante del più ampio progetto di "Collegamento Virtuale" (o "Virtual Pipeline") per l'approvvigionamento di gas naturale alla Sardegna, che Snam intende realizzare, anche attraverso le sue controllate e partecipate come Snam Rete Gas ed Enura, in coerenza a quanto disciplinato dall'art. 2 comma 4 e comma 5 del Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 marzo 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale numero 125 del 30 maggio 2022, avente ad oggetto "Individuazione delle opere e delle infrastrutture necessarie al phase out dell'utilizzo del carbone in Sardegna e alla decarbonizzazione dei settori industriali dell'Isola" (c.d. DPCM Sardegna).

Come indicato nell'art. 1 comma 1 del suddetto DPCM Sardegna, il progetto Virtual Pipeline si inserisce nell'ambito delle iniziative mirate a sostenere il rilancio delle attività produttive nella regione Sardegna, la decarbonizzazione dei settori industriali, la transizione energetica delle attività produttive e il phase-out del carbone garantendo sia l'approvvigionamento di energia all'Isola a prezzi in linea con quelli del resto d'Italia che, assicurando l'attuazione degli obiettivi del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	11 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Il progetto Virtual Pipeline include lo sviluppo delle infrastrutture di trasporto e di rigassificazione di GNL necessarie a garantire la fornitura di gas naturale in Sardegna mediante l'utilizzo di navi spola (metaniere di piccola taglia o c.d. "shuttle carrier") tra i terminali di rigassificazione italiani regolati ed i futuri terminali di rigassificazione da realizzare in Sardegna. Lo spostamento di volumi fisici di GNL mediante navi spola sarà effettuato con modalità equiparate, anche ai fini tariffari, a quelle del trasporto di gas, che comunemente avviene attraverso un qualsiasi metanodotto del sistema nazionale di trasporto.

In tale contesto, gli shipper operanti nel sistema di trasporto gas nazionale potranno rendere disponibili volumi di gas in un qualsiasi punto di ingresso del sistema o al c.d. Punto di Scambio Virtuale (PSV), richiedendone a Snam Rete Gas la riconsegna in un punto di uscita in Sardegna. In questo modo, volumi di GNL immessi nel sistema presso i terminali di stoccaggio in continente, potranno essere intercambiabili, attraverso opportuni meccanismi di "swap", con equivalenti volumi di gas per i quali sia stata richiesta una riconsegna in Sardegna.

La disponibilità di gas naturale in Sardegna consentirà di avviare il processo di conversione a gas naturale di utenze civili e industriali, oggi ancora approvvigionate principalmente a carbone, olio combustibile, gasolio, GPL o aria propanata, con riduzione degli effetti sull'ambiente, dato che il gas naturale è un combustibile con basse emissioni inquinanti (annullamento sia di particolato (PM10) che di ossidi di zolfo (SOx), ed una considerevole riduzione degli ossidi di azoto (NOx) e, a titolo di esempio, circa -15% di CO2 rispetto al gasolio).

Il Terminale di rigassificazione di Porto Torres (art. 2 comma 4, del DPCM Sardegna) sarà il principale punto di approvvigionamento di gas naturale dei bacini di consumo della Città Metropolitana di Sassari nonché del segmento industriale, ed eventualmente termoelettrico, del Nord dell'Isola.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	12 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01



Figura 1-1: Corografia con Rete Energetica Sardegna Tratto Nord e ubicazione della FSRU

1.1.1 Terminale di Porto Torres

Il progetto ("Terminale di Porto Torres") prevede la realizzazione di un terminale di ricezione, stoccaggio e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) del tipo flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") all'interno del porto industriale di Porto Torres in Provincia di Sassari e relative opere connesse per la realizzazione del collegamento a terra con lo scopo di raggiungere la futura Dorsale Nord già autorizzata con Decreto VIA n. 373 del 05.12.2022.

Nella seguente figura si riporta un inquadramento dell'area con indicate le opere in progetto:

- Terminale FSRU;
- Banchina di ormeggio;
- Condotta sottomarina e relativo approdo;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	13 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- Cavo elettrico a Media Tensione (MT).



Figura 1-2: Stralcio Ortofoto con ubicazione del Progetto in Area Portuale

Il progetto del Terminale di Porto Torres, oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) sarà composto da:

- Una FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità indicativa di stoccaggio pari a circa 140.000 m³, una capacità di rigassificazione di circa 330.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 290 m (lunghezza) x 48 m (larghezza)
- Una nuova banchina costituita da:
 - N.28 cassoni cellulari prefabbricati in c.a. zavorrati con materiale arido;
 - Coronamento dei cassoni in cemento armato gettato in opera;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	14 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- Impalcati di collegamento tra i cassoni con travi in c.a.p. e getti in opera di completamento;
- Scanno di imbasamento dei cassoni in pietrame protetto da una mantellata in massi naturali;
- Gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla nuova banchina est esistente costituiti da:
 - Sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito da N. 2 bracci di scarico ed una condotta in acciaio che corre interrata fino al punto di intercettazione linea (PIL) anch'esso in banchina;
 - Sistema di ormeggio della FSRU;
 - Sistema antincendio costituito da un sistema di pompaggio, un anello di distribuzione ed una serie di monitori e cortine d'acqua;
 - Sistema di controllo ed emergenza per gli impianti di processo sulla nuova banchina;
 - Sistema di blowdown e sfiato di emergenza.
- Un tratto di condotta sottomarina di lunghezza complessiva pari a circa 1670 m di cui 1300 m saranno all'interno di un microtunnel da realizzare come approdo costiero. La condotta a mare funge da collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU e il punto di interfaccia con il tratto a terra della condotta. La condotta proseguirà a terra fino al Punto d'Intercetto, che identifica il punto di ingresso nella rete di trasporto del gas naturale a terra (Rete Energetica tratto nord, si veda la Figura 1.3), che non è oggetto del presente documento;
- Un cavo elettrico di media tensione (MT) per l'alimentazione della banchina di ormeggio della FSRU;
- Un cavo telecomando per collegamento con il dispacciamento a terra di SRG con tracciato in parallelo alla condotta sottomarina.

1.1.2 Opere Connesse

Si considerano opere connesse e oggetto della presente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, la Rete Energetica di Porto Torres di proprietà di Enura S.p.A. La Rete energetica consentirà il collegamento del Terminale di Porto Torres. Quest'ultima a sua volta sarà connessa alle reti di distribuzione locali dei bacini di utenza della Città Metropolitana di Sassari, le principali utenze industriali del Nord dell'Isola ed eventualmente alle utenze termoelettriche.

La Valutazione di Impatto Ambientale della Rete Energetica di Porto Torres è riportata nel documento Doc. No. REL-SIA-E-13010 "Studio di Impatto Ambientale del Progetto Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica tratto Nord – Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20"), DP 100 bar" Proponente: Enura S.p.A.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	15 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

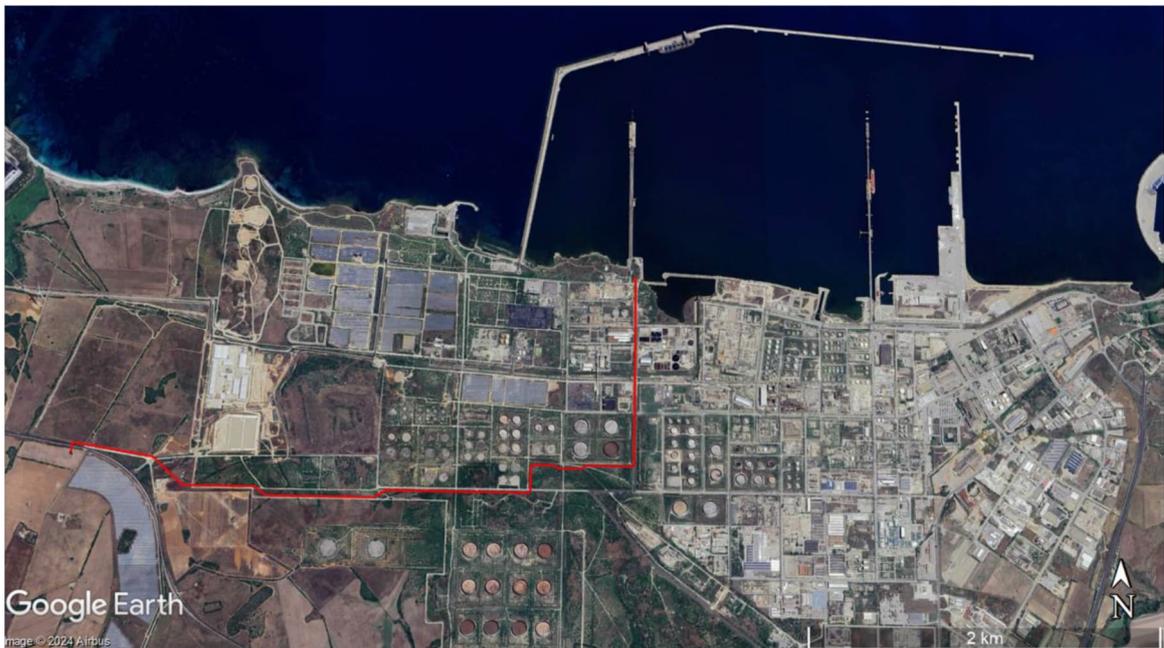


Figura 1-3: Stralcio Ortofoto con Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres - DN 500 (20") DP 100 bar

L'opera, denominata "Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica Tratto Nord - Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20")", DP 100 bar, di lunghezza pari a 4,689 km proposta da Enura ha come obiettivo quello di consentire il collegamento tra il Terminale di Porto Torres e la Rete energetica della Sardegna (progetto Metanizzazione Sardegna – tratto Nord, per il quale Enura ha già ottenuto il decreto di compatibilità ambientale (VIA) con provvedimento n. 373 del 05 Dicembre 2022).

1.2 Il Soggetto Proponente

Il Proponente del Progetto è la Società Snam Rete Gas ("SRG"), società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A ("Snam").

Grazie a una rete sostenibile e tecnologicamente avanzata, Snam garantisce la sicurezza degli approvvigionamenti e gioca un ruolo di abilitatore nella transizione energetica. Oltre che in Italia, Snam è attiva, attraverso consociate internazionali, in Albania (AGSCo), Austria (TAG, GCA), Cina (Snam Gas & Energy Services), Francia (Teréga), Grecia (DESFA), Emirati Arabi Uniti (ADNOC Gas Pipelines) e Regno Unito (Interconnector UK).

Prima in Europa per estensione della rete di trasmissione (ca. 41.000 km) e capacità di stoccaggio (ca. 20 bcm) di gas naturale, è anche tra i principali operatori nella rigassificazione attraverso i terminali di Panigaglia (GNL Italia) e di Piombino (FSRU Italia), di cui è

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	16 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

interamente proprietaria, e le partecipazioni nei rigassificatori italiani di Livorno (OLT) e Rovigo (Adriatic LNG), oltre che nel terminale di Revithoussa (DESFA) in Grecia.

1.3 Scopo e Contenuti del Documento

Lo scopo di questo documento è di illustrare i criteri di progettazione, di costruzione ed installazione della sezione di condotta sottomarina per il trasporto di metano rigassificato.

I criteri qui esposti sono basati su normative Italiane ed internazionali quali:

- D. M. 17/04/2008 Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8 (Rif.[1]);
- DNV-ST-F101 Submarine Pipeline Systems (Rif.[2]).

In particolare, nei capitoli che seguono sono descritti:

- Capitolo 2 Inquadramento Territoriale;
- Capitolo 3 Descrizione del tracciato della condotta sottomarina progetto;
- Capitolo 4 Dati di Progetto;
- Capitolo 5 Dimensionamento preliminare dello spessore della condotta;
- Capitolo 6 Studio preliminare del Microtunnel;
- Capitolo 7 Metodologia di installazione della condotta in Microtunnel;
- Capitolo 8 Stima delle forze di varo per la condotta in Microtunnel;
- Capitolo 9 Installazione di Spool e Riser;
- Capitolo 10 Installazione del Cavo FO su riser, fondale e in Microtunnel;
- Capitolo 11 Descrizione attività di scavo e materiale movimentato;
- Capitolo 12 Descrizione lavori di completamento e ripristini;
- Capitolo 13 Descrizione dei mezzi navali impiegati;
- Capitolo 14 Cronoprogramma lavori.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	17 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Ubicazione del Terminale di Porto Torres

Il porto industriale di Porto Torres è situato lungo la costa settentrionale della Sardegna a circa 20 km da Sassari, 30 km da Alghero e 3 km dal Comune di Porto Torres.

L'area del sito industriale è delimitata a Nord dalla linea di costa, che si affaccia sul Golfo dell'Asinara, a Est dal Rio Mannu e ad Ovest dallo stagno di Pilo.

Gli interventi previsti all'interno del porto industriale di Porto Torres prevedono la realizzazione di un nuovo punto di attracco per navi di tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in corrispondenza dell'esistente molo sopraflutto, situato ad est del molo carboniere esistente.

Come mostrato in Figura 2-1, la FSRU sarà ormeggiata all'interno del Porto Industriale, presso la nuova banchina in progetto, posta a ridosso della diga foranea. La condotta sottomarina, per il trasporto gas dalla FSRU a terra, è individuata dalla linea arancione.

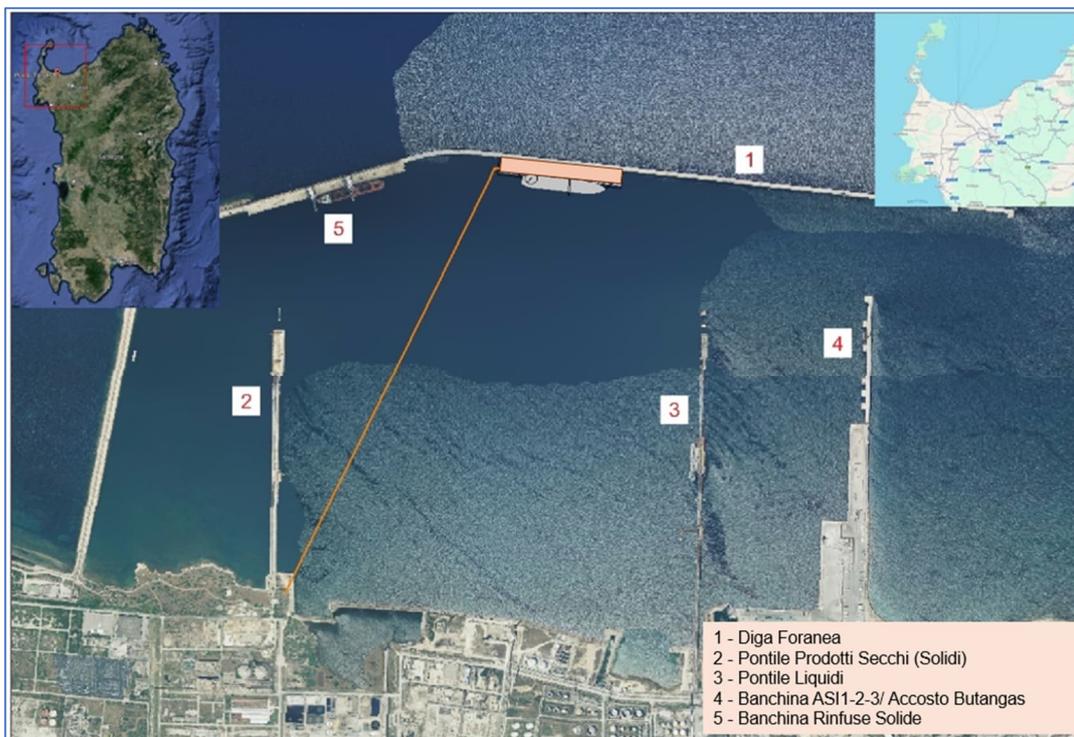


Figura 2-1: Area di intervento – Porto Torres

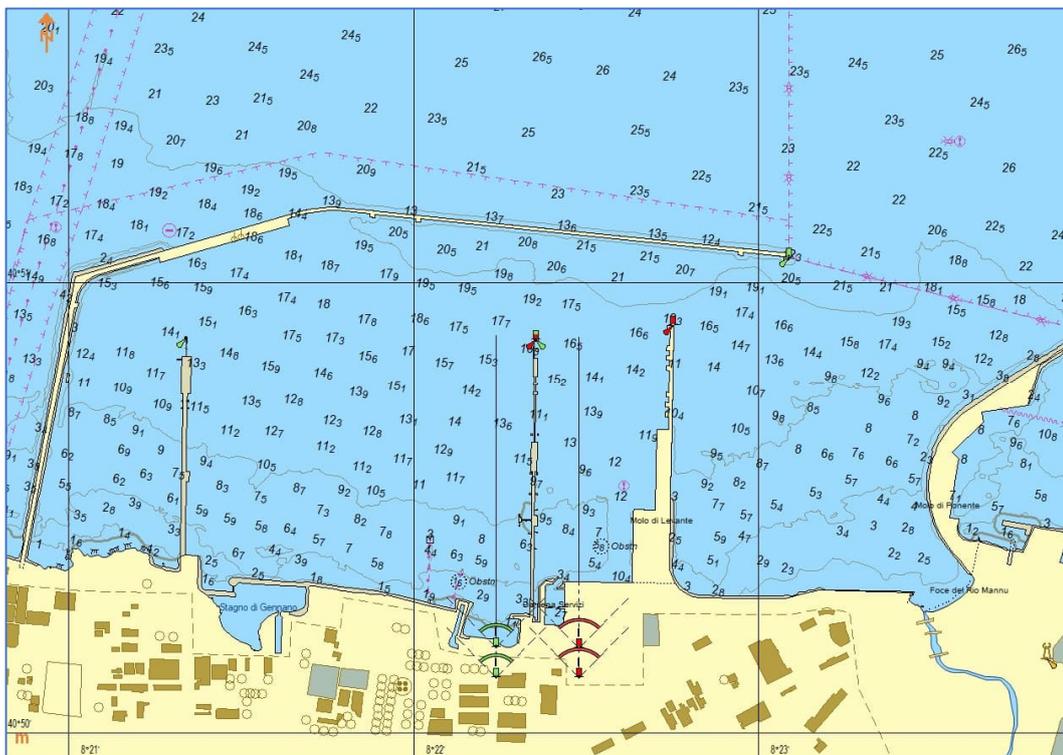
	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	18 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

2.2 Caratteristiche e Profondità all'Interno del Porto

2.2.1 Profondità del Fondale

Attualmente il porto presenta una profondità massima di circa 21.5 m all'imboccatura mentre il nuovo accosto identificato per l'ormeggio della FSRU ha una profondità minima di circa 19 m, come riportato in Figura 2-2.



(Rif. Database CM-93/3, DHI, "MIKE C-MAP, Extraction of the World Wide Bathymetry Data and Tidal Information, Scientific Documentation" MIKE by DHI, Horsholm 2021)

Figura 2-2: Dettaglio della Batimetria Area Porto Torres

2.2.2 Stabilità del Fondale

In questa fase del progetto non sono disponibili studi o informazioni circa la stabilità del fondale all'interno del porto di Porto Torres. Si assume pertanto che il fondale sia stabile.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	19 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

3 SELEZIONE DEL TRACCIATO

Nella selezione del tracciato di progetto della condotta si è prestata particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- evitare interferenze con sviluppi futuri dell'area portuale;
- individuare il percorso più breve e quindi più economico;
- minimizzare le aree di scavo in aree potenzialmente inquinate;
- ottimizzare le attività di costruzione e di installazione nelle aree cantiere disponibili individuate;
- limitare le possibili interferenze che potrebbero occorrere durante le attività di costruzione con le attività già presenti nell'area portuale.

3.1 Descrizione Tracciato della Condotta Sottomarina

La nuova banchina di approdo per la FSRU consentirà il trasferimento di gas naturale allo stato gassoso attraverso dei bracci di scarico posizionati sulla struttura di ormeggio e da questi partirà la condotta di collegamento verso la Rete Nazionale.

Come mostrato in Figura 2-1, il tracciato della condotta attraverserà il bacino portuale, ed in particolare saranno previste le seguenti sezioni (Rif. [11]):

- dopo un breve tratto orizzontale all'uscita del PIL sulla nuova banchina, dove sarà inserito il giunto isolante, ci sarà un tratto verticale (tubo di risalita) con cui la condotta DN 500 (20") a partire dal Terminale si potrà collegare alla sezione di condotta sul fondale marino;
- una volta raggiunto il fondo del mare, un tie-in spool di circa 50 m consentirà l'orientamento della condotta sottomarina in direzione Sud/Sud-Ovest;
- dopo il collegamento flangiato tra tie-in spool e il resto della condotta, quest'ultima attraverserà il bacino portuale per circa 250 m - 300 m all'interno di una trincea pre-scavata;
- il tracciato della condotta sottomarina proseguirà per altri 1300 m all'interno di un microtunnel precedentemente costruito per collegarsi con il tratto onshore della condotta;
- una volta a terra la condotta proseguirà, interrata, fino al punto di interconnessione con la linea interrata del metanodotto collegamento FSRU di Porto Torres (fuori dal presente scopo del lavoro);

Il punto di connessione della condotta sottomarina con il tratto onshore del gasdotto è definito nel punto di coordinata X = 1445724.17 mE, Y = 4521082.01 mN (Rif. [11]).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	20 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

ID	DESCRIZIONE	X	Y	DIREZIONE	LUNGHEZZA PARZIALE DEL TRATTO	LUNGHEZZA PROGRESSIVA	QUOTA FONDO TUBO	QUOTA TERRENO
-	-	mE	mN	degN	m	m	m @LMM	m @LMM
P0	FLANGIA DI FONDO RISER	1446463.39	4522557.57	276.00°	23.02	0.00	-21.00	-21.00
V1	VERTICE CURVA TIE-IN SPOOL	1446440.52	4522560.11			23.02	-20.33	-20.33
P1	USCITA MT A MARE	1446308.91	4522290.50	206.00°	300.01	323.03	-25.44	-18.91
P2	POZZO DI ENTRATA MT A TERRA	1445739.18	4521123.32		1298.81	1621.85	-2.50	3.93
V2	VERTICE CURVA A TERRA	1445723.93	4521092.08		34.77	1656.62	1.17	3.96
P3	INTERFACCIA CON CONDOTTA A TERRA	1445724.17	4521082.01	179.00°	10.08	1666.69	2.41	4.14

NOTA: LA PRIMA SALDATURA DOPO IL GIUNTO ISOLANTE (1 446 471.06 mE, 4 522 556.72 mN) RAPPRESENTA IL LIMITE DI BATTERIA DEL TRATTO A MARE. LA LUNGHEZZA DEL TRATTO SULLA NUOVA BANCHINA FINO ALLA FLANGIA DI FONDO RISER E' DI 21 m

Tabella 3-1: Condotta Sottomarina DN 500 - Descrizione della Rotta

3.2 Descrizione Tracciato del Cavo 48 FO Sottomarino

Il cavo sottomarino a fibra ottica seguirà un percorso parallelo a quello della condotta DN 500. Il cavo 48 FO scenderà in mare dal Terminale protetto da un J-tube posto a lato del tubo di risalita. Il tracciato si svilupperà poi affiancando la condotta DN 500 sul lato ovest, correndo nella stessa trincea del tubo ad una distanza di sicurezza da questo non inferiore a 2 m, ed interrato per circa 1.0 m ÷ 1.5 m.

All'interno del microtunnel invece, il cavo sarà installato all'interno di un tubo di protezione in PEAD, ancorato sulla volta superiore del microtunnel.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	21 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4 DATI BASE DI PROGETTAZIONE

In questa sezione sono riportate le informazioni principali utilizzate in fase di progettazione.

4.1 Caratteristiche Tecniche Generali

Nella tabella seguente sono presentate le principali caratteristiche tecniche del tratto offshore del gasdotto oggetto del presente studio.

Grandezza	Descrizione
Lunghezza	1666.69 m
Massima profondità del fondale	Circa 21 m
Diametro Nominale condotta	DN 500 (20")
Diametro Esterno condotta	508 mm
Spessore acciaio condotta	14.3 mm
Fluido di processo	Gas Naturale
Grado acciaio	ISO 3183 – L450
Tensione di snervamento (SYMS)	450 N/mm ²
Peso specifico dell'acciaio	7850 kg/m ³
Modulo elastico dell'acciaio	207000 N/mm ²
Rivestimento anticorrosivo	3LPE
Spessore rivestimento anticorrosivo	3.5 mm
Sistema di protezione catodica	Anodi sacrificali
Spessore di appesantimento	40 mm
Materiale appesantimento	Gunite, 2400kg/m ³ ⁽¹⁾
Vita Utile	25 anni
Nota (1) Il tubo di risalita sarà rivestito in poli-cloroprene o similari	

Tabella 4-1: Caratteristiche della Condotta Offshore

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	22 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4.2 Dati di Processo

Per il dimensionamento preliminare della condotta saranno utilizzati i dati elencati qui di seguito.

Descrizione	Unità	Valore
Pressione di Progetto (DP)	barg	100
Pressione Massima di Progetto (MOP)	barg	85
Pressione di Collaudo Idraulico	barg	130
Temperatura Massima del gas in entrata	°C	+50
Temperatura Minima del gas in entrata	°C	+3

Tabella 4-2: Dati di Processo

4.3 Cavo Sottomarino

Per il telecontrollo in rete primaria si prevede di collegare il PDE con il Terminale tramite un cavo 48 FO. In analogia con la condotta DN 500 anche in questo caso è prevista la posa di un tratto sottomarino per l'attraversamento della darsena.

La struttura del cavo in fibra ottica sarà del tipo rinforzato con una doppia armatura in modo da resistere alle sollecitazioni a cui è sottoposto durante l'installazione e la vita operativa. Il diametro esterno sarà di circa 25 mm - 30 mm. Una sezione trasversale tipica è riportata in Figura 4-1.

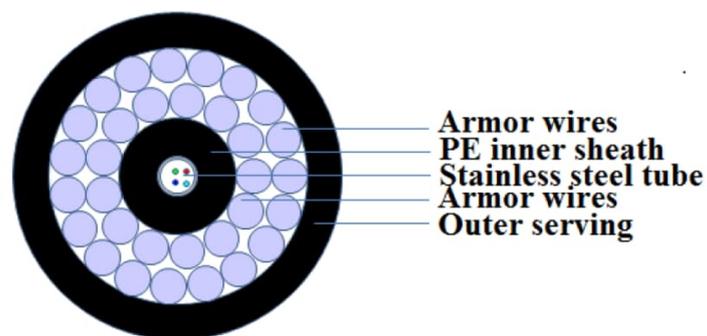


Figura 4-1: Cavo Sottomarino 48 FO – Sezione Trasversale (Tipica)

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	23 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4.4 Dati Meteomarini

Porto Torres è localizzato sulla costa nord-occidentale della Sardegna e si affaccia sul golfo dell'Asinara.

4.4.1 Regime dei Venti

Relativamente al regime anemometrico sono stati analizzati valori misurati dal punto dati NOAA, che ha coordinate Latitudine = 41.00°N e Longitudine = 8.50°E, ed è considerato rappresentativo per le condizioni di vento nel Golfo dell'Asinara, sia al largo che nell'area portuale di Porto Torres. I dati, forniti ad intervalli temporali di 3 ore, coprono un periodo di tempo di 31 anni dal 01/01/1979 al 31/12/2009.

L'analisi dei dati disponibili ha evidenziato che i venti prevalenti provengono dai settori di Ovest e Ovest-Nord Ovest.

Le intensità sono generalmente moderate con il 92% di probabilità di occorrenza di venti con velocità non superiore a 10 m/s.

Direzione di provenienza (°N)	Ws(m/s)/Dir(°N) - NOAA point (08.50E 041.00N) - Frequenza di Occorrenza (%)												Total
	Ws(m/s)												
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20	20 - 22	22 - 24	
0 (345-15)	1.115	2.077	1.411	0.427	0.134	0.056	0.019	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	5.243
30 (15-45)	1.079	1.979	1.491	0.541	0.216	0.082	0.023	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	5.421
60 (45-75)	0.980	2.190	1.863	1.087	0.437	0.174	0.045	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	6.796
90 (75-105)	1.097	2.666	2.553	2.029	1.094	0.404	0.125	0.039	0.011	0.000	0.000	0.000	10.018
120 (105-135)	1.008	2.133	1.478	0.545	0.157	0.036	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	5.363
150 (135-165)	0.954	1.475	0.736	0.193	0.056	0.022	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.439
180 (165-195)	0.986	1.527	0.917	0.510	0.202	0.050	0.018	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	4.213
210 (195-225)	1.094	2.200	1.873	1.294	0.874	0.372	0.138	0.049	0.015	0.008	0.000	0.000	7.918
240 (225-255)	1.271	3.212	3.154	2.008	0.981	0.539	0.235	0.086	0.029	0.008	0.002	0.000	11.525
270 (255-285)	1.445	3.962	4.457	3.338	1.973	1.094	0.495	0.210	0.075	0.010	0.002	0.000	17.060
300 (285-315)	1.325	3.736	3.633	2.294	1.756	1.348	0.900	0.555	0.277	0.073	0.009	0.000	15.906
330 (315-345)	1.238	2.624	1.919	0.673	0.314	0.184	0.079	0.046	0.014	0.006	0.001	0.000	7.098
Omnidirezionale	13.591	29.781	25.487	14.941	8.195	4.362	2.082	1.017	0.427	0.104	0.014	0.000	100.000

Figura 4-2: Dati del Vento

Nota (1) Distribuzione direzionale della frequenza di occorrenza del vento medio orario relativo a 10 m sopra il livello medio del mare relativo al punto dati NOAA (Latitudine = 41.00° N e Longitudine = 8.50° E) (Rif. [5])

Il grafico successivo riporta la rosa dei venti costruita con i dati di direzione e velocità del vento provenienti da una serie temporale tri oraria della durata complessiva di 31 anni (1979-2009) della velocità media oraria del vento 10 m sopra il livello medio del mare.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	24 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

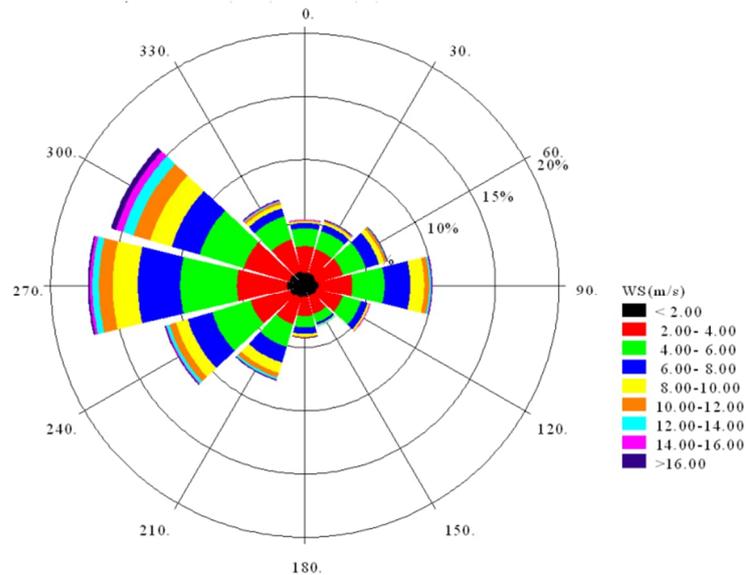


Figura 4-3: Diagramma Polare del Vento

Nota (1) Diagramma polare medio orario relativo a 10 m sopra il livello medio del mare relativo al punto dati NOAA (Latitudine = 41.00° N e Longitudine = 8.50° E). (Rif. [5])

Nella Tabella 4-3 sono riportati gli estremi direzionali delle raffiche di vento di 1 minuto.

Direzione di provenienza (°N)	Estremi di velocità del vento (1 min - 10m) - (m/s)							
	1 anno	2 anni	5 anni	10 anni	25 anni	50 anni	100 anni	500 anni
0	12.7	13.9	15.5	16.6	18.1	19.2	20.2	22.6
30	13.8	15.1	16.8	18.0	19.5	20.7	21.8	24.4
60	15.1	16.3	17.7	18.8	20.2	21.2	22.2	24.4
90	16.6	17.7	19.0	20.0	21.2	22.0	22.9	24.8
120	12.2	13.2	14.5	15.5	16.7	17.6	18.5	20.5
150	10.5	11.6	13.0	14.0	15.3	16.3	17.2	19.4
180	13.3	14.6	16.2	17.4	18.9	20.1	21.2	23.7
210	17.8	19.2	20.9	22.2	23.8	24.9	26.1	28.6
240	19.0	20.4	22.2	23.5	25.2	26.5	27.7	30.5
270	20.1	21.3	22.9	24.1	25.5	26.6	27.6	30.0
300	26.7	28.8	31.5	33.6	36.2	38.1	40.1	44.5
330	17.2	19.0	21.4	23.1	25.4	27.2	28.9	32.9
Omnidirezionale	25.1	26.7	28.7	30.2	32.2	33.7	35.1	38.4

Tabella 4-3: Estremi di Velocità del Vento

Nota (1) Estremi direzionali delle raffiche di vento di 1 minuto 10 m sopra il livello medio del mare. Periodo di ritorno 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 500 anni – Punto NOAA (Latitudine = 41.00° N e Longitudine = 8.50° E) (Rif. [5])

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	25 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4.4.2 Regime delle Onde

Relativamente al regime ondoso, è stata condotta una caratterizzazione del moto nell'area portuale mediante la costruzione di un modello sito-specifico di propagazione degli stati di mare del largo verso costa e di un secondo modello sito-specifico per la simulazione dell'agitazione interna al bacino. Tali modelli sono stati costruiti basandosi sulla piattaforma di modelli MIKE sviluppati da DHI.

I valori sono stati forniti in corrispondenza della diga foranea, ma sono stati considerati rappresentativi dello specchio acqueo nella porzione occidentale del porto, ossia anche in corrispondenza del sito di progetto.

Periodo di Ritorno (anni)	Estremi di altezza d'onda significativa (Hs) - Periodo di Picco associato medio (Tp)	
	Hs (m)	Tp (s)
1	0.44	8.6
2	0.51	8.7
5	0.58	8.8
10	0.66	8.9
25	0.75	9.0
50	0.82	9.0
100	0.87	9.1

Tabella 4-4: Regime Moto Ondoso (Hs, Tp) (Rif. [5])

I valori estremi di onda riportati in Tabella 4-4 sono stati quindi presi a riferimento per lo sviluppo della progettazione preliminare dell'appesantimento della condotta. Una ottimizzazione sarà condotta nella fase di successiva ingegneria.

4.4.3 Regime delle Correnti

Il regime delle correnti all'interno del porto può considerarsi di esigua entità. Ai fini del dimensionamento preliminare sono stati presi in considerazione i valori conservativi estraibili dal documento OCIFM -Mooring Equipment Guidelines 4^a Edizione-(MEG 4) (Rif. [10]).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	26 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

4.5 Dati Geotecnici

I dati geologici e geotecnici per l'area portuale di Porto Torres sono stati ricavati dal documento:

- o Report sulla campagna geognostica eseguita nei mesi di Novembre e Dicembre 2022 dalla società CDS Marine S.r.l. & CDS (Rif. [16])



Figura 4-4: Area Sondaggi eseguiti da CDS Marine S.r.l. & CDS (2022) – il cerchio rosso indica l'area di indagine

I dati geotecnici attualmente disponibili non coprono nello specifico l'area interessata dall'attraversamento in MT, ma si riferiscono ad indagini e campionamenti svolti in precedenza all'interno dell'area portuale. Informazioni geologico-geotecniche dedicate al progetto saranno disponibili solo al termine della campagna prevista, attualmente in corso, che include indagini geotecniche, geofisiche e ambientali.

Le perforazioni eseguite hanno riscontrato, al di sotto di un esiguo spessore di depositi granulari recenti ad alto contenuto algale, la presenza di termini calcarenitici alterati e litoidi alternati a livelli sabbiosi più o meno cementati e a uno strato di limi sabbiosi grigi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	27 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

5 DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DN 500

5.1 Caratteristiche del Tubo di Linea

I tubi ed i componenti utilizzati per la costruzione condotte per il trasporto di gas saranno in acciaio conformi alle norme previste dalla norma UNI EN 1594 in accordo al punto 3 del DM 17 aprile 2008 (Rif.[1]).

I tubi, collaudati singolarmente dalle industrie produttrici, avranno una lunghezza media, sia per la linea principale che per le linee secondarie, di 12 m circa, saranno smussati e calibrati alle estremità per permettere la saldatura elettrica di testa ed avranno le seguenti caratteristiche:

Diametro Nominale (DN)	SMYS (N/mm ²)	Spessore Minimo (mm)	Materiale
500 (20")	450	14.3	L450

Tabella 5-1: Caratteristiche Principali della Condotta

Per il calcolo dello spessore di linea della tubazione è stato scelto il seguente grado di utilizzazione rispetto al carico unitario di snervamento minimo garantito:

Condotta DN 500 (20") – 100 bar: $f \leq 0.57$

Il tubo costituente la condotta di trasporto sarà di acciaio di grado L450.

Il grado di utilizzazione scelto per il calcolo dello spessore dei tubi DN 500 (20") è $f = 0.57$.

In riferimento a quanto previsto al punto 2.1 del DM 17/04/08, lo spessore nominale del tubo di linea minimo t_{min} (calcolato al netto delle tolleranze negative di fabbricazione) deve risultare non inferiore al valore determinato con la seguente espressione:

$$t \geq t_{min} \text{ (mm)} = (DP \times D) / (20 \times sp)$$

con:

- D diametro esterno della condotta in mm;
- DP pressione di progetto;
- sp sollecitazione circonferenziale ammissibile (espressa in MPa) $< f \times Rt0.5$;
- f grado di utilizzazione;
- Rt0.5 carico unitario di snervamento minimo garantito.

Inoltre, al fine di soddisfare le prescrizioni dei punti 2.5 e 2.7 della "Regola tecnica", lo spessore minimo t_{1min} , è stato calcolato in base alla pressione massima di esercizio aumentata del 25% come indicato nella seguente formula:

$$t \geq t_{1min} \text{ (mm)} = (1.25 DP \times D) / (20 \times sp)$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	28 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Di seguito viene effettuato il calcolo in base ai diametri utilizzati per le condotte in progetto.

$$t \geq t_{\min} \text{ (mm)} = (DP \times D) / (20 \times sp) = (100 \times 508) / (20 \times 256.5) = 9.90 \text{ mm.}$$

$$t \geq t_{1\min} \text{ (mm)} = (1.25 DP \times D) / (20 \times sp) = (1.25 \times 100 \times 508) / (20 \times 256.5) = 12.38 \text{ mm.}$$

Lo spessore dei tubi utilizzati per le specifiche destinazioni, al netto della tolleranza negativa garantita di fabbricazione, sarà comunque non inferiore sia agli spessori di calcolo t_{\min} e $t_{1\min}$, sia allo spessore minimo ammesso al punto 2.1 del D.M. 17 aprile 2008.

5.2 Verifica dello Spessore in Accordo a DNV-ST-F101

Lo spessore dovrà soddisfare anche i requisiti dello standard internazionale DNV-ST-F101 (Rif.[2]).

La condotta è stata verificata per i seguenti scenari di rottura:

- Contenimento della pressione interna;
- Collasso per pressione esterna;
- Propagazione del difetto.

La selezione dello spessore della parete tiene conto dei risultati delle analisi di integrità strutturale nelle seguenti condizioni:

- Installazione;
- Prova di collaudo statico;
- Operativo;
- Svuotamento della condotta (shut-down).

Il maggiore degli spessori derivanti dalle analisi sarà il minimo spessore di acciaio richiesto.

Dal momento che tutto il tratto a mare sarà all'interno dell'area portuale, per le analisi è stata considerata una DNV location class 2, prevista nelle aree con presenza di attività umane.

5.2.1 Contenimento della Pressione Interna

Lo spessore minimo di acciaio per il contenimento della pressione è stato definito in condizioni sia operative sia di collaudo. Il contenimento della pressione è stato definito in conformità al seguente:

$$p_{lx} - p_e \leq \frac{p_b(t_1)}{\gamma_m \cdot \gamma_{SC,PC}}$$

dove:

p_{lx} è uguale alla pressione incidentale locale (p_{li}) oppure alla pressione collaudo locale (p_{lt}) in base alla condizione analizzata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	29 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

La resistenza al contenimento della pressione $p_b(t_1)$ è data da:

$$p_b(t_1) = \frac{2 \cdot t_1}{D - t_1} \cdot f_{cb} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

dove:

$$f_{cb} = \min [f_y, f_u/1.15]$$

$$f_y = (SMYS - f_{y,temp}) \cdot \alpha_u$$

$$f_u = (SMTS - f_{u,temp}) \cdot \alpha_u$$

$f_{y,temp}, f_{u,temp}$ = de-rating dovuto alla temperatura

$$t_1 = t_{nom} - t_{fab} - t_{CA}$$

t_{fab} = tolleranza di fabbricazione

t_{CA} = sovrappessore di corrosione

α_u = coefficiente di utilizzo del materiale in accordo alla Tabella 5.3 (0.96 in fase operativa, 1.00 per la prova di collaudo)

La verifica a pressione interna è stata considerata come uno Stato Limite Ultimo ($\gamma_m=1.15$). I valori del fattore di resistenza relativo alla classe di sicurezza (γ_{sc}) sono riportati in Tabella 5-2.

Condizione del tubo	Zona	Valore
Collaudo idraulico	Bassa	1.046
Operativa (LC2)	Alta	1.308

Tabella 5-2: Coefficienti di Sicurezza per Verifica a Pressione Interna, $\gamma_{sc,PC}$

5.2.2 Collasso Pressione Esterna

Lo spessore minimo di acciaio contro il collasso dovuto alla pressione esterna è stato definito secondo la formula riportata di seguito:

$$p_e - p_{min} = \frac{p_c(t_1)}{\gamma_m \cdot \gamma_{sc,LB}}$$

dove:

p_{min} = pressione interna (uguale a zero per il tubo vuoto)

p_e = pressione esterna

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	30 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

p_c = pressione di collasso (par. 13.4.7 del Rif.[2])

$$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c \cdot p_{el} \cdot p_p \cdot f_0 \frac{D}{t_1}$$

La condotta è stata verificata considerando i seguenti livelli di sicurezza:

- Classe di sicurezza Bassa al momento dell'installazione;
- Classe di sicurezza Media nella zona 1 dopo la messa in servizio;
- Classe di sicurezza Alta nella zona 2 dopo la messa in servizio.

La verifica della pressione esterna è stata effettuata come uno Stato Limite Ultimo, utilizzando un coefficiente di sicurezza γ_m pari a 1.15.

Condizione del tubo	Zona	Valore
Installazione	Bassa	1.046
Shut-down (LC2)	Alta	1.260

Tabella 5-3: Coefficienti di Sicurezza per Verifica a Pressione Interna, $\gamma_{SC, LB}$

5.2.3 Propagazione del Difetto

In accordo alla DNV STF101 (Rif.[2]), la condotta deve garantire adeguata resistenza alla propagazione del difetto per via della pressione esterna. La pressione deve essere limitata in base alla seguente formula:

$$p_e < \frac{p_{pr}}{\gamma_m \cdot \gamma_{SC}}$$

$$P_{pr} = 35 f_y \alpha_{fab} \left(\frac{t_2}{OD} \right)^{2.5}$$

Dove:

t_2 = t_{nom} (Condizione di Installazione)

t_2 = $t_{nom} - t_{CA}$ (Condizione Shut Down)

La verifica di propagazione del difetto per pressione esterna è stata considerata come uno Stato Limite Ultimo ($\gamma_m=1.15$). I valori del fattore di resistenza relativi alla classe di sicurezza (γ_{SC}) sono riportati in Tabella 5-3.

La verifica è stata eseguita per le condotte in classe di sicurezza Bassa durante l'installazione e in classe di sicurezza Media in operativo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	31 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

5.2.4 Risultati

Lo spessore minimo richiesto per soddisfare le verifiche delle DNV ST-F101 (Rif.[2]) è riportato in Tabella 5-4.

Pressione Interna		Pressione Esterna		Propagazione del difetto	
Collaudo	Operativo	Installazione	Shut Down	Installazione	Shut Down
mm	mm	mm	mm	mm	mm
8.61	9.48	6.10	6.29	8.65	9.38
Note: (1) Le verifiche a pressione esterna sono state fatte conservativamente considerando un battente esterno di 40m					

Tabella 5-4: Spessori Minimi da Calcolo in accordo alle DNV ST-F101

Lo spessore di 14.3 mm soddisfa i requisiti DNV per il dimensionamento dello spessore per le condotte sottomarine.

5.3 Verifica della Stabilità della Condotta sul fondo

La maggior parte della rotta sarà posata all'interno del microtunnel e all'interno di uno scavo e, pertanto, non soggetta a instabilità da carichi meteomarinari.

Anche se i carichi meteomarinari all'interno del porto sono minimi e la condotta sarà completamente interrata, è stato comunque eseguito un calcolo di stabilità del tubo sul fondo per determinare lo spessore di calcestruzzo da applicare alla condotta.

Lo studio preliminare di stabilità del tubo sul fondo è stato eseguito in accordo ai criteri della DNV-RP-F109 (Rif.[3]).

La condotta deve essere dimensionata in modo tale da avere un adeguato peso e non galleggiare in condizioni di tubo vuoto.

La stabilità laterale sul fondo viene calcolata con i criteri presentati in DNV-RP-F109 (Rif.[3]) per i quali sono previsti diversi metodi di verifica che prevedono una stabilità assoluta (metodo assoluto) oppure consentono di calcolare lo spessore minimo del calcestruzzo richiesto per limitare lo spostamento della condotta con valori che variano tra ½ diametro del tubo fino a 10 volte il diametro.

Per le analisi è stato considerato una stabilità con il metodo assoluto.

Con riferimento alle condizioni di installazione della condotta, sono stati analizzati i carichi ambientali rilevati con le seguenti combinazioni di onde e correnti:

- ✓ 10 y.r.p. estremi di onda annuali – 1 y.r.p. estremi di corrente annuali;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	32 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- ✓ 1 y.r.p. estremi di onda annuali – 10 y.r.p. estremi di corrente annuali;

Con riferimento alle condizioni operative della condotta sono stati analizzati i carichi ambientali rilevati con le seguenti combinazioni di onde e correnti:

- ✓ 10 y.r.p. estremi di onda annuali – 100 y.r.p. estremi di corrente annuali;
- ✓ 100 y.r.p. estremi di onda annuali – 100 y.r.p. estremi di corrente annuali;

Il fondale è di tipo sabbioso-calcarenitico.

Come appesantimento è stato applicato uno spessore calcestruzzo di 40 mm a 2400kg/m³ che soddisfa i requisiti sopracitati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	33 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

			
Porto Torres DN500 sealine			
Prepared:	Date:	Sign:	Verified: Date: Sign:
RELEVANT INPUT PARAMETERS:			
Pipeline data			
Nominal outer steel diameter	D_s	0,508 m	Density content: ρ_{conc}
Direction of pipeline	θ_{pipe}	0 deg.	Cut back length FJC: L_{FJC}
Density water:	ρ_{water}	1028 kg/m ³	Density FJC material: ρ_{FJC}
			50 kg/m ³ 0,37 m 1100 kg/m ³
Steel thickness:	t_{steel}	0,0143 m	Steel density: ρ_{steel}
Concrete thickness:	t_{conc}	0,0400 m	Concrete density: ρ_{conc}
Marine growth thickness:	t_{mgt}	0,0000 m	Marine growth density: ρ_{mgt}
			7850 kg/m ³ 2448 kg/m ³ 1350 kg/m ³
Auxiliary coating layer thicknesses		Coating layer densities	
	$t_{coat,1}$	0,0035 m	$\rho_{coat,1}$
	$t_{coat,2}$	0,0000 m	$\rho_{coat,2}$
	$t_{coat,3}$	0,0000 m	$\rho_{coat,3}$
	$t_{coat,4}$	0,0000 m	$\rho_{coat,4}$
	$t_{coat,5}$	0,0000 m	$\rho_{coat,5}$
			950 kg/m ³ 900 kg/m ³ 950 kg/m ³ 1000 kg/m ³ 1050 kg/m ³
Soil data		Environmental data	
Bottom roughness param. :	Z_o	1,00E-05 m	Spectral spreading exp.:
Trench depth:	Z_t	0,00 m	Ref. height for current:
Additional penetration	Z_{pu}	0,000 m	Water depth:
Total load reduction, horizontal:	$r_{tot,y}$	0,98	Trench angle:
Total load reduction, vertical:	$r_{tot,z}$	1,00	Peak enhancement factor:
Lift reduction factor:	$r_{perm,z}$	1,00	Design storm duration:
Friction coefficient:	μ	0,60	Abs. Stab. safety fac. $Y_{SC,empty}$
Submerged unit soil weight(Sand):	γ_s'	8400 N/m ³	Abs. Stab. safety fac. $Y_{SC,operational}$
Dry unit soil weight(clay):	γ_s	- N/m ³	Soil type:
Undrained shear strength (clay):	S_u	- N/m ²	Sand
Soil strength parameter (clay):	$G_c,operational$	-	
Stability criterion:		Absolute Stability	
INTERMEDIATE RESULTS:			
	Empty condition		Operational condition
	1-year Current		10-year Current
	10-year Wave		100-year Wave
Critical RPV combination			
Critical current velocity - V/V^*		0,009	0,01
Maximum current velocity		0,009	0,01
Critical direction [deg]	90,0	90,0	90,0
Significant wave height - H_s		0,7	0,87
Peak period - T_p		8,9	9,10
Wave induced velocity - U_s/U_s^*		0,261	0,35
K/K^*		3,9	5,36
M (Critical curr. velocity)/ M^*		0,033	0,02
M (Maximum curr. velocity)/ M^*		0,033	0,02
N/N^*		0,003	0,00
L/L^*		15,314	17,74
F_R		49,41	55,78
C_V^*		9,003	6,39
C_Z^*		4,663	4,77
T_u/T^*		8,89	9,06
FINAL RESULTS:			
w_s [N/m]		575,1	663,6
$w_{s,required}$ [N/m]		340,2	704,2
$t_{conc,added}$ [m]		-	-
$t_{steel,added}$ [m]		-	-
$w_{s,vertical}$ [N/m]		280	280

Tabella 5-5: Riepilogo Analisi per il Calcolo della Stabilità della Condotta sul Fondo

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	34 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

5.4 Sistemi di Protezione dalle Azioni Corrosive

I materiali in generale ed in particolare l'acciaio con cui è realizzata la condotta sono suscettibili di degrado nel tempo.

La modalità di degrado degli acciai, in cui sono realizzate le condotte adibite al trasporto di gas e idrocarburi, è la corrosione.

La corrosione può essere definita come: "Interazione chimico-fisica tra un metallo e il suo ambiente che si manifesta attraverso modificazioni delle proprietà del materiale metallico e che, spesso, porta ad un degrado funzionale del materiale metallico (riduzione di spessore), dell'ambiente o del sistema di cui entrambi fanno parte. L'interazione è in genere di tipo elettrochimico".

I fenomeni corrosivi sono quindi un problema tipico delle condotte interrate e/o sottomarine.

La condotta sottomarina deve essere sottoposta ad un sistema di prevenzione e protezione dalla corrosione.

Tale sistema di prevenzione e protezione si basa sull'utilizzo di un sistema congiunto costituito da:

- ✓ una protezione passiva che consiste nel rivestimento esterno della condotta con materiali polietilenici in grado di proteggere il metallo dall'ossidazione (3.5 mm di 3LPE da confermare nelle prossime fasi di progetto);
- ✓ una protezione attiva (protezione catodica), mediante l'applicazione di anodi sacrificali a bracciale in lega di alluminio.

L'applicazione di rivestimenti è la tecnica più antica e diffusa per proteggere dalla corrosione le strutture metalliche interrate e/o sottomarine; essa opera come una barriera fisica di separazione tra il metallo e l'ambiente. Perde di efficacia in corrispondenza dei difetti del rivestimento.

La protezione catodica è una tecnica elettrochimica di prevenzione della corrosione dei materiali metallici immersi in ambienti aggressivi aventi un'apprezzabile conducibilità elettrica, quali i terreni e le acque. Si attua facendo circolare una corrente continua fra un elettrodo (anodo) posto nell'ambiente e la superficie della struttura da proteggere (catodo): tale corrente provoca la diminuzione del potenziale del materiale metallico e riduce la velocità di corrosione fino al suo arresto.

La combinazione di rivestimento e protezione catodica assicura la massima affidabilità al minor costo.

Infatti, l'abbinamento della protezione catodica con il rivestimento isolante ha la principale funzione di ridurre la superficie metallica di scambio della corrente di protezione. Due sono i vantaggi che ne conseguono:

- ✓ riduzione della corrente totale di protezione;
- ✓ maggiore uniformità delle condizioni di protezione lungo la condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	35 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

La progettazione, la produzione, l'ispezione, il collaudo e l'installazione degli anodi sacrificali sul gasdotto, saranno conformi ai requisiti della Norma Internazionale ISO 15589-2.

Un tipico esempio di anodo sacrificale a bracciale è riportato nella figura seguente:

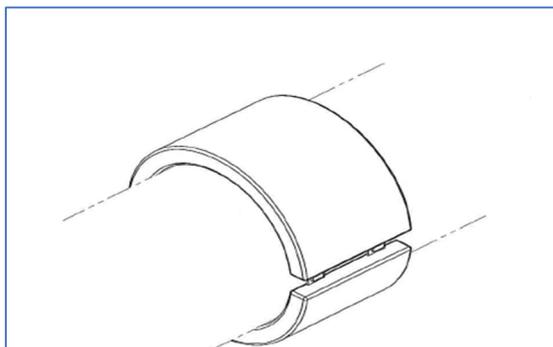


Figura 5-1: Anodo a Bracciale (Tipico)

Lo spessore degli anodi sarà in linea con lo spessore dell'appesantimento in modo da non interferire con le procedure di installazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	36 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6 STUDIO DEL MICROTUNNEL

Di seguito vengono brevemente illustrate le modalità esecutive dell'attraversamento in MT (Microtunnel) in progetto.

6.1 Descrizione Generale del Sistema Microtunnel (MT)

Il sistema MT è una tecnologia senza scavo (trenchless) che consente di posare condotte interrato senza ricorrere allo scavo di trincee a cielo aperto lungo l'intero percorso, minimizzando l'impatto paesaggistico e ambientale dell'intervento.

Una delle applicazioni di questa tecnologia è la realizzazione di approdi costieri. In particolare, il metodo costruttivo del microtunnel negli approdi costieri permette di superare diverse criticità di natura ambientale che potrebbero derivare dagli scavi a cielo aperto in zona costiera.

Il sistema MT è basato sull'avanzamento di uno scudo cilindrico, cui è applicato, frontalmente, un sistema di perforazione puntuale o a sezione piena. L'azione di avanzamento è esercitata dai martinetti idraulici ubicati nella postazione di spinta che agiscono direttamente sul tubo di rivestimento del tunnel.

La metodologia di scavo si basa sull'utilizzo di un fluido che, a seconda delle caratteristiche del terreno, può essere costituito da acqua o da una miscela di acqua e bentonite. Il fluido ha una duplice funzione: sostenere il fronte di scavo durante l'avanzamento, garantendo l'equilibrio delle pressioni agenti su di esso, e fungere da mezzo di trasporto del materiale di scavo, consentendone la rimozione e il mantenimento lontano dal fronte di scavo sotto forma di fango (slurry - miscela di terreno disgregato e fluido). La circolazione del fluido avviene tramite un circuito idraulico chiuso, integrato nello scudo fresante.

Il processo di costruzione e installazione del Microtunnel prevede le seguenti fasi:

1. Preparazione dell'area di lavoro lato terra;
2. Costruzione del pozzo di partenza e della parete di spinta;
3. Installazione del sistema di spinta all'interno del pozzo;
4. Installazione, montaggio e posizionamento della MTBM (MicroTunnel Boring Machine) all'interno del pozzo;
5. Installazione, se necessario, dell'anello di tenuta sulla parete anteriore (opposta alla parete di spinta);
6. Inizio della perforazione del Microtunnel;
7. Arrivo della MTBM al punto di uscita;
8. Operazioni di scavo per il recupero della MTBM e zona di transizione;
9. Predisposizione del MT per il recupero della MTBM e installazione della condotta;
10. Recupero della MTBM;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	37 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

11. Installazione della condotta di processo;
12. Chiusura delle estremità del MT;
13. Demolizione (solitamente parziale) e rinterro del pozzo di posa;
14. Ripristino dell'area di lavoro di inizio cantiere e dell'area di uscita.

6.2 Descrizione delle Fasi Principali per la Realizzazione di un Microtunnel

6.2.1 Realizzazione delle Postazioni e Predisposizione Area Cantiere a Terra

La configurazione del pozzo di spinta (o di partenza) è strettamente legata alla traiettoria di progetto, alle condizioni locali del sito morfologiche ed idrogeologiche ed agli spazi disponibili nell'area cantiere. Il pozzo deve essere progettato con una profondità sufficiente per le esigenze operative, garantendo condizioni di sicurezza adeguate nel contesto geologico e consentendo il corretto posizionamento e orientamento del profilo del tunnel, raggiungendo l'inclinazione di progetto del MT ed una sufficiente copertura del terreno su ogni punto del profilo.

Le pareti del pozzo possono essere realizzate con semplici palancole metalliche o con elementi strutturali più importanti quali paratie in pali secanti o diaframmi in cemento armato. La tecnologia utilizzata per la realizzazione delle pareti dipende dalle caratteristiche del terreno, dall'eventuale presenza di falda e dai requisiti del progetto.

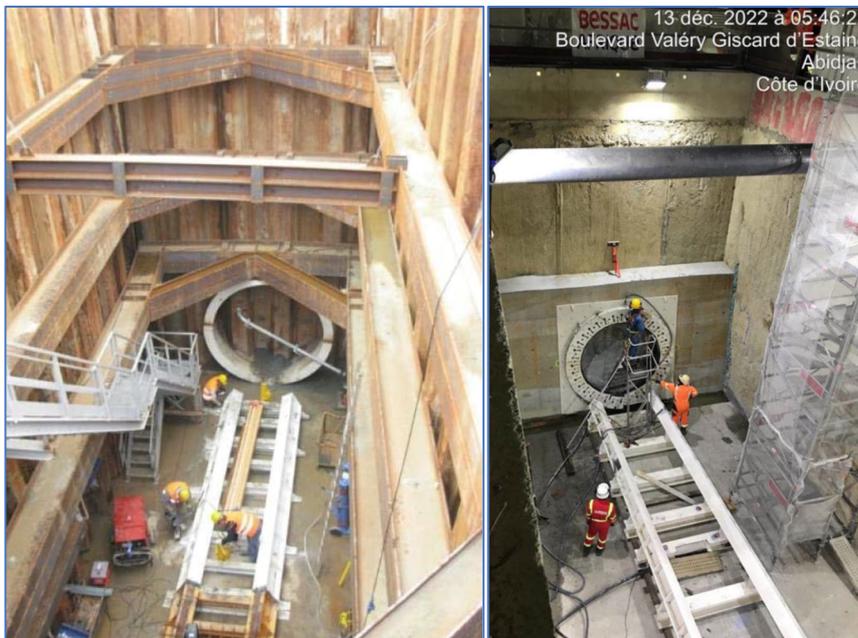


Figura 6-1: Esempio di Pozzo di Spinta Realizzato con Palancole (Sx) e Diaframmi In Cemento Armato (Dx)

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	38 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Nel pozzo di partenza generalmente si collocano:

- Sistema di spinta idraulico;
- Muro reggispinga, opportunamente dimensionato e realizzato con elementi prefabbricati in acciaio o in cemento armato oppure direttamente in sito;
- Equipaggiamento per il monitoraggio e il controllo della perforazione;
- MTBM (MicroTunnel Boring Machine);
- Sistema idraulico del circuito fanghi (slurry);
- Muro di intestazione, situato sul fronte scavo, contenente un anello di centraggio atto a delineare la traiettoria iniziale e ad impedire eventuali infiltrazioni d'acqua e di terreno nella postazione.

Sul fondo della postazione viene di norma realizzata una soletta in cemento armato sagomata con lo stesso angolo di inclinazione iniziale del MT, dimensionata anche per contrastare l'eventuale spinta idrostatica, sulla quale vengono posizionate le rotaie di scorrimento e guida delle attrezzature di perforazione (Figura 6-2).

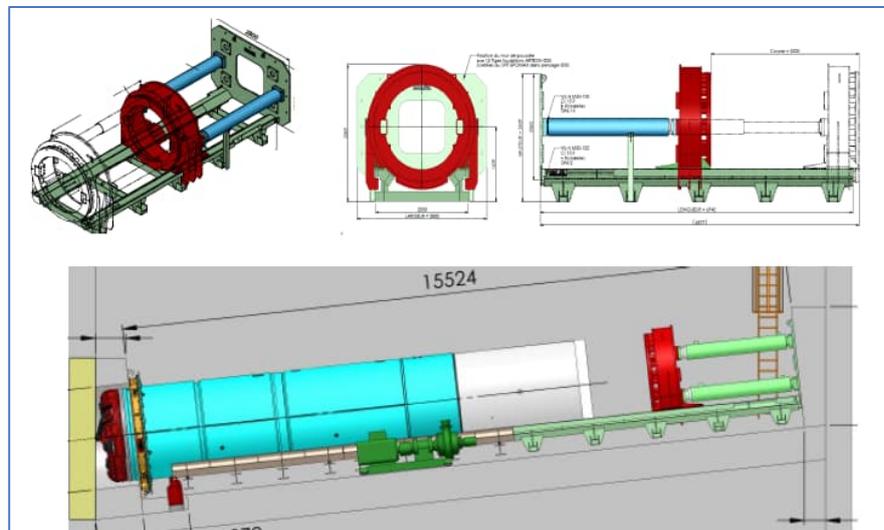


Figura 6-2: Attrezzature di Perforazione e Spinta

Le linee del circuito fanghi (slurry), le linee elettriche e altri servizi vengono assemblati all'interno del pozzo di spinta. Nell'area di lavoro a terra sono invece posizionati i container, l'impianto di separazione, i conchi in cemento armato e le strutture minori. Questi elementi sono disposti strategicamente per garantire un'efficiente gestione delle operazioni e un facile accesso durante le operazioni di scavo. La configurazione dell'area di lavoro è progettata per ottimizzare lo spazio disponibile e assicurare la sicurezza e la funzionalità del cantiere.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	39 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

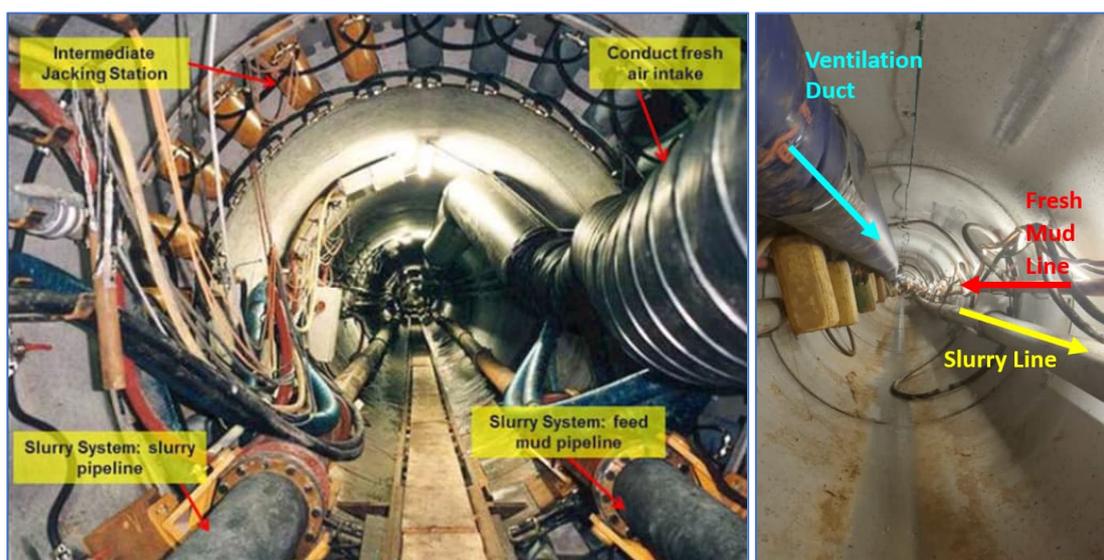


Figura 6-3: Linee di Servizio all'interno del MT durante le Operazioni di Scavo

Nel caso di approdi costieri non è prevista la realizzazione di un pozzo di arrivo. Data la ridotta profondità di scavo nel tratto finale, sarà possibile il recupero della MTBM semplicemente rimuovendo il terreno che la sovrasta a fine perforazione.

6.2.2 Scavo del Microtunnel

Dopo la predisposizione dell'area cantiere a terra e del pozzo di spinta, possono iniziare le operazioni di scavo del microtunnel mediante l'avanzamento dello scudo cilindrico, cui è applicato, frontalmente, un sistema di scavo solitamente a sezione piena. L'azione di avanzamento è esercitata dall'unità di spinta, costituita da martinetti idraulici, montati su un telaio metallico e da un anello di spinta mobile posto davanti ai martinetti, che consente di distribuire uniformemente la forza lungo la circonferenza dei tubi di rivestimento.

Il rivestimento del microtunnel può essere realizzato con tubi in calcestruzzo, in acciaio, gres e vetroresina.

Durante lo scavo del microtunnel, la MTBM avanza lungo la traiettoria del tunnel ed il tubo di rivestimento in cemento armato, calato nel pozzo di partenza, è spinto nel terreno. Dopo che l'intera lunghezza del tubo di rivestimento è stata perforata, le condotte ed i cavi di alimentazione vengono disconnessi, i pistoni della stazione di spinta tirati indietro e l'anello di spinta si muove all'indietro, lasciando spazio libero per l'abbassamento di un nuovo cilindro di cemento tra la condotta precedente e l'anello di spinta. Il nuovo tubo di rivestimento viene quindi spinto avanti fino a quando la nuova condotta si adatta all'innesto del precedente. Quando tutte le condotte e i cavi sono nuovamente collegati, le operazioni di perforazione ricominciano. Dischi e taglienti situati sullo scudo del MTBM scavano il materiale di fronte al tunnel.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	40 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Il massimo valore di spinta esercitabile dai martinetti è funzione della potenza della macchina, dalla sezione complessiva dei pistoni idraulici ed anche delle caratteristiche di resistenza a rottura del materiale dei tubi di rivestimento utilizzati nella trivellazione.

Nel caso i valori della forza di spinta raggiungano il limite disponibile al pistone, possono essere installate una o più stazioni di spinta intermedie collocate tra due elementi tubolari del microtunnel. Lo scopo delle stazioni intermedie di spinta è aumentare la lunghezza della perforazione, distribuendo la forza di spinta totale richiesta lungo il tubo, ma anche riducendo le forze di trascinamento agenti sul terreno circostante ai tubi. La necessità, il numero e la distanza tra le stazioni di spinta intermedie saranno definite sulla base delle caratteristiche del terreno attraversato e della lunghezza totale del microtunnel.



Figura 6-4: Esempio Stazione di Spinta con Muro Reggispinta e Anello di Spinta

I materiali di scavo (smarino), miscelati con acqua o fango bentonitico, vengono trasportati in superficie per mezzo di un circuito idraulico a fanghi (slurry) e trasportati fino alla centrale di separazione, dove una serie di attrezzature consente la separazione della parte solida disgregata durante la perforazione da quella acquosa al fine di riciclare il fango nel corso dei lavori e prepararlo invece per il trasporto in discarica alla fine delle attività di perforazione.

Durante la perforazione, se si prevedono condizioni geologiche sfavorevoli che potrebbero causare l'arresto o impedire l'avanzamento della macchina di perforazione (MTBM) con il

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	41 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

sistema di spinta, è possibile ricorrere preventivamente all'uso del "Push Module". Tuttavia, tale provvedimento richiede la valutazione del diametro interno del microtunnel, che deve essere almeno di 2500 mm.

Il Push Module è un modulo di spinta installato dopo l'ultimo degli elementi che costituiscono lo scudo, in grado di proseguire autonomamente la perforazione senza agire sulla colonna di tubi di rivestimento. È importante considerare la possibilità di continuare la perforazione tramite un modulo di spinta durante la fase di progettazione, poiché la MTBM deve essere configurata fin dall'inizio delle attività di scavo con questo elemento aggiuntivo.



Figura 6-5: Push Module e Settori Circolari in c.a.

Una volta raggiunto il punto di uscita (o pozzo di uscita), il Microtunnel è completato ed iniziano le operazioni per la consegna formale del tunnel.

Il tunnel e il pozzo di partenza vengono quindi preparati per le successive operazioni di varo della condotta di linea. Generalmente si procede a:

- Chiusura e rimozione delle stazioni intermedie di spinta;
- Rimozione di tutti gli elementi dell'impianto di perforazione presenti nel tunnel;
- Ripristino con malte cementizie ad alta resistenza delle aperture lasciate dalla rimozione delle stazioni di spinta;
- Ripristino dei giunti tra tubi di protezione con malte cementizie ad alta resistenza;
- Installazione dei tubi di intasamento sulla volta del microtunnel (se richiesto);
- Installazione di eventuali tubi portacavi sulla volta del microtunnel (se previsti);
- Installazione di piastre di protezione in acciaio sulla parte superiore del microtunnel (se richiesto). Lo scopo delle piastre è di proteggere il manufatto in c.a. dal cavo di tiro caso di sollevamento non controllato durante le operazioni di pull-in;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	42 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- Rimozione dell'anello di tenuta all'ingresso del MT;
- Installazione del sistema di protezione catodica (se richiesto);
- Posa del cavo messaggero all'interno del tunnel;
- Eventuale demolizione del muro di spinta.

Una volta completate tutte le operazioni all'interno del MT, possono avere inizio le operazioni di recupero della MTBM.

In particolare, nel caso di approdi costieri, le operazioni di recupero prevedono:

- Posizionamento e ormeggio di una chiatte/pontone sopra il punto di arrivo del MTBM.
- Operazioni di dragaggio per scoprire la MTBM. In terreni morbidi questa attività viene di solito eseguita mediante pompe di dragaggio idrauliche con assistenza di sommozzatori. Nel caso di terreno duro o roccia, è necessario uno scavo preliminare per preparare la buca di ricezione. Se richiesta, la fase di dragaggio prevede anche la preparazione della zona di transizione che collega la superficie inferiore del MT con il fondale marino.
- Chiusura del retro della MTBM attraverso un elemento chiamato "modulo di recupero subacqueo", preinstallato proprio dietro la MTBM al fine di favorire la separazione della macchina dalla prima tubazione in cemento e quindi agevolare le operazioni di recupero della stessa da parte dei sommozzatori.
- Messa in pressione della MTBM.
- Allagamento del MT mediante pompe d'acqua dal pozzo di partenza a terra. In condizioni speciali, il MT può essere allagato direttamente con acqua del mare a partire dal punto di uscita del MT. In questo caso la MTBM deve contenere pezzi speciali che permettano l'allagamento in modo controllato ed in sicurezza.
- Collegamento del "Modulo di Recupero Subacqueo" all'HPU (Hydraulic Power Unit).
- Al termine dell'allagamento del MT, collegamento, con il contributo dei sub, di una barra di sollevamento alla MTBM e attivazione dei pistoni idraulici per separare la macchina dalla prima tubazione in cemento del tunnel.
- Alla fine dell'estensione dei pistoni, sollevamento e recupero della MTBM sul pontone o sulla chiatte tramite una gru.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	43 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

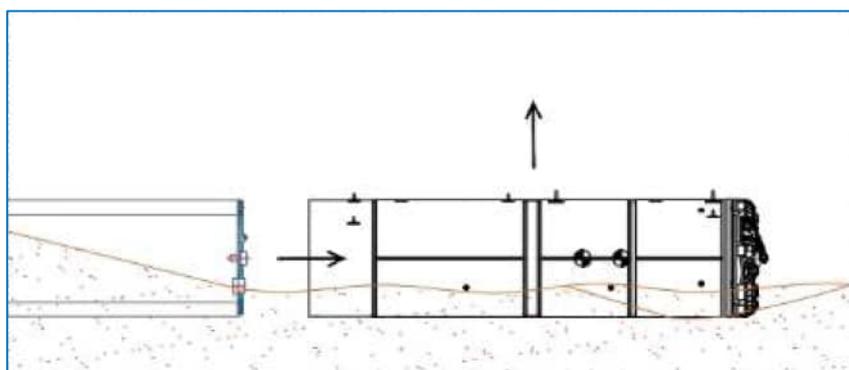


Figura 6-6: Disconnessione della MTBM dal Primo Concio in c.a.



Figura 6-7: Operazioni di Sollevamento e Recupero della MTBM

6.2.3 Varo della Condotta di Linea

Tale operazione può variare in funzione dello sviluppo e delle pendenze del microtunnel, dal materiale della condotta e del tubo di rivestimento, dalle attrezzature disponibili e dalle aree a disposizione per il varo della condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	44 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.3 Descrizione del Microtunnel in Progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un microtunnel (Rif. [13]) per la posa del gasdotto DN 500 che attraversa l'area portuale (Figura 6-8).



Figura 6-8: Attraversamento in Microtunnel – Vista Generale

I principali vincoli nella scelta della rotta del microtunnel sono stati i seguenti:

- Area di approdo individuata a nord dell'area impiantistica, nelle strette vicinanze del pontile Solidi;
- Rispetto di una copertura minima di almeno 5 m in corrispondenza del passaggio sotto la scogliera presente al bordo dell'area di approdo selezionata;
- Necessità di rispettare il punto di collegamento con il terminale in progetto, tenendo conto della posizione dell'impianto PIL sulla nuova banchina in progetto;
- Lunghezza di scavo del tunnel compatibile con la tecnologia del Microtunneling.

6.3.1 Caratteristiche Principali

In Tabella 6-1 si riportano di seguito le caratteristiche geometriche principali del microtunnel in progetto (Rif. [13]).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	45 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Principali dati tecnici – Microtunnel	
Sviluppo totale MT	1300 m
MT curvilineo, pendenza tratto iniziale	7°
Raggio di curvatura verticale, tratto in discesa	2200 m
MT curvilineo, pendenza tratto finale di risalita	3°
Raggio di curvatura verticale, tratto in risalita	2500 m

Tabella 6-1: Caratteristiche geometriche del microtunnel

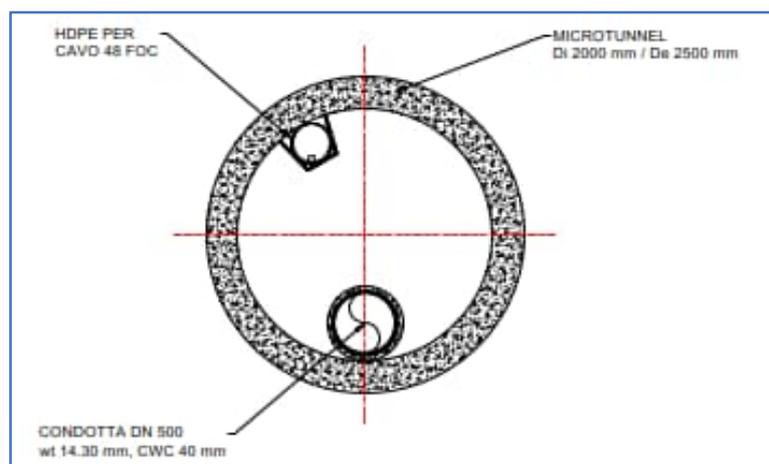


Figura 6-9: Sezione Tipica del Microtunnel

Sulla base delle informazioni geotecniche attualmente disponibili (vedere paragrafo 4.5), è stato assunto che il microtunnel si sviluppi lungo una sezione geologica omogenea e costante, costituita da due tipi di terreno predominanti, ovvero un orizzonte più superficiale di circa 10 metri di calcareniti non particolarmente consistenti, seguito da uno strato più profondo di sabbie-limose cementate più consistenti, a carattere litoide. Il microtunnel attraverserà quindi lo strato superficiale nei tratti più brevi di estremità e quello più profondo nel tratto centrale principale.

Informazioni geotecniche e geofisiche dedicate al progetto saranno disponibili solo al termine della campagna prevista, attualmente in corso. Pertanto, lo studio del microtunnel presentato in queste pagine è subordinato alle risultanze di tali indagini geognostiche. Sarà onere dell'Appaltatore prenderne atto durante l'ingegneria di dettaglio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	46 di 76	Rev. 0

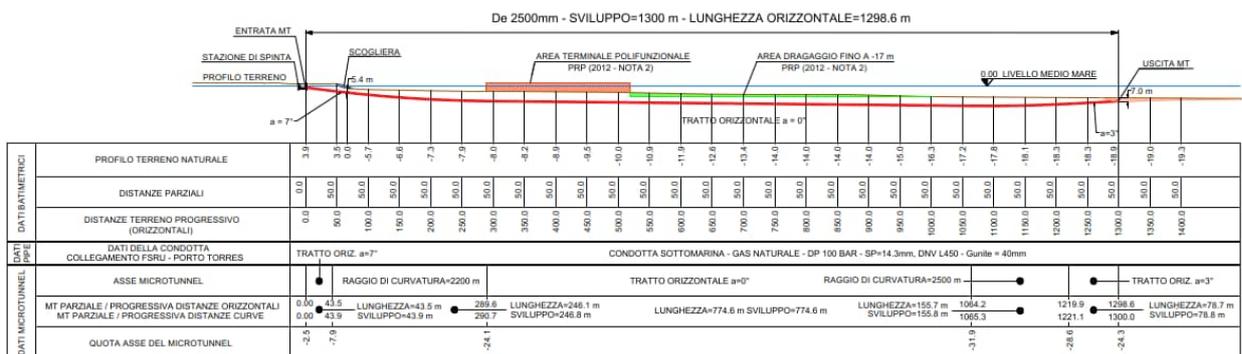
Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.3.2 Descrizione del Prolifo del Microtunnel

La scelta della posizione e della profondità del pozzo di partenza all'interno dell'area di cantiere selezionata per l'approdo è stata influenzata dalla topografia del luogo. L'obiettivo era garantire, con un angolo di ingresso di 7°, una adeguata distanza di sicurezza (almeno 5 m) del microtunnel rispetto alla scogliera circostante l'area di cantiere, e fornire sufficiente spazio di manovra per le operazioni di installazione della condotta, a partire dal pozzo di spinta (Rif. [13]).

Il microtunnel avrà uno sviluppo totale pari a circa 1300 m (Rif. [13]).

Raggi di curvatura pari a 2200 e 2500 m sono stati adottati per le sezioni curve verticali, rispettivamente di discesa e di risalita. Tali valori sono ampiamente compatibili con le caratteristiche meccaniche della condotta da varare e con le condizioni di processo.



	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	47 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01



Figura 6-11: Esempio di piastra di connessione

6.4 Allestimento Area Cantiere a Terra

La configurazione dell'area di cantiere per la realizzazione di un microtunnel dipende da diversi fattori, tra cui l'entità del progetto stesso, il tipo di terreno, l'accesso al sito e le esigenze logistiche. Nel caso in esame, il layout del cantiere è stato progettato sulla base delle aree messe a disposizione nell'intorno dell'area portuale.

L'area lavoro individuata per la realizzazione del microtunnel (Rif. [6]) è pari a circa 8000 mq. Nelle strette vicinanze è stata predisposta un'area aggiuntiva per lo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo.

I dettagli del layout del cantiere sono riportati nei disegni di riferimento [5], [6], [7] e [8].

6.4.1 Pozzo di Partenza

Come descritto nei paragrafi precedenti, per la realizzazione del microtunnel è previsto un pozzo di partenza rettangolare con dimensioni 7x12x8 m (Rif. [13]).

Il pozzo è stato predisposto circa al centro dell'area di lavoro a disposizione. La scelta è stata dettata principalmente da questioni di natura logistica e dalla topografia del sito. Una profondità di imposta del pozzo pari 8 m circa ed un angolo di ingresso pari 7°, consente di garantire una copertura adeguata del microtunnel (almeno 5 m) rispetto alla scogliera circostante.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	48 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

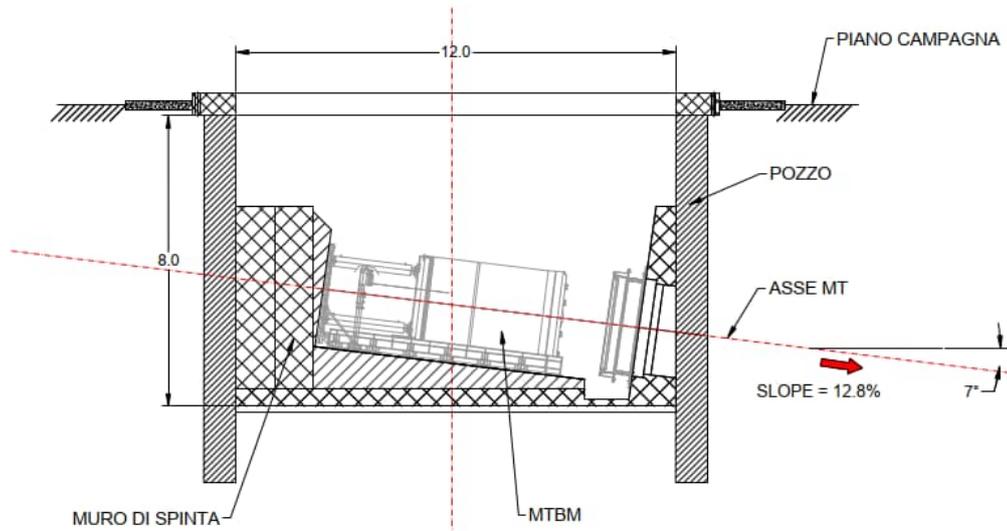


Figura 6-12: Pozzo di Partenza Microtunnel

6.4.2 Strade di Accesso

L'accesso al cantiere è garantito tramite la viabilità esistente. Strade di accesso temporanee e aree di manovra per i camion saranno allestite all'interno dell'area di lavoro (Rif. [6]).

6.4.3 Attrezzature, Mezzi e Materiali

L'allestimento del cantiere a terra dovrà prevedere come minimo le seguenti attrezzature e materiali:

- Escavatori;
- Attrezzature per la costruzione del pozzo di partenza;
- Gru;
- Camion / Rimorchi;
- Attrezzature per la perforazione del MT;
- Cilindri in calcestruzzo armato (RCJP);
- MTBM con modulo di recupero subacqueo;
- Stazioni di spinta intermedie (se previste);
- Push Module (se previsto);
- Muro di spinta e stazione di spinta;
- Anello di tenuta;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	49 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- Cabina di controllo della MTBM e centralina elettrica;
- Impianto di trattamento fanghi (Dissabbiatori, Separatori, Centrifuga, ecc.);
- Serbatoi di acqua;
- Serbatoi di fango;
- Generatori Diesel;
- Qualsiasi altra attrezzatura meccanica necessaria per la realizzazione dell'opera;
- Uffici Container;
- Servizi igienici;
- Generatori per uffici;
- Area di manovra per camion e rimorchi;
- Area di stoccaggio per materiali scavati;
- Container officina;
- Container per lo stoccaggio dei materiali;
- Container per cavi;
- Area parcheggio.

La configurazione preliminare di attrezzature, materiali e mezzi è riportata in Rif. [6]

6.4.4 Gestione dei Fanghi di Peforazione – Impianto di Trattamento

L'impiego dei fanghi di perforazione nella realizzazione del microtunnel ha lo scopo di:

- Trasportare i materiali di scavo (smarino) in superficie, mescolandoli con i fanghi di perforazione;
- Contribuire alla stabilizzazione del fronte di scavo;
- Evitare il surriscaldamento delle attrezzature sul fronte di scavo soggette ad attrito;
- Lubrificare al fine di ridurre gli attriti nelle fasi di scavo e di spinta della MTBM.

I fanghi di perforazione saranno gestiti attraverso un impianto di trattamento fanghi.

L'impianto di trattamento fanghi, costituito da una serie di attrezzature, consente di separare la parte solida disgregata durante la perforazione da quella acquosa al fine di riciclare il fango nel corso dei lavori e avviare la parte solida (smarino) a deposito. Tramite pompe, i fanghi, ripuliti, vengono re-immessi nel circuito di mandata. Il sistema di separazione consente di preservare le caratteristiche del fluido di scavo consentendone un riutilizzo quasi integrale (per un certo numero di cicli). Sarà inoltre possibile minimizzare lo smaltimento del fluido non più utilizzabile mediante azione di disidratazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	50 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.5 Attività e Operazioni Marittime

6.5.1 Operazioni di Scavo per il Recupero della MTBM

Al termine della perforazione del microtunnel, la MTBM si fermerà in corrispondenza di una profondità d'acqua di -18/19 m, sotto circa 4 m di copertura di terreno. Per liberare la macchina perforatrice dal terreno circostante, sarà necessario eseguire uno scavo intorno alla macchina stessa.

6.5.2 Recupero della MTBM

Una volta completato il dragaggio del punto di uscita del microtunnel, possono iniziare le operazioni recupero dell'MTBM.

Le operazioni di recupero della MTBM avverranno all'interno del porto tramite l'utilizzo di un pontone. Utilizzando le attrezzature di sollevamento del pontone, la MTBM viene collegata in modo sicuro e stabile per consentirne il recupero. È fondamentale assicurarsi che la MTBM sia correttamente ancorata e che il carico sia distribuito in modo uniforme per evitare danni o squilibri durante il sollevamento. Una volta sollevata, la MTBM viene trasportata sul pontone per il suo spostamento verso la destinazione desiderata.



Figura 6-13: Operazione di recupero della MTBM

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	51 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.6 Attrezzature Accessorie

Per mitigare rischi potenziali e garantire il successo delle operazioni di scavo, possono essere previste le seguenti attrezzature accessorie.

6.6.1 Stazioni Intermedie di Spinta

Per via della lunghezza significativa del microtunnel, superiore al chilometro, potrebbe essere necessario l'utilizzo delle stazioni intermedie di spinta (IJS). Il numero totale e la spaziatura delle stazioni di spinta saranno definiti durante la fase di ingegneria di dettaglio. Le stazioni di spinta intermedie saranno rimosse a scavo ultimato e gli spazi lasciati saranno chiusi prima della fase di installazione della condotta.

6.6.2 Push Module

A causa della variabilità geologica dell'area, potrebbe essere necessario ricorrere a un "Push-Module" ("Modulo di Spinta") per garantire una risorsa aggiuntiva in caso di problemi di avanzamento durante lo scavo del microtunnel. È fondamentale valutare la predisposizione del modulo già in fase progettuale, poiché richiede una configurazione specifica della MTBM ed un diametro minimo interno del tunnel di 2500 mm.

Il Push-Module viene installato dopo l'ultimo degli elementi che costituiscono lo scudo. Molto simile ad una stazione di spinta intermedia ma più lungo di quest'ultima, in caso di problemi di avanzamento per spinta con il sistema tradizionale di "jacking pipes", questo modulo permette di proseguire la perforazione per mezzo di conci ("segmental lining"), spingendo direttamente lo scudo senza più agire sulla colonna di cilindri in cemento armato.

6.6.3 Air Lock Chamber

Nell'ambito della realizzazione di un microtunnel di notevole lunghezza e sotto il livello del mare come quello in progetto, si rende necessario prevedere una camera detta Air Lock che consenta di mettere in pressione tutto il treno della MTBM, e di accedere allo scudo di questa in sicurezza, per eventuali controlli e cambi utensili in caso di eccessiva usura durante l'avanzamento.

Per ragioni di sicurezza, in cantieri dove sono previste questo tipo di operazioni in condizioni iperbariche, occorre assicurarsi che tutte le procedure inerenti le emergenze possono essere affidate al 118, oppure in caso contrario sarà necessario predisporre in cantiere camere iperbariche e assistenza medica iperbarica in loco, laddove la logistica e le infrastrutture presenti non consentano la garanzia dell'intervento del 118 e/o la fruibilità di camere iperbariche presso strutture sanitarie presenti nell'area di intervento.

6.6.4 Modulo di Recupero Subacqueo

Per recuperare la MTBM all'uscita del microtunnel, è necessario installare dietro la MTBM un modulo di recupero sottomarino (vedere sezione 6.2.1).

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	52 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

6.6.5 Flangia di Chiusura del Tunnel

Al termine dello scavo, qualora sia necessario recuperare l'MTBM ma al contempo lasciare il tunnel asciutto per prepararlo alla consegna formale e completare tutte le operazioni accessorie al varo della condotta, si dovrà prevedere già da inizio perforazione l'installazione di una flangia cieca di chiusura del microtunnel, posizionata tra la MTBM ed il primo tubo in c.a.

La flangia cieca dovrà essere progettata per resistere alla pressione della profondità dell'acqua e dovrà essere dotata di un sistema di bilanciamento della pressione da utilizzare durante la fase di allagamento del microtunnel.

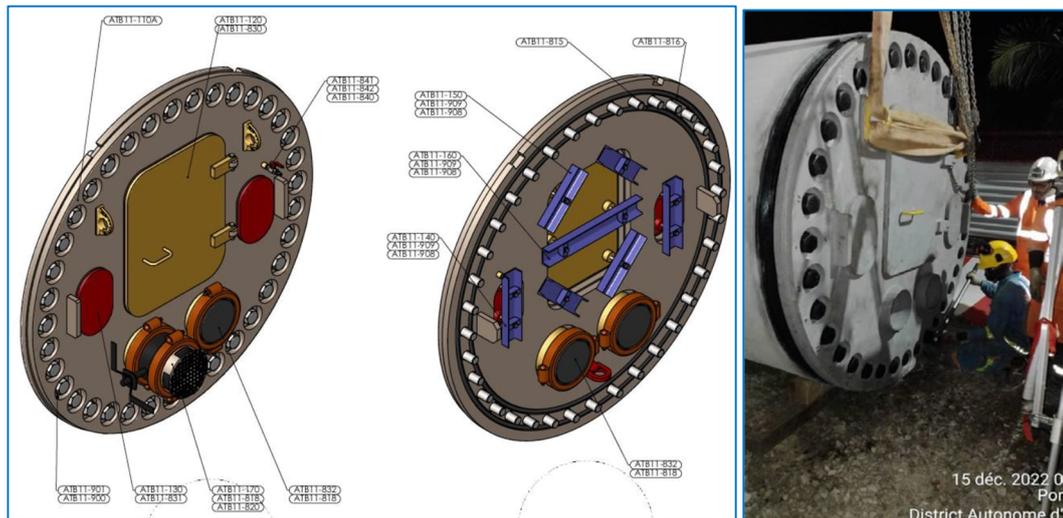


Figura 6-14 Esempio di Chiusura Flangia Cieca

In alternativa, la MTBM dovrà essere mantenuta in posizione fino al completamento dei lavori di preparazione, dopodiché potranno iniziare le operazioni di recupero delle macchine e l'allagamento del microtunnel.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	53 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

7 INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA IN MICROTUNNEL

Il microtunnel, della lunghezza di 1300 m circa, sarà realizzato secondo le modalità descritte nel capitolo 6. Partendo dalla buca di spinta e arrivando fino in corrispondenza di una batimetrica di circa -18 m rispetto al livello medio mare, il microtunnel servirà come passaggio per l'installazione della condotta DN 500 e del cavo 48 FO nell'approdo costiero.

Poiché il tracciato della condotta sottomarina si sviluppa interamente all'interno dell'area portuale, l'uso di una nave posa tubi per l'assemblaggio della stringa a mare e il varo della linea sono stati ritenuti non percorribili. Considerando l'orientamento della condotta ed al contempo il vincolo di non utilizzare né la banchina esistente né la nuova banchina in progetto per le operazioni di installazione, è stato deciso di varare la tubazione spingendola dalla buca di entrata fino all'uscita del microtunnel a mare, per stringhe successive, utilizzando un Pipe-Thruster (Rif. [7]). Inoltre, per supportare l'azione di spinta del Pipe-Thruster ed evitare che la testa della tubazione possa impuntarsi o deviare durante il varo, sarà previsto un tiro in testa alla stringa tramite cavo collegato ad un argano a tamburo montato su un Jack-up posizionato a mare in allineamento al microtunnel. Questo accorgimento aggiuntivo contribuirà a garantire un varo più regolare e ridurre sensibilmente il rischio di potenziali problemi nell'avanzamento della tubazione.

La sezione rimanente della condotta sottomarina, dall'uscita del microtunnel fino al tubo di risalita alla banchina in progetto, sarà posata mediante l'installazione di giunti flangiati, utilizzando un pontone.

L'installazione della condotta DN 500 in microtunnel prevede le seguenti attività:

- Allestimento dell'area di cantiere a terra per il varo della condotta;
- Stoccaggio dei tubi DN 500 in aree dedicate in prossimità dell'area di cantiere;
- Pre-assemblaggio di doppi-giunti in prossimità dell'area di cantiere;
- Scavo della zona di transizione e della trincea per la posa della condotta e del cavo sottomarino fino a ridosso del nuovo terminale;
- Predisposizione della "testa di tiro" sul primo sigaro da varare;
- Predisposizione della prima stringa sulla rampa e varo mediante Pipe-Thruster;
- Varo delle stringhe successive;

Di seguito è fornita una descrizione più dettagliata delle attività sopra elencate.

Per l'installazione del cavo sottomarino si faccia riferimento al capitolo 10.

7.1 Allestimento Area di Cantiere per il Varo della Condotta

Completati i lavori di scavo del tunnel descritti al paragrafo 6.4, si procederà alla consegna formale del MT, ed in dettaglio si procederà a:

- ✓ Smobilitare tutti gli elementi dell'impianto perforazione presenti all'interno del tunnel;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	54 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- ✓ Smobilitare la stazione di spinta all'interno del pozzo di partenza;
- ✓ Rimuovere dell'anello di tenuta all'ingresso del MT;
- ✓ Chiudere e rimuovere le stazioni di spinta intermedie (IJS);
- ✓ Ripristinare con adeguata malta cementizia ad alta resistenza le aperture lasciate dalla rimozione delle IJS;
- ✓ Ripristinare i giunti tra cilindri in c.a. successivi con malte cementizie ad alta resistenza;
- ✓ Installare la tubazione portacavi in PEAD sulla volta del microtunnel, come da sezione Figura 6-9;
- ✓ Installare il cavo messaggero all'interno del MT per il recupero del cavo di tiro dell'argano di supporto collocato su Jack-up lato mare;
- ✓ Installare il cavo messaggero all'interno del portacavi in PEAD, per il recupero del cavo di tiro per il FOC;

Terminate le suddette attività, l'area cantiere dovrà essere riorganizzata per le operazioni di varo della condotta. Il dettaglio dell'area cantiere relativa al varo è riportati nel Rif.[7].

Si procederà quindi con:

- ✓ demolizione del muro di spinta del pozzo di ingresso per permettere l'infilaggio della condotta all'interno del tunnel: il muro dovrà essere parzialmente o totalmente demolito per lasciare spazio ad una rampa che ageverà l'inserimento della stringa all'interno del microtunnel.
- ✓ realizzazione della rampa di varo: tale rampa sarà delimitata da palancole in acciaio infisse o da pali in cemento armato gettati in opera, al fine di confinare l'area allagata all'interno del cantiere e permettere le operazioni di varo in sicurezza. La pendenza della rampa sarà di circa 7°, come il tratto di entrata del microtunnel. Oltre il palancole, la rampa ospiterà l'unità di avanzamento/spinta (Pipe-Thruster).
- ✓ realizzazione del basamento in c.a. per il posizionamento e l'ancoraggio del Pipe-Thruster, adeguatamente dimensionato per resistere alle azioni esercitate dalla macchina stessa ed eventuali sovraccarichi;
- ✓ Installazione del Pipe-Thruster su basamento dedicato;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	55 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

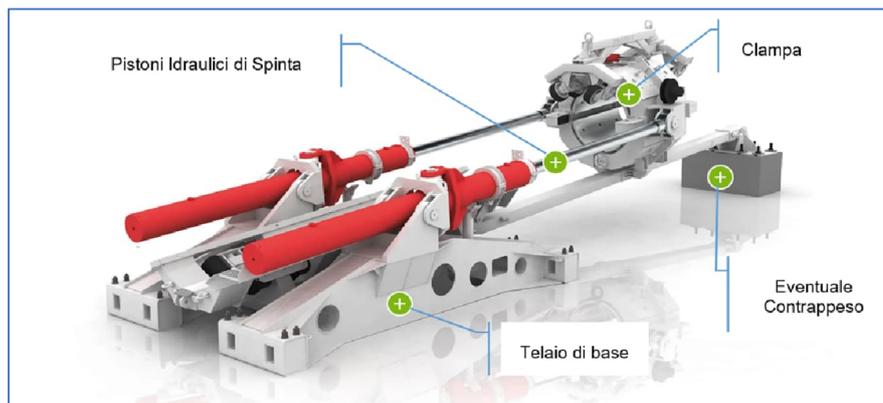


Figura 7-1: Esempio di Pipe-Thruster (Copyright Herrenknecht AG)

- ✓ Predisposizione di un sistema di rulliere lungo la rampa di ingresso al microtunnel: il Pipe-Thruster, a causa della posizione del pozzo di spinta e della rampa al di sotto del livello marino, per lavorare in sicurezza e all'asciutto sarà posizionato a circa 50 metri dall'ingresso in microtunnel. Questa configurazione potrebbe comportare fenomeni di instabilità della condotta dovuti alla sua compressione durante la spinta del Thruster. Per prevenire tali problematiche, si potrebbe considerare l'installazione di rulliere guida, al fine di ridurre la lunghezza di libera inflessione della condotta ed assicurarne la stabilità ed il corretto allineamento durante le operazioni di varo.
- ✓ Recupero, mediante cavo messaggero, del cavo di tiro dell'organo di supporto posizionato su Jack-up a mare, fino alla zona non allagata della rampa di varo.

7.2 Stoccaggio dei Tubi

Le barre di tubo, una volta completate le operazioni di rivestimento, appesantimento con calcestruzzo (gunitatura) ed installazione degli anodi, saranno stoccate in un'area apposita (Rif. [7]). Da lì, potranno essere agevolmente trasportate su autoarticolati fino ad un'area predefinita presso il cantiere, dove avverrà il pre-assemblaggio dei doppi giunti.

7.3 Pre-assemblaggio dei Giunti di Linea

Le singole barre di tubo saranno giuntate tra loro utilizzando saldatrici ad arco elettrico a filo continuo. Prima della saldatura, le estremità delle barre saranno smussate (cianfrinatura). L'accoppiamento sarà eseguito mediante l'accostamento di testa di due tubi, formando così un doppio-giunto.

Tutte le saldature saranno sottoposte a controlli mediante l'utilizzo di tecniche non distruttive (CND) e saranno accettate sole se conformi ai parametri imposti dalle specifiche di progetto.

Per garantire la continuità del rivestimento anticorrosivo, che costituisce la protezione passiva della condotta, i giunti della saldatura saranno avvolti con apposite fasce termo-

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	56 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

restringenti. Il field joint sarà poi riempito con poliuretano fino a raggiungere lo spessore della gunite.

I doppi-giunti così preparati saranno stoccati nelle vicinanze dell'area di cantiere, in attesa del varo della linea.

7.4 Zona di Transizione

Per raccordare il punto di uscita del microtunnel al fondo della trincea, è necessario creare una zona di transizione prima del varo della condotta (Rif. [8]).

Il fondo scavo della trincea dovrà essere il più omogeneo possibile, privo di asperità e con raggi di curvatura idonei alla rigidità della condotta.

Il pre-scavo all'uscita a mare del microtunnel dovrà essere sagomato in modo da tenere conto della configurazione che deve assumere la condotta una volta terminata l'installazione. Un esempio viene fornito in Figura 7-2. Lo scavo dovrà proseguire fino a ridosso del nuovo terminale in modo da installare gran parte della condotta sottomarina all'interno della trincea stessa.

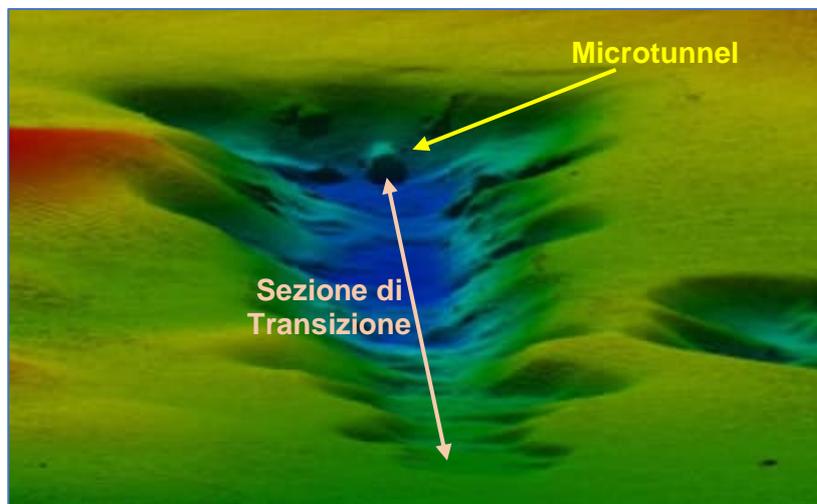


Figura 7-2: Esempio di Zona di Transizione

Il mezzo di scavo rimarrà nell'area durante tutta la durata delle attività, per mantenere stabile il fondo della trincea e/o le pareti laterali nel caso si verificassero movimenti del sedimento marino durante le operazioni.

Una stima delle dimensioni dello scavo è riportata al paragrafo 11.2.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	57 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

7.5 Installazione della Testa di Tiro (Pulling Head)

L'installazione della condotta sottomarina è suddivisa in due sezioni: una parte varata all'interno del microtunnel con l'utilizzo di un Pipe-Thruster e la restante parte installata tramite mezzo navale in sezioni giuntate tra loro tramite flange. La stringa varata all'interno del microtunnel sarà dotata anch'essa di flangia all'estremità, per la connessione con il primo spool esterno al tunnel.

Durante il varo della condotta all'interno del microtunnel, è fondamentale garantire l'integrità strutturale della flangia. A tal fine, all'estremità della condotta, sul primo sigaro da varare, verrà installata una adeguata testa di tiro che fungerà anche da sistema di protezione della flangia stessa. Tale testa di varo includerà almeno i seguenti elementi:

- golfare di traino: un anello metallico robusto per il traino sicuro della tubazione;
- sistema "slitta": un dispositivo progettato ad hoc per agevolare lo scorrimento e il posizionamento della tubazione all'interno del MT;
- piastra di protezione: una piastra specifica posta sotto l'accoppiamento flangiato per proteggerlo durante il varo ed il suo percorso in MT.

Questo sistema sarà progettato per assicurare che l'installazione sia eseguita in modo efficiente e sicuro. Un esempio viene riportato in Figura 7-3.

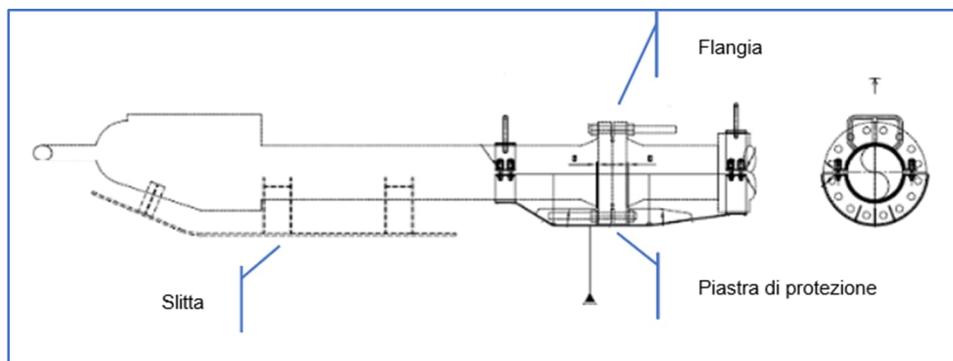


Figura 7-3: Esempio Sistema di Protezione Flangia / Testa di Tiro

7.6 Varo della Stringa all'Interno del Microtunnel

Terminate tutte le attività preparatorie al varo, si potrà procedere con l'inserimento della condotta in microtunnel.

I doppi giunti, precedentemente assemblati e stoccati nell'area di pre-assemblaggio, saranno trasportati ed avvicinati per mezzo di side-booms in corrispondenza dell'area di varo, pronti per essere inseriti. I giunti accoppiati e saldati tra loro comporranno la stringa complessiva da posare all'interno del microtunnel.

Si opererà quindi al varo della condotta, procedendo nel seguente modo:

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	58 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- ✓ posizionamento del primo sigaro da varare sulla rampa, in allineamento all'uscita del MT, ed inserimento del doppio giunto all'interno della clampa di spinta del Pipe-Thruster;
- ✓ saldatura della flangia di estremità al primo sigaro da varare;
- ✓ collegamento della testa di tiro flangiata alla flangia terminale;
- ✓ collegamento del cavo di tiro dell'organo di supporto, al golfare frontale della testa di varo;
- ✓ recupero della MTBM come da sezione 6.5.2, ed allagamento del tunnel, del pozzo di spinta e di parte della rampa di varo.
- ✓ varo del primo tronco di condotta all'interno del microtunnel tramite Pipe-Thruster;
- ✓ trasporto, allineamento, accoppiamento e saldatura del secondo doppio giunto sulla rampa di varo;
- ✓ varo del secondo giunto;
- ✓ varo dei giunti successivi, analogamente al secondo.

Raggiunta l'uscita del MT lato mare, sulla testa di varo sarà prevista l'installazione di sistemi di galleggiamento per favorire la progressione della stringa sul fondale.

La fase di varo termina quando la condotta raggiunge il punto dove è previsto il primo accoppiamento flangiato. Ogni singola operazione comporterà l'avanzamento di una stringa di tubazione di lunghezza pari a quella di un doppio giunto.

La stringa dovrà uscire dal tunnel per una lunghezza minima tale da permettere l'accoppiamento flangiato con il primo spool. Resta facoltà dell'Appaltatore ottimizzare tale distanza, nell'ottica di poter minimizzare il numero di spool necessari a colmare la distanza tra uscita MT ed approdo sulla nuova banchina.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	59 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

8 STIMA DELLA FORZA DI SPINTA PER VARO DELLA CONDOTTA IN MT

Di seguito viene riportata una stima della forza di spinta che deve esercitare il Pipe-Thruster per l'installazione della stringa all'interno del microtunnel.

Se con T indichiamo la forza applicata in fase di varo, allora la tubazione entrerà in movimento se:

$$T \geq T_{min}$$

Il valore minimo di T_{min} è calcolato in funzione delle forze che è necessario vincere affinché la tubazione entri in movimento.

Le forze che si oppongono al movimento della tubazione in fase di tiro sono forze di natura attrittive. Nelle valutazioni delle forze in gioco viene considerato come dimensionante il coefficiente di attrito statico.

È stata condotta una stima preliminare delle forze di tiro considerando i seguenti aspetti:

- Applicazione della "teoria del piano inclinato", approssimando i tratti curvi del MT ad una sommatoria di sezioni rette;
- Posizionamento del Pipe-Thruster posizionato a circa 50 m dalla buca di ingresso del MT;
- Utilizzo di un sistema di rulliere lungo la rampa di ingresso al MT, dal Pipe-Thruster alla buca di ingresso, per vincolare l'asse di spinta ed evitare fenomeni di instabilità (buckling) della condotta durante le operazioni di varo;
- Applicazione dei seguenti coefficienti di attrito statico:

Superficie 1	Superficie 2	Tipo	Coefficiente Attrito
Gunite	Fondo marino	Wet	1.00
Gunite	Rulliere	Wet	0.20
Gunite	Calcestruzzo (MT)	Wet	0.65

- Fattore per effetto dinamico (carico di "breakout") di 1.2;
- Efficienza Pipe-Thruster pari a 0.8;
- Peso della testa di tiro (pulling head) trascurato, in quanto non rilevante rispetto al peso della condotta stessa;
- Peso del cavo d'acciaio utilizzato per il tiro e contributo dell'argano all'uscita del MT utilizzato a supporto del varo con il Pipe-Thruster trascurato;
- Peso della condotta (in aria 3.35 kN/m, sommerso in acqua 0.58 kN/m). Per le caratteristiche della condotta vedere Tabella 4-1.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	60 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

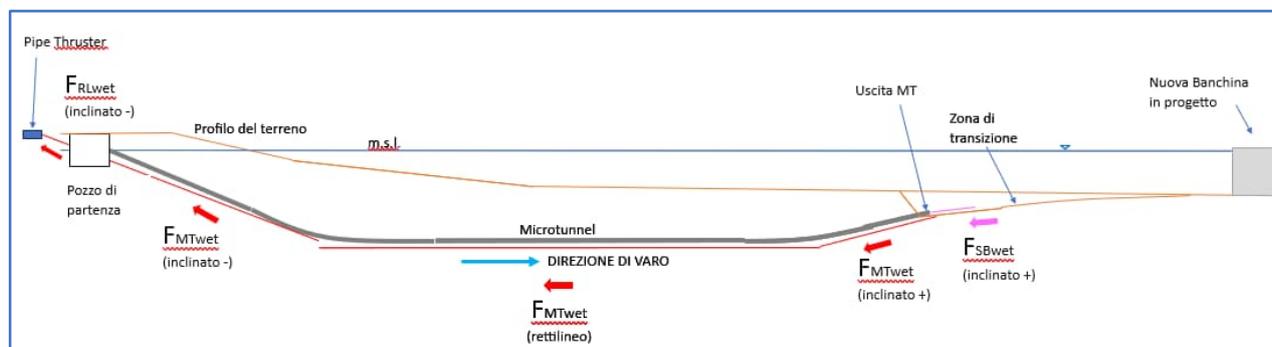


Figura 8-1: Schema di varo della condotta in Microtunnel

Considerato lo schema in Figura 8-1 e le assunzioni sopra descritte, il valore di spinta complessivo, ossia la forza di spinta minima è pari a 78 tonf. La capacità del sistema di spinta è tale da garantire una forza di tale entità, considerato che il più piccolo dei Pipe-Thruster (HK300PT) nominalmente può fornire una azione di 300 tonf.

Sulla base del risultato ottenuto, è possibile affermare che la lunghezza ed il profilo geometrico del microtunnel considerati sono conformi alla fase di posa della condotta. Tuttavia, la migliore configurazione in termini di equilibrio tra il peso lineare della condotta, il tipo di supporto della condotta ed eventuale assetto di galleggiamento sarà valutata dall'installatore durante la fase di ingegneria di dettaglio.

Considerati inoltre i ridotti spazi di cantiere per le operazioni di varo (Rif. [7]), si suggerisce di valutare già in fase di progettazione di dettaglio la forza necessaria per far avanzare la condotta, al fine di selezionare la taglia di Pipe-Thruster più adeguata tra quelle disponibili sul mercato, al fine di ottimizzare ingombri e disposizione di macchine e materiali lungo la pista/rampa di varo. Per lo studio in esame, in via conservativa e per massimizzare gli ingombri, è stato considerato un Thruster HK500PT, ovvero di taglia media.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	61 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

9 INSTALLAZIONE DI SPOOLS E RISER

Le flange e i tubi rivestiti (con anticorrosivo e calcestruzzo dove previsto e con gli anodi già installati) saranno forniti presso l'area di lavoro a terra destinata all'assemblaggio degli spools e del tubo di risalita.

Una volta eseguiti i lavori di fabbricazione che consistono principalmente in saldatura dei componenti, esecuzione dei CND, ripristino di rivestimenti e collaudo idraulico, sarà possibile caricare gli elementi assemblati su un cargo barge, trasportarli a mare ed eseguire l'installazione.

Tutte le operazioni di misurazione e installazione degli spools e del tubo di risalita sono effettuate mediante l'ausilio di sommozzatori.

9.1 Installazione del Tubo di Risalita

L'installazione del tubo di risalita sarà eseguita da una nave opportunamente attrezzata. Il tubo di risalita consiste di un elemento rettilineo con all'estremità inferiore una curva a cui sarà saldata una flangia di tipo Welding Neck. Il tubo sarà connesso alla nuova banchina, sostenuto da un sistema di clampe ancorate alla struttura dei cassoni.

Le clampe sono costituite da due semi-gusci in acciaio imbullonati tra loro che andranno a cingere il tubo di risalita. Le clampe saranno fissate alla struttura della nuova banchina tramite una piastra in acciaio ancorata con tirafondi alla parete verticale dei cassoni. La clampa superiore sarà di tipo "hanger" e sosterrà l'intero peso del tubo di risalita, mentre quella inferiore, di tipo guida avrà il compito di interrompere la campata libera di inflessione.

Connesse le clampe alla struttura, sarà possibile procedere con l'installazione del tubo di risalita.

L'installatore deve rimuovere i dispositivi di fissaggio sulla nave necessari per il trasporto, sollevare il riser, movimentarlo fuori bordo per fissarlo sulla banchina serrando prima i bulloni della clampa superiore e quindi quelli della clampa guida. Infine, tutte le fasce e le imbracature utilizzate per l'installazione devono essere rimosse.

Una descrizione dell'approdo della condotta sulla nuova banchina è riportata nel Rif [12].

9.2 Installazione dei Raccordi Flangiati

Il tratto di condotta che va dall'estremità della stringa posata all'interno del microtunnel e il tubo di risalita sulla piattaforma sarà costruito tramite installazioni di giunti flangiati tra loro.

I giunti di lunghezza idonea per il trasporto e la posa (la lunghezza approssimativa è di 40m-45m) saranno composti da tubi di linea con all'estremità saldate le flange (da una parte di tipo Welding Neck dall'altra Swivel) per eseguire la connessione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	62 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Prima di iniziare con la posa si dovranno eseguire le attività di allagamento della stringa già posata all'interno del microtunnel e rimozione della testa usata durante il varo. Inoltre, dovrà essere verificato che il fondo della trincea sia libera da ostacoli e detriti.

I giunti pre-assemblati a terra, saranno trasportati a mare, manovrati da crane barge, allineati, e connessi tra loro tramite il serraggio dei bulloni delle connessioni flangiate. L'installazione procederà da terra verso a mare.



Figura 9-1: Esempio di Connessione Flangiata eseguita con sommozzatori

Arrivati con l'installazione dei raccordi flangiate a ridosso della nuova banchina, si potrà eseguire il rilievo (metrologia) per completare l'assemblaggio dell'ultimo raccordo da montare (tie-in spool) il quale conetterà il tubo di risalita con gli spools rettilinei precedentemente installati.

Il tie-in sarà composto da elementi rettilinei e curve con saldate ad entrambe le estremità saldate delle flange di tipo Swivel.

L'installazione del tie-in spool seguirà modalità di posa simili a quale degli altri raccordi flangiate.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	63 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

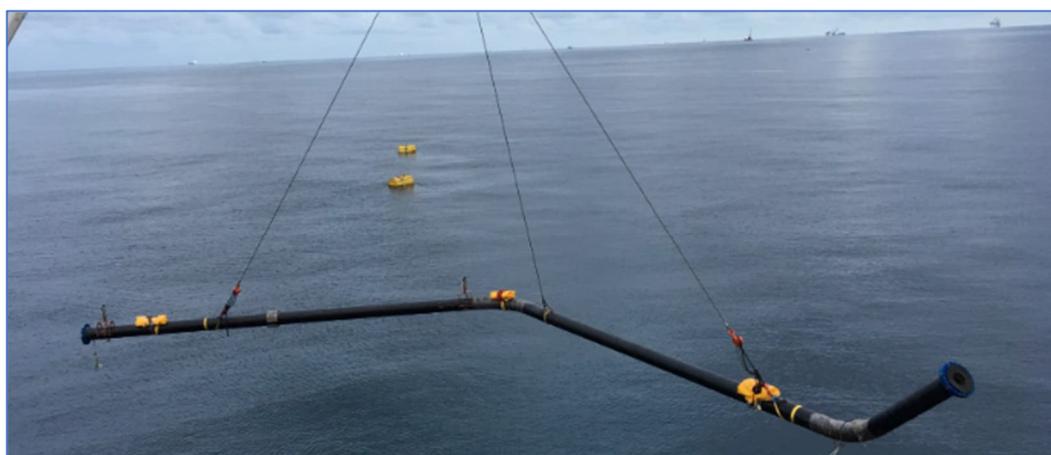


Figura 9-2: Esempio di Sollevamento di un Tie-in Spool

9.2.1 Realizzazione degli Attraversamenti

Le indagini preliminari effettuate all'interno della darsena non hanno identificato la presenza di linee sottomarine preesistenti.

Nel caso in cui nelle successive fasi di progettazione si riscontrasse la necessità di attraversare altre tubature o di cavi sottomarini nel tratto al di fuori del microtunnel, sarà necessario cercare di attenuare qualsiasi danno potenziale ad altri servizi e mitigarne gli effetti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	64 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

10 INSTALLAZIONE IN MT E POSA DEL CAVO IN FIBRA OTTICA

Il progetto prevede la posa di un cavo sottomarino 48 FO dall'FSRU fino all'approdo costiero con tracciato in parallelo a quello della condotta sottomarina DN 500 come descritto al paragrafo 3.2.

Il cavo sarà idoneo per ambiente marino e opportunamente armato per resistere alle sollecitazioni a cui sarà soggetto durante l'installazione e la vita operativa.

Le operazioni di posa del cavo FO all'interno del microtunnel saranno eseguite tramite l'infilaggio dello stesso all'interno di un tubo PEAD preinstallato sulla volta del microtunnel (Figura 6-9).

Prima di eseguire la posa del cavo, il fondale dovrà essere ripulito da eventuali detriti e ostacoli.

In generale, la procedura di posa del cavo FO sottomarino si basa sulla seguente fasi realizzative:

- a) Esecuzione dell'approdo costiero con inserimento dei cavi all'interno del microtunnel;
- b) Posa del cavo sottomarino sul fondale fino alla nuova banchina;
- c) Abbandono dell'estremità dei cavi e recupero sul topside con tramite pull-in nel J-tube;
- d) Installazione di dispositivi per la protezione e stabilizzazione dei tratti di cavo rimasti esposti sul fondo;
- e) Esecuzione dei collegamenti, del collaudo e successivo avvio del sistema.

Un cavo messaggero dovrà essere preinstallato all'interno del tubo in PEAD posto all'estradosso del microtunnel. Dal momento che il tiro necessario non è eccessivo si presuppone che il cavo messaggero sia adeguato anche ad eseguire direttamente il tiro del cavo FO. In alternativa dovrà essere fatto un passaggio intermedio tirando all'interno del tubo PEAD un cavo di tiro di dimensioni maggiori, il quale, sarà poi usato per l'infilaggio del cavo FO.

L'inserimento del cavo FO può avvenire sia da mare verso terra che viceversa. La scelta preferenziale è quella di installare i cavi procedendo da terra verso mare.

Su Jack-up ormeggiato ad una adeguata distanza dall'uscita a mare del microtunnel, sarà montato un verricello che provvederà alla forza di tiro necessaria per fare avanzare il cavo all'interno del tubo PEAD. La bobina con il cavo avvolto sarà posizionata nell'area di cantiere a terra, il cavo di tiro sarà connesso alla testa del cavo da inserire all'interno della condotta. Una volta che tutto il sistema sarà pronto, sarà possibile iniziare con il graduale inserimento del cavo all'interno della condotta.

In alternativa, le bobine con i cavi dovranno essere montate a mare da appositi mezzi navali per essere srotolate e tirate all'interno del microtunnel tirate da un argano montato a terra.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	65 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Anche in questo caso, le operazioni di srotolamento e tiro devono essere fatte in modo graduale e controllato.

La soluzione finale con la direzione di tiro dipenderà dalla dimensione delle bobine, dalle attrezzature e dai mezzi di posa messi a disposizione dall'installatore.

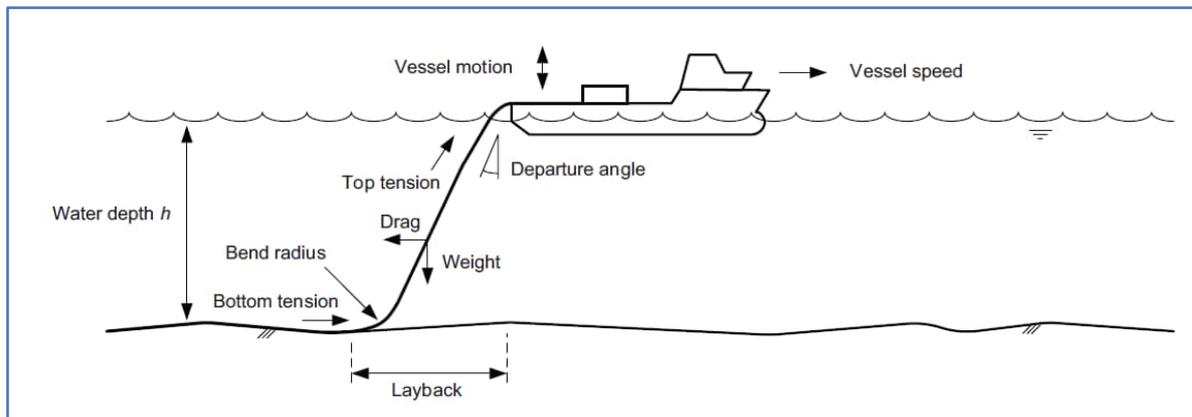


Figura 10-1: Tipica Configurazione di Cavo Posato con Mezzo Navale

Una volta che il cavo FO sottomarino è stato tirato all'interno del microtunnel, è possibile proseguire la posa verso la nuova banchina.

Il mezzo navale procederà a posare cavo sul fondo della trincea pre-scavata muovendosi verso la nuova banchina per abbandonare poi l'estremità sotto la banchina stessa con una lunghezza addizionale in modo da consentire il pull in all'interno del J-tube.

Sulla nuova banchina, oltre al J-tube deve essere stato montato un argano e un sistema di sostegno (hang off flange) per permettere il recupero del cavo.

Il cavo di tiro già predisposto all'interno del J-tube deve essere collegato con la testa del cavo FO sottomarino che verrà tirato e infilato all'interno del J-tube e quindi recuperato in banchina. Una volta in banchina, il cavo FO sottomarino sarà supportato dal modulo di hang off.

Al termine dei lavori verrà eseguita una survey finale.

Una volta che le operazioni di installazioni sono completate, con l'estremità del cavo completamente recuperata, è possibile procedere con i collegamenti del cavo FO in banchina e i test OTDR

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	66 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

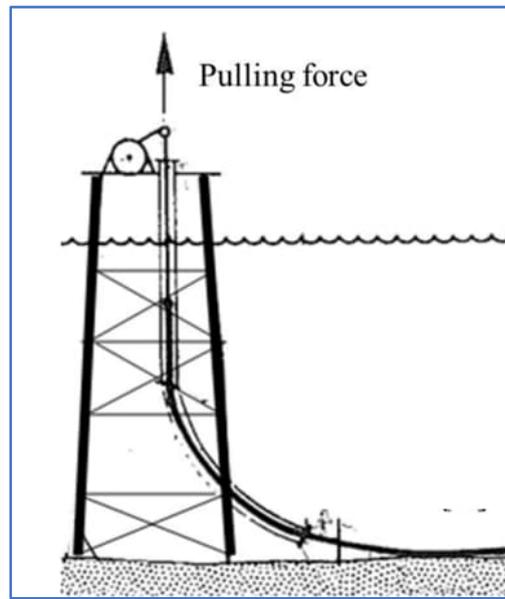


Figura 10-2: Esempio di Operazione di Pull in di Cavo all'interno del J tube

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	67 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

11 ATTIVITA' DI SCAVO E MATERIALE MOVIMENTATO

La movimentazione di terreno in sito è relativa principalmente a

- Lavori nell'area di cantiere a terra;
- Scavi a mare all'uscita del microtunnel.

11.1 Movimentazione del Terreno a Terra

I lavori di movimentazione del terreno, necessari per le attività onshore, saranno associati principalmente alle attività di costruzione dell'approdo.

Per la realizzazione del microtunnel sarà necessario allestire un cantiere provvisorio a terra. Le attività previste per l'allestimento del cantiere, descritte al paragrafo 6.4, comprendono lo scavo di circa 2.500 m³ di terreno e la realizzazione di un pozzo si spinta per un volume di scavo stimato di circa 1.500 m³. Il materiale movimentato sarà stoccato in un'area limitrofa (Rif. [6]) per essere poi riutilizzato durante le fasi di ripristino.

Il materiale di scavo prodotto durante la perforazione del tunnel sarà di circa 7.100 m³ (considerato un sovrascavo della fresa di 60 mm). Lo smarino, adeguatamente trattato e disidratato verrà temporaneamente stoccato in un'area limitrofa a quella di cantiere (Rif. [6]) per essere successivamente smaltito in discarica autorizzata.

Al termine delle attività di perforazione del microtunnel, il cantiere a terra sarà predisposto per le operazioni di varo della tubazione all'interno del tunnel come descritto al par. 7.1, e richiederà la realizzazione di una rampa di varo Rif. [7] con movimentazione di un volume di terreno pari a circa 3.500 m³, stoccato in un'area limitrofa (Rif. [6]) per essere in seguito riutilizzato durante le attività di ripristino.

11.2 Movimentazione del Terreno a Mare

I lavori di scavo a mare si concentreranno nel tratto compreso tra l'uscita del microtunnel e la nuova banchina e, come dettagliato al paragrafo 6.5, includeranno il recupero della MTBM, lo scavo della zona di transizione e la realizzazione della trincea per la posa della condotta e del cavo sottomarino, fino a raggiungere il nuovo terminale (Rif. [8]).

Il volume di materiale movimentato per tali operazioni sarà di circa 23.000 m³. I sedimenti saranno rimossi prevalentemente mediante draghe meccaniche idonee al tipo di terreno da scavare, con una produzione media stimata di 2.000-3.000 m³ /giorno. Le draghe di tipo meccanico sono da preferire a quelle idrauliche in quanto quest'ultime prevedono la gestione di un maggiore quantitativo di materiale di scavo sotto forma di miscela fangosa.

Tra i metodi di dragaggio meccanici si prediligono quelli che utilizzano draghe a cucchiaio (BHD) o draghe a grappo (GD) che montano dispositivi di tipo ambientale per minimizzare il rilascio di sedimento durante le attività di scavo. Tuttavia, il mezzo di scavo dovrà essere valutato anche in base al tipo di sedimento scavato e alla profondità massima di dragaggio stimata di circa 25 m rispetto al livello medio mare.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	68 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Ai fini della gestione del sedimento durante le attività di scavo, è stata individuata sul fondale marino un'area funzionale alla posa della condotta sottomarina ed alla movimentazione dei sedimenti marini, posta in prossimità dell'area di intervento (circa 600 m), (Rif.[8]) avente una superficie di circa 23000 m².

Al termine delle operazioni di installazione della condotta, si procederà al ripristino dell'area di cantiere lato mare. In via preliminare, in attesa degli esiti della caratterizzazione, si ritiene che i materiali di dragaggio possano essere refluiti all'interno dello stesso corpo idrico di provenienza, al fine di riempire lo scavo. Per il rinterro della buca di uscita, della zona di transizione e della trincea, si prevede pertanto il riutilizzo del terreno precedentemente scavato ed accantonato sul fondo Rif. [8].

Relativamente alle fasi di scavo e movimentazione a mare, sarà ad ogni modo prevista l'installazione di barriere di anti-torbidità, che impediscano la diffusione di contaminazione eventualmente veicolata dalla torbidità stessa, creando un volume d'acqua isolato dall'esterno.

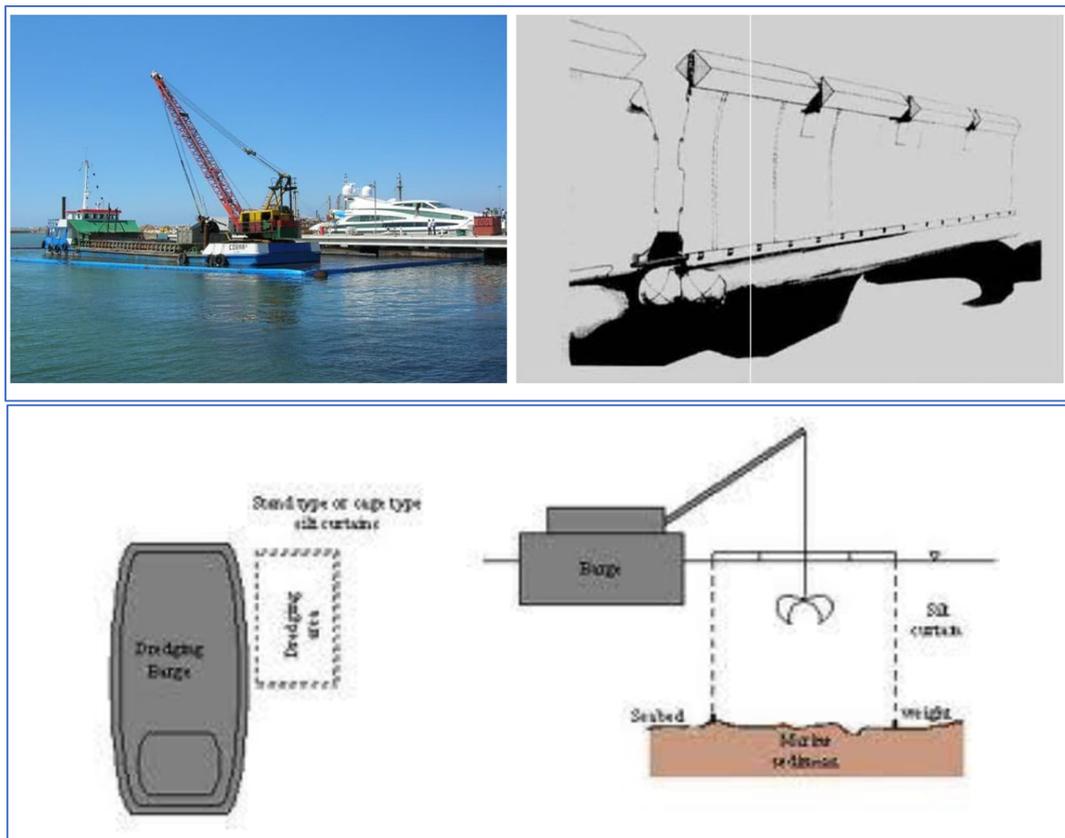


Figura 11-1: Dragaggio con Panne Anti-torbidità

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	69 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

Durante tutta la durata delle operazioni sarà utilizzato un sistema a panne galleggianti anti-torbidità, mobili e disposte intorno alle aree di scavo, dotate di appendice zavorrata regolabile ancorata sul fondo, in grado di garantire la continuità di contenimento anche su fondali di vari livelli. La barriera, quindi, sarà composta da una parte galleggiante per il contenimento di schiume e oli in galleggiamento, e una parte sommersa in grado di garantire il contenimento di quanto in sospensione durante le fasi di lavoro. Così facendo verrà assicurata una protezione totale dal livello del mare sino al fondo, minimizzando il passaggio di eventuali materiali inquinanti dalla zona di lavoro verso l'esterno.

Al termine delle operazioni di scavo, le panne saranno mantenute in sito fino alla completa sedimentazione naturale del materiale eventualmente messo in sospensione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	70 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

12 LAVORI DI COMPLETAMENTO

Al termine delle operazioni di varo della condotta, sarà possibile procedere con le seguenti attività di completamento dell'opera:

- ricoprimento trincea offshore ed installazione dei dispositivi di protezione;
- pre-commissioning e collaudo finale;
- operazioni di ripristino aree di cantiere a terra.

12.1 Ripristino Scavi a Mare ed Installazione dei Dispositivi di Protezione

Le operazioni di completamento dei lavori lato mare prevedranno:

- Eventuale chiusura dell'estremità del MT;
- Ripristino dello scavo e della trincea.

Per il microtunnel in oggetto non si prevede la realizzazione di intasamento finale del manufatto con miscele cemento-bentonite, bensì la sola chiusura delle estremità, lasciando all'interno del condotto acqua marina. Le operazioni di chiusura del tunnel potranno avere inizio solamente dopo i collaudi idraulici, la verifica dell'integrità dielettrica del sistema ed il necessario NULLAOSTA da parte del Committente.

All'uscita del tunnel si dovrà predisporre un opportuno sistema di chiusura. Generalmente si prevede la realizzazione di un tappo di chiusura in sacchetti di sabbia-cemento, o in alternativa l'installazione di un piatto di chiusura o di una grata.

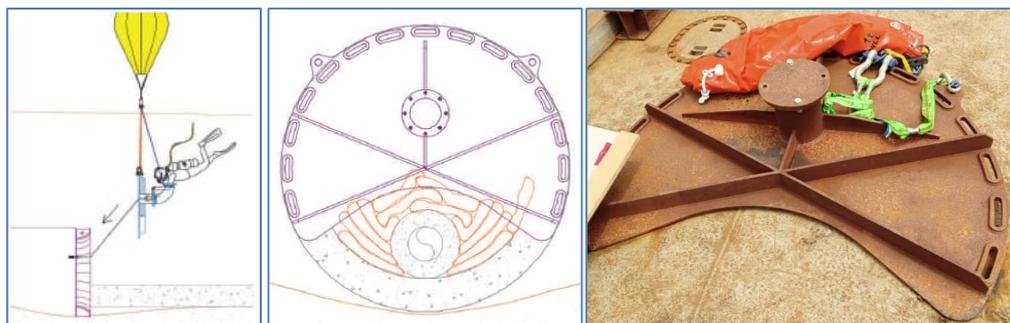


Figura 12-1: Esempio di Installazione di un Piatto di Chiusura Microtunnel

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	71 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

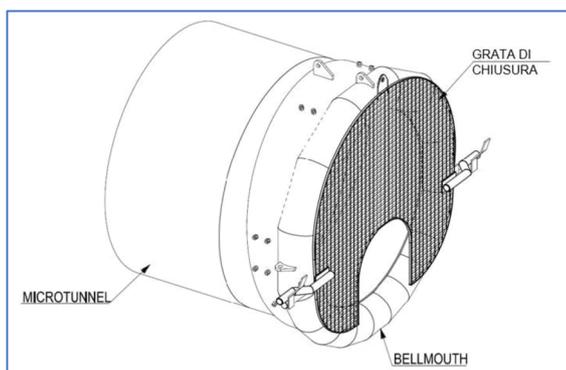


Figura 12-2: Esempio di Grata di Chiusura Microtunnel

Come già illustrato al paragrafo 11.2, il materiale movimentato durante lo scavo della zona di transizione e della trincea, dopo la posa della condotta DN 500 e del cavo, verrà reimpiegato per il rinterro e ripristino delle condizioni originarie del fondale Rif.[8].

Al termine delle attività di ricoprimento, a protezione delle parti esposte della condotta DN 500 saranno posati dei dispositivi di protezione, come materassi di calcestruzzo. Allo stesso modo, i tratti di cavo FO esposti sul fondale saranno protetti da sistemi di protezione come quelli indicati in Figura 12-3.



Figura 12-3: Esempio di Sistemi di Protezione per Cavi

12.2 Attività di Pre-Commissioning e Collaudo Idraulico

12.2.1 Considerazioni Generali

Durante il pre-commissioning non vengono introdotti idrocarburi nell'impianto ma solo fluidi di servizio come ad esempio aria compressa, acqua, azoto. Sono temporaneamente messi sotto tensione a scopo di test i componenti elettrici quali quadri di distribuzione, e gruppi di continuità. Durante la fase di pre-commissioning quindi sono possibili lavori meccanici onde rettificare installazioni non corrette.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	72 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

La prova idraulica della condotta sarà eseguita in accordo alle modalità indicate dal Decreto Ministeriale 24 Novembre 1984.

La condotta offshore deve consentire il passaggio dei pigs e il pre-commissioning sarà effettuato in due fasi:

- Pre-commissioning intermedio: da effettuare subito dopo il varo della sezione offshore.
- Pre-commissioning finale: da eseguire dalla struttura offshore, quindi dalla trappola offshore, ai limiti di batteria a terra (trappola temporanea).

La filosofia di pre-commissioning relativa alla sezione offshore del gasdotto si basa sui seguenti presupposti:

- Giunti raccordo flangiati già puliti, calibrati e collaudati idrostaticamente (in cantiere) prima della loro installazione. I giunti di raccordo devono essere collaudati con le medesime modalità in cantiere.
- Le teste di tiro e di abbandono, utilizzate per l'installazione della sezione offshore della condotta offshore, saranno utilizzate anche per il pre-commissioning intermedio.

Il pre-commissioning del gasdotto offshore sarà effettuato come descritto qui di seguito.

12.2.2 Pre-Commissioning Intermedio

Il pre-commissioning intermedio della condotta può essere richiesto per collaudare la stringa a seguito delle operazioni di mediante l'utilizzo di trappole temporanee. Si prevedono le seguenti fasi:

- Allagamento con acqua di mare filtrata (il volume interno della condotta + 20% è stimato essere di 370m³ circa).
- Pulizia con acqua di mare filtrata e pig a spazzola, del tipo con tazze e spazzole incorporate.
- Calibratura (gauging) con acqua di mare filtrata e inibitori rispettosi dell'ambiente per 6 mesi di conservazione al fine di evitare potenziali fattori scatenanti di corrosione;
- Test idrostatico con acqua di mare filtrata e inibitori rispettosi dell'ambiente alla pressione di Test pari a 1,3 x Pressione di Design, per la durata di 48 ore.
- Depressurizzazione della condotta.

12.2.3 Pre-Commissioning Finale

Il pre-commissioning finale è previsto dalla trappola sulla struttura offshore alla trappola temporanea all'approdo e prevede le seguenti fasi:

- Prova di tenuta di ogni connessione flangiata offshore mediante giunto ad anello testabile (tipo KAMOS). Ciò garantirà la corretta esecuzione del collegamento flangiato sottomarino ed eventualmente consentirà la smobilizzazione dello spread di immersione (almeno parziale);

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	73 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- Verifica del completo stato di allagamento dopo i tie-in, in particolare per la porzione di condotta sopra al livello medio mare;
- Prova di tenuta della condotta alla pressione di 1,1 x Pressione di Design per la durata di 24 ore;
- Pulizia finale (la pulizia finale può essere evitata se tutte le parti della tubazione vengono pulite e calibrate prima dell'installazione, come giunti, trappole temporanee e permanenti, etc.);
- Svuotamento: mezzo di guida (aria o altre sostanze) e direzione di scarico verso terra considerando che per tutte le operazioni devono essere utilizzati inibitori rispettosi dell'ambiente;
- Messa in azoto della linea (se l'aria è stata utilizzata come mezzo durante lo svuotamento) fino a raggiungere la concentrazione di ossigeno richiesta.

Lo svuotamento dell'acqua utilizzata per le diverse fasi di pre-commissioning, dovrà essere stoccata a terra in idonee vasche di contenimento e dopo essere state soggette a caratterizzazione, scaricate a mare o smaltite a discarica.

12.3 Ripristino e Pulizia Aree di Cantiere a Terra

Completati i lavori di costruzione si procederà con il ripristino del sito e delle aree lavoro a terra.

Le principali operazioni per il ripristino dell'area di cantiere interessata dai lavori relativi alla realizzazione del tratto di approdo della condotta sottomarina, sono così riassumibili:

- smobilitazione delle attrezzature utilizzate per l'installazione della condotta;
- chiusura dell'ingresso del MT con in tappo di tenuta in sacchetti di sabbia-cemento;

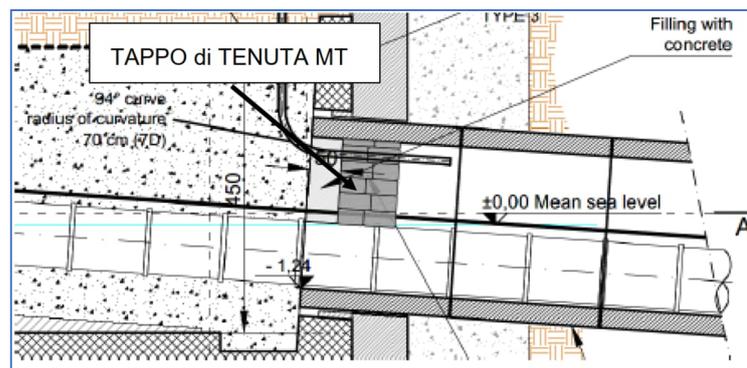


Figura 12-4: Esempio di Tappo di Chiusura Estremità MT

- svuotamento dall'acqua di mare del pozzo di spinta e della rampa precedentemente allagati;
- demolizione della travatura di coronamento del pozzo fino ad 1 m al di sotto del p.c.;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	74 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

- demolizione del basamento del Pipe-Thruster;
- estrazione e rimozione palancole (se utilizzate);
- riempimento del pozzo e della rampa con materiale di scavo precedentemente accantonato;
- ripristino del livello del terreno con il materiale di scotico precedentemente accantonato;
- recupero e smaltimento dei materiali di cantiere;
- eventuale ripristino delle strade esistenti.

Il sito dovrà essere ripristinato in una condizione equivalente a quella originaria, esistente prima dell'inizio di qualsiasi intervento lavoro. Tutti i detriti, rifiuti e qualsiasi materiale indesiderato siano rimossi dall'area della di cantiere e smaltito in accordo alla normativa vigente. Le aree utilizzate per lo stoccaggio e le strutture del sito dovranno essere sgomberate.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	75 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

13 MEZZI NAVALI

I mezzi navali previsti per la realizzazione delle infrastrutture offshore sono:

- due rimorchiatori salpa-ancore addetti alla movimentazione delle ancore dei mezzi (nel caso di utilizzo di mezzo con sistema di posizionamento mediante ancore nel tratto in acque poco profonde);
- crane barge per recupero MTBM, movimentazione giunti flangiati e tubo di risalita, installazione di materassi e sistemi di protezione, supporto durante le fasi di pre-commissioning e collaudo
- mezzo navale equipaggiato di escavatore o draga per scavo area di transizione tra l'uscita del microtunnel e la nuova banchina;
- bette/chiatte per trasporto materiali
- nave appoggio per l'eventuale assistenza durante le fasi di posa ed il rilievo visivo e strumentale;
- motoscafo e/o craft barge per i collegamenti a terra.
- mezzo navale con argano a tamburo per assistenza durante posa della stringa all'interno del microtunnel
- mezzo navale idoneo equipaggiato con bobina, scivolo e dispositivi per la posa di un cavo sottomarino

In base alla disponibilità dei mezzi e alla programmazione delle operazioni, lo stesso mezzo navale può essere utilizzato per fare più attività.

Dove richiesto i mezzi dovranno essere idonei per allocare e manovrare gli equipaggiamenti della squadra di sommozzatori.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ -
	LOCALITÀ PORTO TORRES (SS)	001-ZA-E-09304	
	PROGETTO / IMPIANTO Terminale di Porto Torres	76 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037503-1-H6_Rev 01

14 PROGRAMMA DEI LAVORI

La Tabella 14-1 fornisce una visione delle tempistiche previste per le principali attività di cantiere per le lavorazioni offshore:

Attività di progetto	Durata
Durata complessiva dei lavori	91 settimane
Allestimento area cantiere MT	3 settimane
Costruzione del pozzo di spinta del MT	12 settimane
Realizzazione Microtunnel (installazione MTBM, perforazione MT, rimozione impianto di perforazione, rifinitura MT, installazione tubo portacavi in PEAD)	28 settimane
Scavi a Mare	10 settimane
Smobilitazione cantiere MT e allestimento cantiere di varo	6 settimane
Prefabbricazione doppi Giunti e varo condotta in MT	18 settimane
Installazione riser	2 settimane
Prefabbricazione e posa dei giunti flangiati	20 settimane
Posa Cavo Sottomarino (Posizionamento Argano, montaggio J-tube e posa del cavo)	8 settimane
Rinterro della trincea e dello scavo a mare	8 settimane
Installazione dei sistemi di protezione e pre-commissioning	8 settimane
Smobilitazione del cantiere	6 settimane

Tabella 14-1: Tempistica delle Principali Attività di Cantiere

La costruzione della condotta sottomarina è stimata essere completata in 91 settimane (Rif. [14]).