




	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 1 di 67	<b>Rev.</b> 2

**PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI**

**Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Mare)**

**RELAZIONE TECNICA PROGETTO SEALINE**

				
Nuova ottimizzazione di progetto	L. Alessandrini	C. Monda	C. Monda	Marzo 2024
Ottimizzazione di progetto	L. Alessandrini	C. Monda	C. Monda	Novembre 2023
<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato Autorizzato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 2 di 67	<b>Rev.</b> 2

## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. SCOPO DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. RIFERIMENTI.....</b>	<b>10</b>
<b>5. POSIZIONE SITO PROGETTO, SISTEMA DI RIFERIMENTO E IMPIANTI ESISTENTI</b>	<b>12</b>
<b>6. DATI BASE DEL PROGETTO.....</b>	<b>14</b>
<b>7. CONDOTTA SOTTOMARINA PER TRASPORTO GAS .....</b>	<b>40</b>
<b>8. CAVO TELECOMANDO (FOC) SOTTOMARINO.....</b>	<b>56</b>
<b>9. METODOLOGIA DI INSTALLAZIONE/COSTRUZIONE PREVISTA.....</b>	<b>57</b>
<b>10. COLLAUDI DEL SISTEMA CONDOTTA SOTTOMARINA TRASPORTO GAS .....</b>	<b>63</b>
<b>11. ALLEGATI .....</b>	<b>71</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 3 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Premessa

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art. 5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, società controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 25/10/2022 l'autorizzazione unica per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione nel porto di Piombino, tramite l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente (di seguito l'**"Autorizzazione Unica"**).

L'Autorizzazione Unica, al punto 10, ha prescritto di presentare, entro 45 giorni dalla pubblicazione della Ordinanza medesima sul Bollettino Regionale della Toscana, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in sito off-shore, nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU stessa dal porto di Piombino decorso il suddetto termine di tre anni. Con successive Ordinanze di proroga, il predetto termine è stato fissato al 26 giugno 2023.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno, di cui il presente documento è parte integrante insieme ai suoi allegati, illustra la soluzione sviluppata dagli ingegneri e specialisti incaricati da Snam per il ricollocazione della FSRU TUNDRA per i successivi 22 anni una volta lasciato il porto di Piombino. In particolare, gli allegati tecnici riportano le principali caratteristiche del Progetto, analizzano gli aspetti ambientali, paesaggistici ed urbanistici e riportano le valutazioni relative ai temi Seveso ed antincendio.

### 1.2. Soluzione Proposta

L'analisi ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all'interno di un porto diverso da quello di Piombino, non rinvenendosi in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l'incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteomarine attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 2 miglia nautiche (circa 4 km) dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l'approdo a terra in corrispondenza dell'area industriale di Tirreno Power.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 4 di 67	<b>Rev.</b> 2

### 1.3. Struttura del Documento

Il presente documento si compone delle seguenti Sezioni:

- SEZIONE 2: include la descrizione generale del progetto ed i limiti di batteria
- SEZIONE 3: descrive lo scopo del documento
- SEZIONE 4: elenca i requisiti di legge nazionali, i codici e gli standard nazionali ed internazionali
- SEZIONE 5: descrive il sito interessato dal progetto
- SEZIONE 6: presenta i dati base utilizzati: caratteristiche della condotta, della FSRU, dati geotecnici, batimetrici, sismici, meteomarini
- SEZIONE 7: descrive le attività di ingegneria eseguite per il progetto in esame: scelta del corridoio di posa e dell'approdo costiero, studio idraulico, dimensionamento, analisi di stabilità e protezione Catodica della condotta, analisi dei rischi
- SEZIONE 9: descrive la struttura del cavo di telecomando sottomarino
- SEZIONE 10: descrive la metodologia di installazione/costruzione prevista
- SEZIONE 11: descrive i collaudi fino all'avviamento del sistema condotta sottomarina
- SEZIONE 12: include tutti gli allegati relativi alle attività di ingegneria eseguite.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 5 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

### 2.1. Generale

Il presente progetto, denominato Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti, riguarda il riposizionamento della FSRU Tundra dal porto di Piombino ad un punto di ormeggio permanente a largo delle coste di fronte Vado Ligure in Liguria ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).



La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi cisterna di GNL che trasferiranno il prodotto in modalità STS (Ship-To-Ship). Il GNL sarà quindi rigassificato a bordo della FSRU e il gas verrà esportato a terra attraverso una nuova condotta DN 650 (26") fino all'impianto di Quliano (SV) e da qui ai relativi collegamenti fino alla Rete Nazionale Gasdotti.

Il sistema di esportazione del gas naturale, oltre alle opere a terra, è costituito dalle seguenti componenti progettuali offshore:

- Unità di rigassificazione di stoccaggio galleggiante (FSRU) Tundra
- Sistema di ormeggio a Torretta - Disconnettibile
- Sistema di esportazione del gas:
  - PLEM ossia di un manifold sottomarino dotato di valvola di intercetto
  - Un riser flessibile di esportazione gas dal FSRU al PLEM

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 6 di 67	<b>Rev.</b> 2

- Condotta sottomarina (sealine) da DN 650 (26") dal PLEM al punto di interconnessione di approdo con un nuovo gasdotto onshore (lungo circa 4.4km) fino alla rete nazionale di gasdotti (Impianto PDE di Quiliano)

- Cavo telecomando in fibra ottica (FOC) dal PLEM al punto di giunzione all'approdo costiero con il tratto onshore del cavo (circa 4.4 km di lunghezza tratto a mare e circa 26,5 km tratto a terra) che proseguirà fino all'impianto Area Trappole, Interconnessione e Regolazione in località Chinelli in Comune di Cairo Montenotte (SV).

Il sistema è stato dimensionato per una vita utile nominale > 22 anni.

## 2.2. Sistema Esportazione Gas – Schema Generale

Lo schema concettuale generale del Sistema di esportazione gas su cui è basato il presente studio è riportato nel Rif. **DWG-300-D-12020 – Schematico Generale**.

## 2.3. Principali Limiti di Batteria

I limiti di batteria considerati per il Sistema di esportazione gas sono i seguenti.

Sealine:

- Prima saldatura del gasdotto marino nel punto di collegamento alla linea di collegamento a Terra (onshore).
- Flangia di connessione tra spool ed ultimo tratto di condotta dal PLEM

Cavo sottomarino a fibra ottica FOC:

- Prima giunzione del cavo sottomarino nel punto di collegamento al cavo onshore.
- Connessione alla SETH (Stazione di terminazione del cavo)

I tratti a mare del Gasdotto di esportazione e del cavo telecomando a fibra ottica (FOC) saranno entrambi lunghi circa 4186 m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 7 di 67	<b>Rev.</b> 2

### 3. SCOPO DEL DOCUMENTO

#### 3.1. Scopo del documento

Lo scopo di questo documento è di illustrare le caratteristiche principali, i criteri, la metodologia di installazione e le assunzioni adottate per la realizzazione della condotta sottomarina da DN 650 (26”), che rappresenta la prima porzione del Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti (RNG).

Gli aspetti progettuali relativi al sistema di ormeggio offshore, sistema di trasferimento gas e valvola sottomarina – sistema di collegamento tra la FSRU e la condotta sottomarina (sealine) – composti dai seguenti elementi:

- Valvola di Intercettazione Sottomarina PLEM
- Riser Flessibile
- Sistema di Ormeggio FSRU a Torretta – Disconnettibile

sono trattati nel **Rif. REL-300-E-12000 – Relazione Tecnica Sealine.**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 8 di 67	<b>Rev.</b> 2

### 3.2. Acronimi, Abbreviazioni e Unità di Misura

PROPONENTE	Snam FSRU Italia
PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti
SITO	Mar Ligure, Liguria
TERMINALE	la nave FSRU e il relativo ormeggio .
OPERE CONNESSE	Metanodotti (a mare ed a terra) di collegamento tra FSRU e Rete Nazionale Gasdotti e l'Impianto PDE
IMPIANTO PDE	Impianto di filtraggio, regolazione e misura fiscale del gas naturale ubicato in Comune di Quiliano (SV).
PLEM	Impianto sottomarino di intercettazione del gas naturale funzionalmente connesso alla nave FSRU mediante un riser.
NAVI METANIERE	Navi metaniere che trasportano/prelevano GNL al/dal Terminale
SHIP-TO-SHIP	Configurazione di ormeggio delle NAVI METANIERE sul fianco della FSRU, per permettere le operazioni di scarico/carico di GNL.

### 3.3. Abbreviazioni e Simboli

Acronimo	Definizione
BOG	Boil-off Gas
COG	Centro di Gravità (baricentro)
DN	Diametro Nominale della condotta
DP	Pressione di Progetto
FOC	Fiber Optic cable (Cavo a fibra ottica)
FSRU	Floating Storage and Regassification Unit (Unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione)
GNL	Gas Naturale Liquido
GN	Gas Naturale
Hazop	Analisi di Hazard and Operability
H <sub>s</sub>	Altezza significativa dell'onda
IBA	Important Bird Areas (Area di salvaguardia avifauna)
ID	Diametro Interno della condotta
LTE	Landfall Termination End (Punto di terminazione della condotta sottomarina)





	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 10 di 67	<b>Rev.</b> 2

#### 4. RIFERIMENTI

Il presente studio di progettazione del sistema del gasdotto offshore per l'esportazione è stato eseguito in conformità con tutti i requisiti di legge, entro i limiti nazionali, utilizzando i codici e gli standard internazionali elencati nel presente documento. In tutti i casi, verrà utilizzata l'ultima edizione dei regolamenti, dei codici, degli standard pertinenti, se non diversamente specificato.

##### 4.1. Legislazione

/1/ Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 17 aprile 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”.

##### 4.2. Principali Norme Tecniche Internazionali Di Riferimento

- /2/ DNV-ST F101 “Submarine pipeline systems”.
- /3/ ISO 21809 “Petroleum and natural gas industries —External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation system”.
- /4/ DNV RP-F109 “On Bottom Stability Design of Submarine Pipelines”.
- /5/ API Specification 17E “Specification for Subsea Umbilicals”.
- /6/ API Specification 17F “Specification for Subsea Production Control Systems”.
- /7/ API 17J Specification “Specification for Unbonded Flexible Pipe”.
- /8/ API RP 17B “Recommended Practice for Flexible Pipe”.
- /9/ ISO 15589-2 “Petroleum and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline transportation systems — Part 2: Offshore pipelines”.
- /10/ DNV-RP-B401 “Cathodic protection design”.
- /11/ DNVGL-RP-C205 “Environmental conditions and environmental loads”.
- /12/ ITU-T G657 “Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable”.

##### 4.3. Documenti di Progetto

- /13/ Mappa Nautica - Litorale di Savona N. 104 Int. 3356
- /14/ Mappa Nautica – da Imperia a Portofino N. 2

##### 4.4. Altri Documenti

- /15/ Macrofouling Role of Mussels in Italian Seas: A Short Review. Giulio Relini and Manuela Montanari. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.
- /16/ Macrofouling of an Oceanographic Buoy in the Ligurian Sea (Western Mediterranean). G. Relini, M. Montanari, P. Moschella and A. Siccardi. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 11 di 67	<b>Rev.</b> 2

- /17/ Studio Meteomarino - REL-300-E-12090
- /18/ Inquadramento Geologico doc. n. REL-300-E-12010.
- /19/ Dati meteo marini forniti da DHI Solution
- /20/ non utilizzato
- /21/ Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente – Linee guida sulle analisi granulometriche dei sedimenti marini
- /22/ Studio di Impatto Ambientale – Tirreno Power, Progetto di realizzazione di una nuova unità a ciclo combinato nella centrale termoelettrica di Vado Ligure.
- /23/ Studio di impatto ambientale, sintesi non tecnica – Progettazione definitiva ed esecutiva, esecuzione dei lavori della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure e gestione della parte relativa al terminal contenitori.
- /24/ Luigi Carbone, Marco Firpo e Alessio Rovere -Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse (DipTeRis), Università di Genova - Le variazioni ambientali nell'area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi
- /25/ DISS Working Group, 2021, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.0: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- /26/ Meletti, C., F. Galadini, G. Valensise, M. Stucchi, R. Basili, S. Barba, G. Vannucci e E. Boschi, 2008, "A Seismic Source Zone Model for the Seismic Hazard Assessment of the Italian Territory", Tectonophysics, Vol. 450, pp. 85- 108
- /27/ Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Buseti, M. Dal Cin, D. Spallrossa, S. Barani, D. Scafidi, G. Barreca e C. Monaco, 2017, "Seismogenic Zonation as a Branch of the Logic Tree for the New Italian Seismic Hazard Map- MPS16: A Preliminary Outline", Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, Vol. 58, pp. 313-342
- /28/ Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini e A. Antonucci, 2022, "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>
- /29/ Pagani, M., J. Garcia-Pelaez, R. Gee, K. Johnson, V. Poggi, R. Styron, G. Weatherill, M. Simionato, D. Viganò, L. Danciu e D. Monelli, 2018, Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map (version 2018.1), DOI:10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-HAZARD-MAP-2018.1

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 12 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 5. POSIZIONE SITO PROGETTO, SISTEMA DI RIFERIMENTO E IMPIANTI ESISTENTI

### 5.1. Posizione Sito del Progetto

La posizione del sito oggetto della presente relazione e del relativo sistema di esportazione gas con condotta sottomarina sarà al largo della costa della regione Liguria di fronte alla foce del torrente Quiliano (Rif. **DWG-300-D-12050 Planimetria Nautica con vincoli Allacciamento FSRU Vado Ligure**).

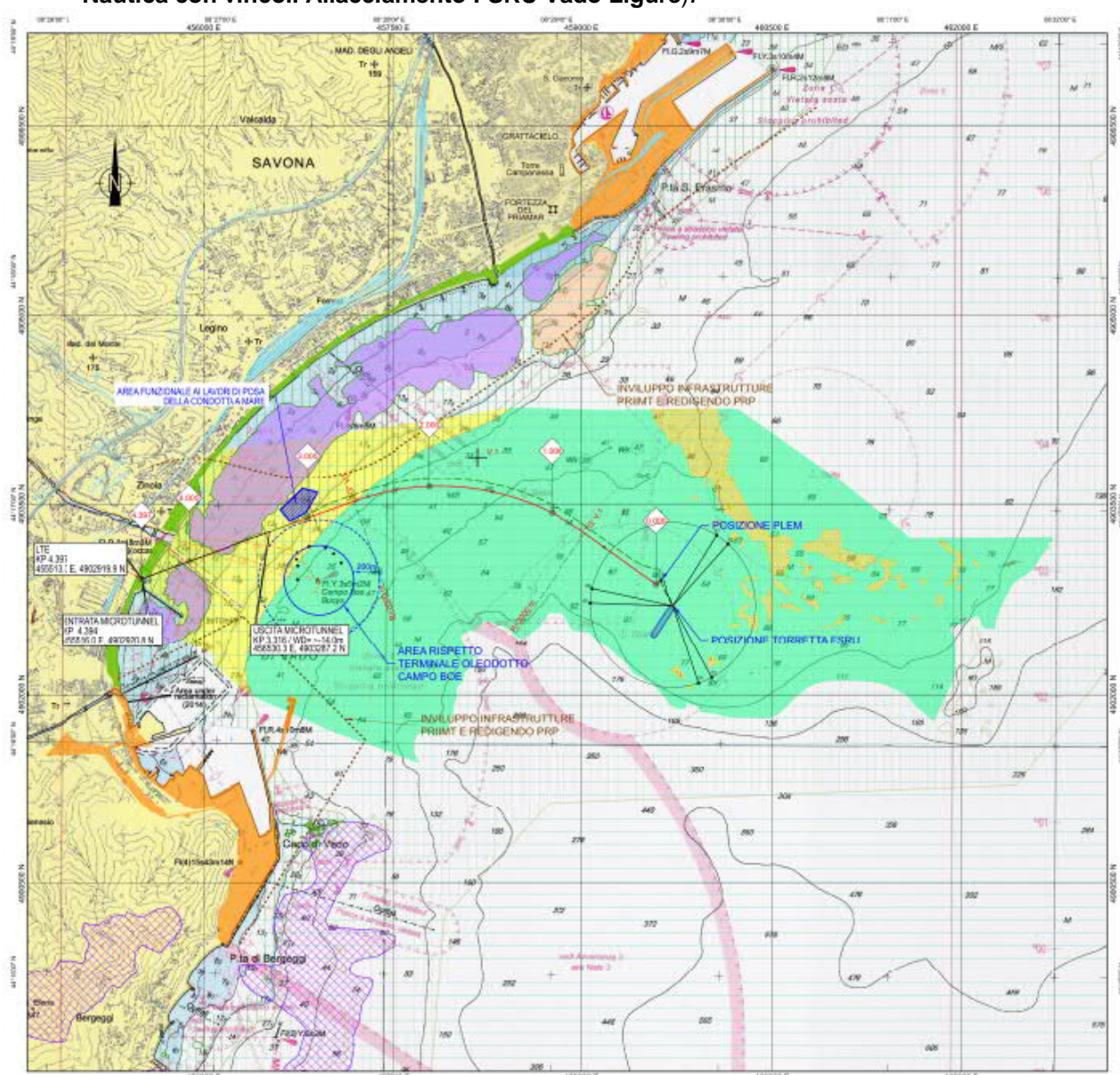


Figure 5-1 – Planimetria del sito di riferimento

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 13 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 5.2. Sistema di Riferimento Geografico

La rotta del gasdotto e cavo sottomarino deve essere riferita ai seguenti parametri geodetici:

Parametri	Valore
Spheroid – Sferoide	World Geodetic System 1984
Semi-Major Axis (a) – Semiasse Maggiore	6378137.0000
Semi-Minor Axis (b) – Semiasse Minore	6356752.3142
Inverse Flattening (1/f) – Flattening Inverso	298.257223563
Datum	WGS84
Projection – Proiezione	UTM ZN 32N
Central Meridian (CM) – Meridiano Centrale	15° E
Latitude of Origin – Origine della Latitudine	9° E
False Easting – Falso Est	500 000 m
False Northing – Falso Nord	0 m
Scale Factor on CM – Fattore di Scala	0.9996

Table 5-1 – Sistema di riferimento utilizzato all'interno dell'area di progetto

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 14 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 6. DATI BASE DEL PROGETTO

### 6.1. Vita Utile del Sistema di Esportazione Gas

La vita utile del sistema di ormeggio offshore e del gasdotto sottomarino per l'esportazione di gas è considerata di 22 anni dalla data di entrata in esercizio.

### 6.2. Caratteristiche del nuovo gasdotto sottomarino

Per lo sviluppo dello studio, le seguenti caratteristiche meccaniche del nuovo gasdotto sottomarino sono state considerate:

- Diametro nominale esterno DN 650 (26")
- Diametro Interno Costante (assunto) ID 628.6 mm
- Modulo elastico dell'acciaio 207000 N/mm<sup>2</sup>
- Tipo di acciaio della condotta DNV ST F101, SAWL 450 FDU
- Tensione di snervamento (SMYS) 450 N/mm<sup>2</sup>
- Peso specifico dell'acciaio 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Spessore di corrosione assunto 0 mm

### 6.3. Caratteristiche del rivestimento anticorrosivo esterno della condotta

- Materiale 3 Strati di Polietilene (3LPE)
- Peso specifico 900 kg/m<sup>3</sup>
- Spessore minimo 4.2 mm
- Protezione catodica Anodi sacrificali

### 6.4. Caratteristiche del rivestimento anticorrosivo interno della condotta

- Materiale Rivestimento epossidico (epoxy coating)
- Spessore minimo 60-100 micron

### 6.5. Caratteristiche dell'appesantimento in gunita della condotta

- Materiale calcestruzzo (gunita)
- Peso specifico 3040 kg/m<sup>3</sup>

### 6.6. Condizioni di funzionamento

- Pressione di progetto condotta gas 100 barg
- Pressione di collaudo idraulico 1.3 x pressione di progetto
- Vita utile della condotta 22 anni

### 6.7. Caratteristiche del FSRU

Le principali dimensioni del FSRU considerate in questo studio sono elencate di seguito:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 15 di 67	<b>Rev.</b> 2

<b>GOLAR TUNDRA</b>	
<b>Principali dettagli della nave</b>	
Lunghezza fuori tutto/Length Overall (m)	292.5
Lunghezza tra le perpendicolari/Length BP (m)	281
Larghezza/Breadth (m)	43.42
Altezza di costruzione/Depth (m)	26.6
Immersione di costruzione/Design draft (m)	11.9
Immersione estiva/Summer Draft (m)	12.323
Dislocamento a nave scarica e asciutta /Light ship Displacement (ton)	33150.9
Dislocamento massimo all'immersione di 12.323m/Maximum Displacement at summer draught (extreme) of 12.323m (ton)	120310.6

L'FSRU ha una capacità nominale di stoccaggio GNL pari a circa 170.000 m<sup>3</sup> e una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm<sup>3</sup>/h che vengono trasferiti nella rete Nazionale mediante un sistema di condotte.

La FSRU è dotata di No.4 serbatoi di stoccaggio di GNL, disposti nella parte centrale della carena. L'impianto di rigassificazione è posto a prua mentre le sistemazioni per gli alloggi dell'equipaggio, la sala controllo centralizzata e i macchinari di servizio sono a poppa.

La FSRU sarà rifornita tramite l'arrivo periodico di navi metaniere di taglia simile, le quali ormeggeranno in configurazione Ship-To Ship (STS) e convoglieranno il GNL dai propri serbatoi a quelli della FSRU, tramite delle manichette flessibili.

- ✓ L'impianto di stoccaggio di GNL e la parte di rigassificazione sono costituiti a loro volta dai seguenti sistemi:
- ✓ Sistema di scarico GNL dalla nave metaniera spola;
- ✓ Sistema di stoccaggio GNL, capacità nominale pari a circa 170.000 m<sup>3</sup>;
- ✓ Sistema di pompaggio e rigassificazione; Sistema di gestione del BOG – Boil off gas;
- ✓ Sistema di gestione acqua mare;
- ✓ Sistemi ausiliari.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 16 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 6.8. Dati geotecnici e batimetrici

La regione Liguria (Rif. /18/) è caratterizzata da una linea di costa che si estende per circa 330 km dal settore occidentale confinante con la Francia a quello orientale confinante con la regione Toscana.

La piattaforma continentale che caratterizza i fondali marini liguri si estende per pochi chilometri nei pressi della riviera di Ponente mentre tende ad espandersi verso levante, in prossimità di Punta Bianca. La scarpata continentale che collega la piattaforma alla piana abissale presenta numerosi canyon sottomarini che si estendono principalmente in direzione sud-est fino a profondità di circa 2000 m (**Rif. REL-300-E-12010 – Relazione Geologica Tratto a mare**).

La rada di Vado Ligure è costituita da un'ampia insenatura con raggio di curvatura maggiore a levante e minore a ponente. Da ovest verso est si distinguono il promontorio roccioso noto come punta di Capo Vado con l'omonimo porto protetto da una diga foranea e una spiaggia di sabbia fine lunga 450 metri e scali per le demolizioni navali.

La foce del torrente Segno può essere considerata come l'inizio del litorale della città di Vado Ligure: questo è formato da un piccolo terrapieno e da una spiaggia che termina alla foce del torrente Quiliano ed è interrotta solo dal pontile adibito ad opera di presa delle acque di raffreddamento della centrale Tirreno Power. Confinante col torrente Quiliano è il comune della città di Savona che si apre con una spiaggia seguita dal torrente Letimbro e l'area portuale Savonese con una lunga scogliera e una diga foranea a difesa delle strutture portuali.

Il tratto offshore antistante l'area di Vado Ligure è caratterizzato da una morfologia complessa che si evince principalmente dalla distribuzione delle batimetrie. Le caratteristiche principali sono elencate di seguito:

- Un tratto di piattaforma continentale sulla cui superficie non sono presenti incisioni da canyon o forme complesse fino alla profondità di circa 70 m.
- Ampio canyon sottomarino con asse inclinato di circa 130° la cui rottura di pendenza è localizzata intorno ai 60-70 m di profondità. L'incisione valliva tende ad allargarsi all'aumentare della profondità ed è visibile fin oltre la batimetrica dei 900 m.
- Un promontorio sommerso si affianca e delimita l'ampio canyon sottomarino a sud-ovest: questo si prolunga a partire dall'isola di Bergoggi in direzione sud-est con una pendenza media del fondale di circa 2.6° e inclinazione dell'asse di circa 120°.
- Promontorio sommerso che delimita il canyon sottomarino sul fianco nord-occidentale con asse di allungamento disposto a circa 130°. La pendenza media del fondale lungo l'asse è di circa 1° mentre il settore che si estende nei pressi della foce del Segno degrada regolarmente in direzione verso est con un'inclinazione di porco inferiore a 2° ed un'ampiezza di circa 2 km.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 17 di 67	<b>Rev.</b> 2

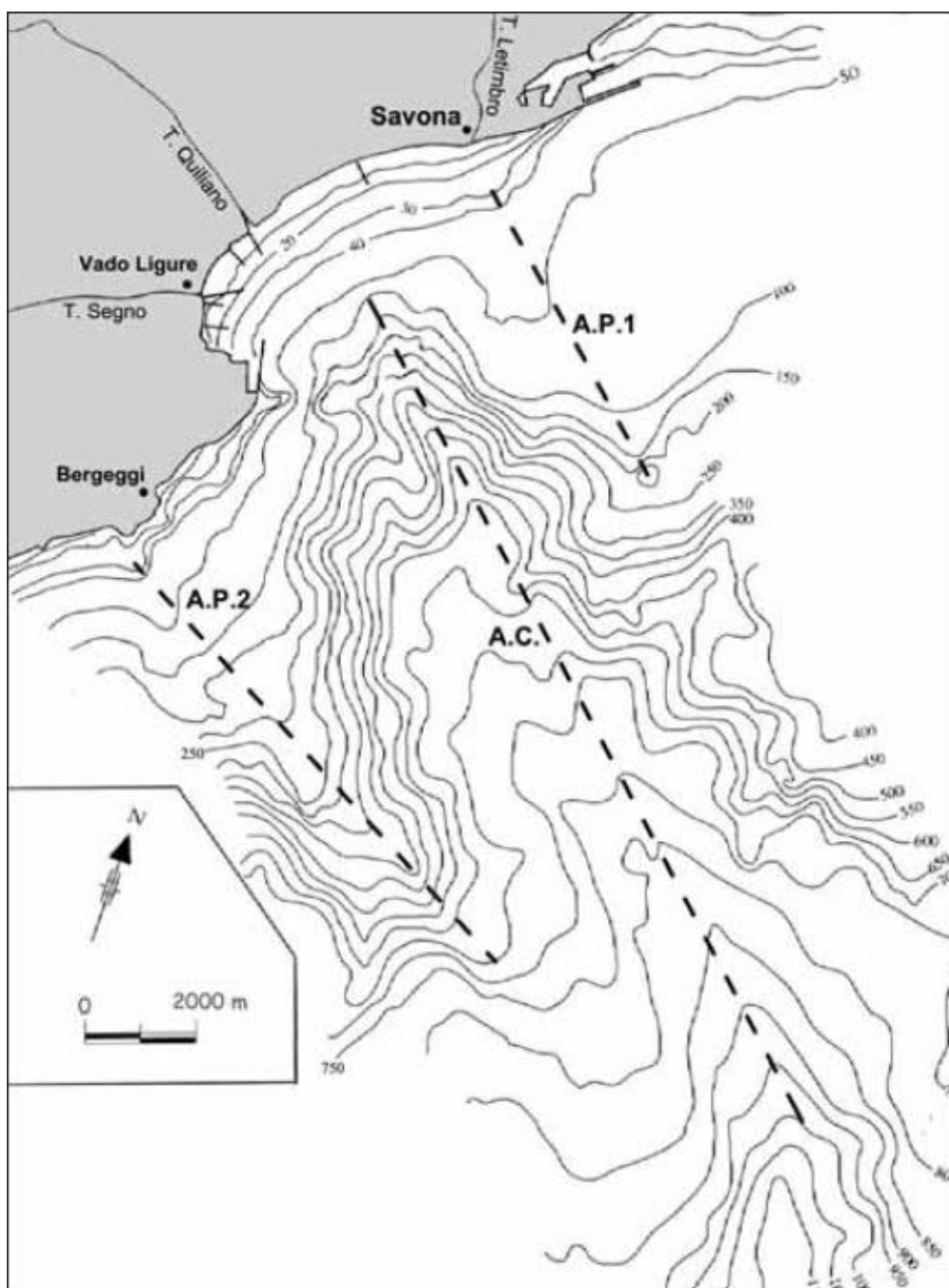


Figura 6-1 – Carta batimetrica antistante l’area di Vado Ligure. Si osserva un tratto di piattaforma privo di elementi morfologici complessi fino alla profondità di circa 70 m oltre la quale è presente un canyon sottomarino (A.C., inclinazione 130 °) che si sviluppa fino alla profondità di 1000 m circa. I due promontori a SO e a NE (A.P.2 e A.P.1) disposti con asse di allungamento a 120° e 130° corrispondono ad un sistema di faglie ortogonali alla costa.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 18 di 67	<b>Rev.</b> 2

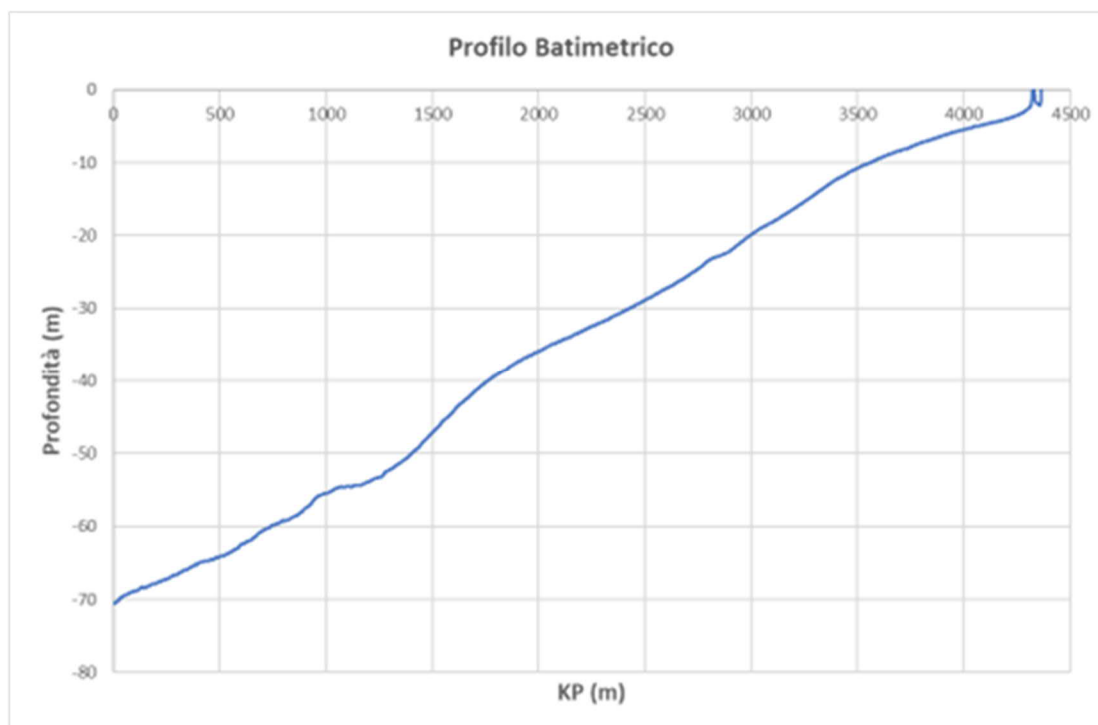


Figura 6-2 – Profilo batimetrico nuovo gasdotto oggetto dello scopo del lavoro

Le linee guida per le analisi granulometriche (Ref. /21/) riportano come la piattaforma continentale ligure sia caratterizzata dalla presenza di sedimenti marini derivanti dal disfacimento di rocce prevalentemente cristalline, soprattutto a Ponente, mentre nei pressi del settore di Levante son presenti dei sedimenti che derivano sia da rocce cristalline che arenacee e carbonatiche-marnose. Da un punto di vista granulometrico, i sedimenti variano da sabbie grossolane a sabbie molti fini con le frazioni argillose che aumentano procedendo verso il largo.

L'ambiente costiero di Vado Ligure è caratterizzato dalla presenza di sedimenti sabbio-limosi e limo-sabbiosi dall'area prospiciente la costa fino a 40-50 m circa mentre a profondità maggiore tendono essere presenti in superficie sedimenti più fini (fanghi terrigeni costieri, Ref. /18/, /21/, /22/ e /24/) dove un suolo limoso debolmente sabbioso e argilloso caratterizza il litorale di Vado Ligure con uno spessore variabile dai tra gli 8 e 10 m circa.

All'interno della Ref. /21/ vengono riportate delle indagini profonde (carotaggi e indagini sismiche ad alta risoluzione) effettuate in merito alla realizzazione della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure. I carotaggi evidenziano in superficie dei limi sabbiosi e limi argillosi con spessori variabili tra i 7 m (profondità comprese tra i 15 e 20 m, carotaggi più "esterni, SG1 ed SG2) ed i 2 m (profondità dell'acqua compresa tra 5 e 10 m, carotaggi interni, SG6).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 19 di 67	<b>Rev.</b> 2

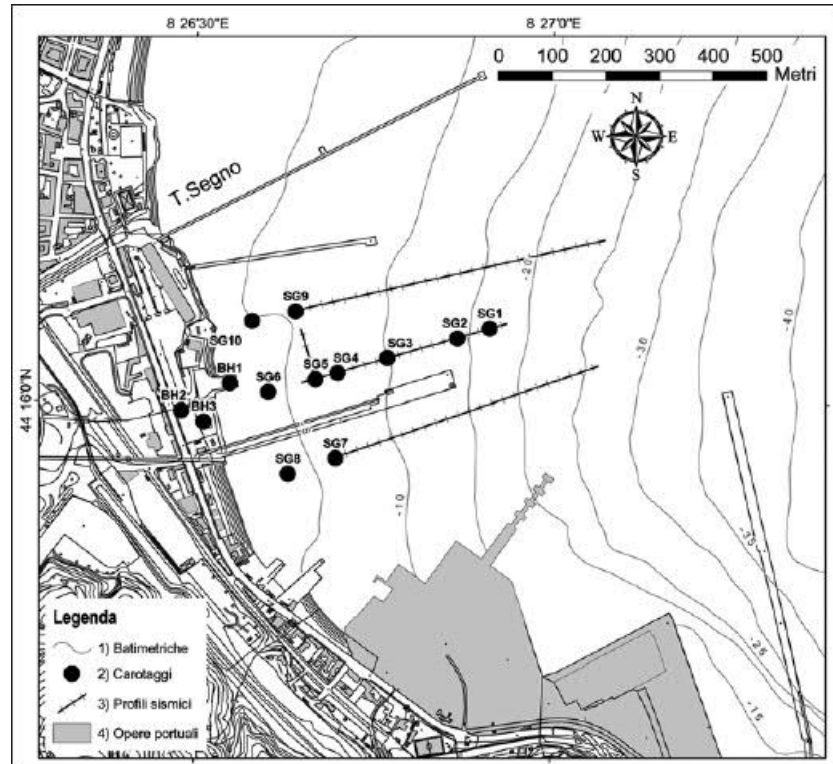


Figura 6-3 - Distribuzione dei sondaggi per la nuova piastra multifunzionale



PROGETTISTA



COMMESSA

UNITA

LOCALITA'

ALTO TIRRENO

REL-300-E-12000

PROGETTO

FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti

Pag. 20 di 67

Rev. 2

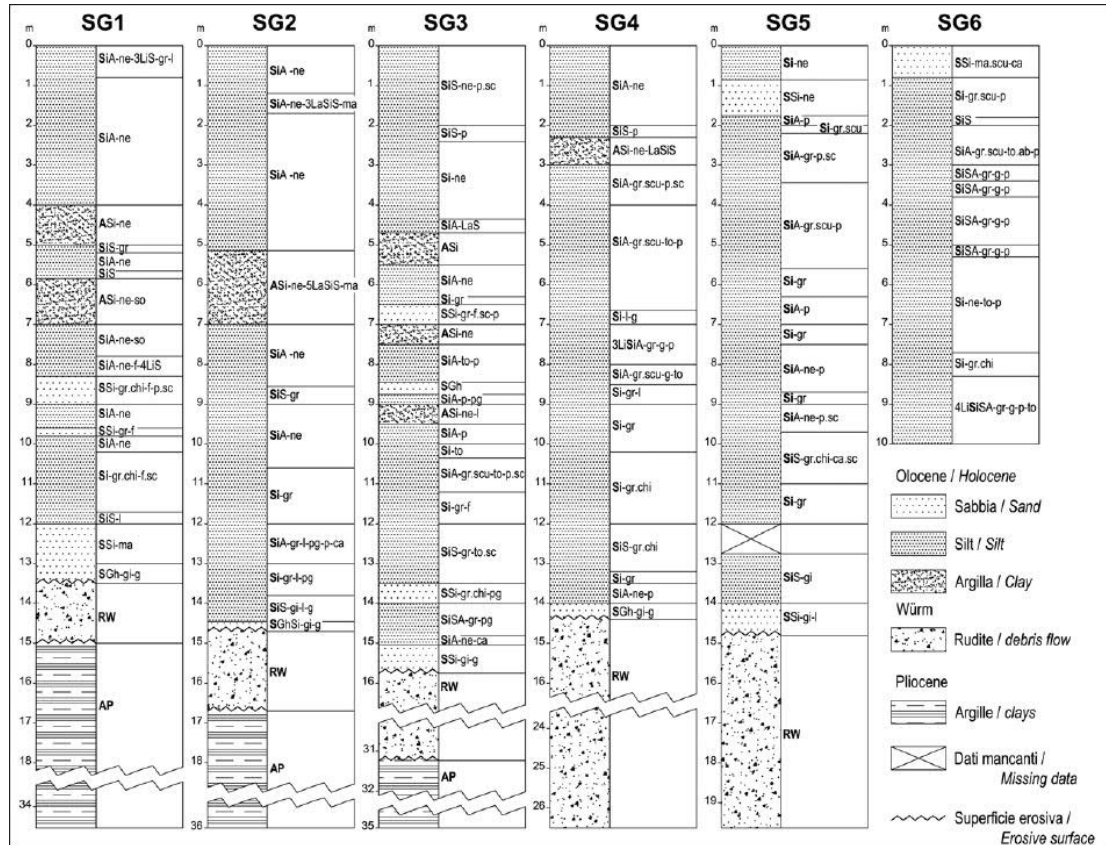


Figura 6-4 – Stratigrafia ai sondaggi effettuati nei pressi dell'area della nuova piastra multifunzionale del porto di Vado Ligure.

Sulla base delle informazioni sopra riportate, è stata definita la seguente caratterizzazione geotecnica. Si precisa che i parametri associati ai suoli sono stati definiti sulla base dei tipici valori riportati in letteratura e che aggiornamenti verrà effettuati nel momento in cui delle indagini sito-specifiche verranno effettuate.

KP		Suolo di riferimento	$\gamma_{tot}$	$\phi'$	$D_r$	$S_u$
Da (km)	A (km)		deg	[%]	kPa	kPa
0.000	2.400	Argilla Limosa (Fango terrigeno)	16.00	-	-	3.00 – 5.00
2.400	4.154	Limo Sabbioso	18.00	30.00	20 – 40	-
Note	$\gamma_{tot}$ : Peso totale dell'unità di volume $\phi'$ : angolo d'attrito interno $D_r$ : Densità relativa $S_u$ : Coesione non drenata					

Tabella 6-1 – Caratterizzazione del suolo

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 21 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 6.9. Dati sismici

La regione Liguria è una regione soggetta ad una sismicità di basso-media intensità. Sebbene la pericolosità sismica non sia particolarmente elevata, l'alta concentrazione di centri abitati, beni artistici e culturali rendono la Liguria una regione a moderato rischio sismico.

Il territorio regionale è caratterizzato da pericolosità sismica che è più elevata in corrispondenza dei settori orientali e occidentali e diminuisce nella parte centrale. I valori di accelerazione previsti dal modello di pericolosità sismica (probabilità del 10% in 50 anni) sono compresi tra 0.005 e 0.175 g con i valori più bassi che si hanno in corrispondenza dell'area intorno la città di Genova.

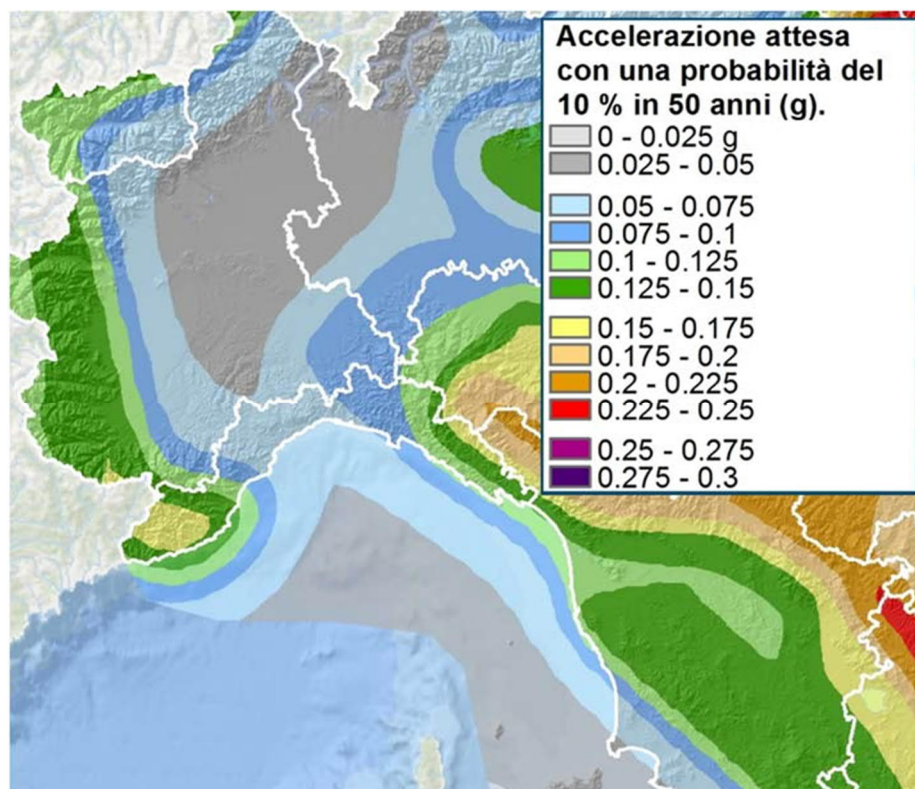


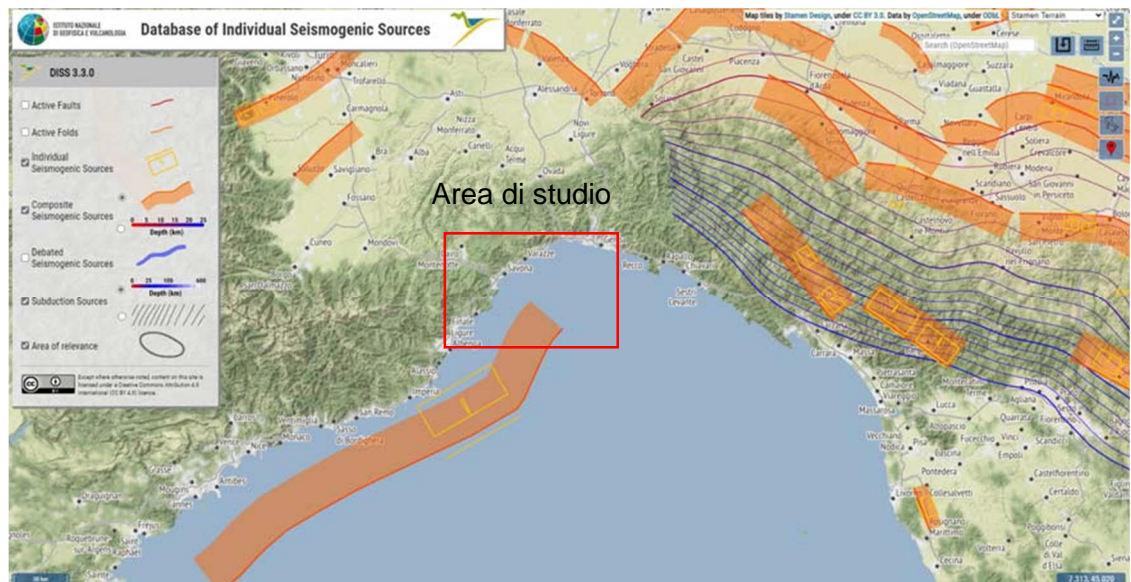
Figura 6-5 – Pericolosità sismica in Liguria - In seno all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, viene individuata la pericolosità sismica di riferimento per tutto il territorio nazionale. La figura sopra mostra come l'area di studio a mare ricada in due zone, che combinate hanno un range di accelerazione massima ( $a_g$ ) al suolo compresa tra 0.075 e 0.100 (per un periodo di ritorno di 475 anni).

Più nello specifico, la sismicità dell'area in corrispondenza del sito viene qui presentata per mezzo di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche (Figura 6-6) e della distribuzione dei terremoti storici nell'area circostante (Figura 6-9). I modelli di sorgenti sismogenetiche mostrati includono:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 22 di 67	<b>Rev.</b> 2

- DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Ref. /25/);
- ZS9 - Zonazione sismogenetica per l'Italia di INGV (Ref. /26/);
- Santulin et al. (Ref. /27/);

Considerando il modello DISS (Ref. /25/) il percorso proposto ricade solo in prossimità delle sorgenti sismogenetiche ITCS022 - Imperia Promontory e ITIS130 - Imperia Promontory caratterizzata da strutture fragili con andamento NNE-SSW (Mw massima registrata di 7.4).



**Figura 6-6 – Distribuzione sorgenti sismogenetiche presso l'area di studio**

Secondo il modello ZS9 (Ref. /26/), il sito è localizzato in corrispondenza della sorgente sismogenetica 910, pur non ricadendone completamente all'interno (Figura 6-7). Tale sorgente rappresenta la porzione meridionale della catena Alpina nord-occidentale.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 23 di 67	<b>Rev.</b> 2

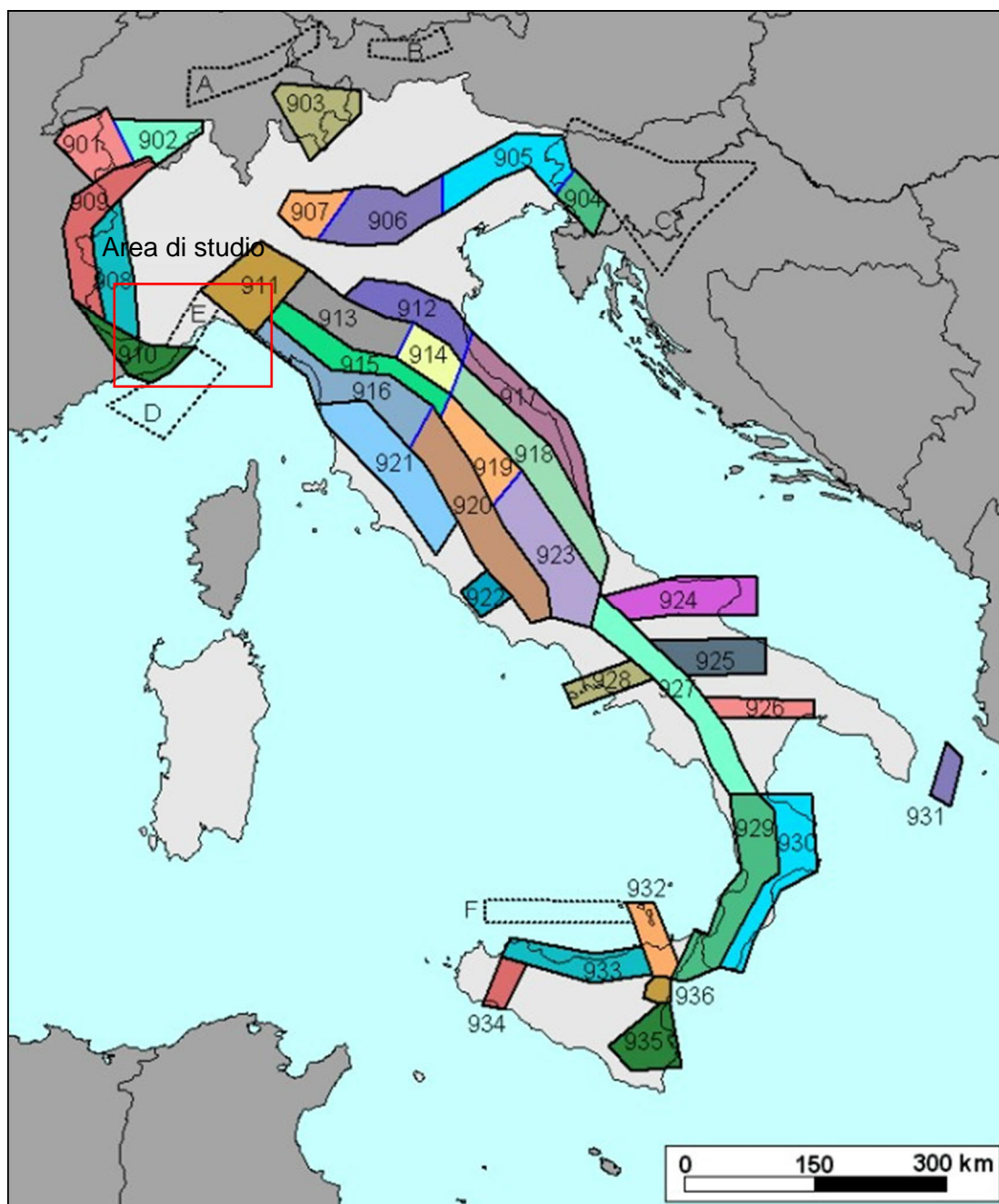



Figura 6-7 – Sorgenti sismogenetiche presso l'area di studio secondo il modello ZS9

Nel modello di Santulin et al, Ref. /27//27/; l'area di studio ricade nella sorgente compresa tra la 302 e la 303.



<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 24 di 67	Rev. 2

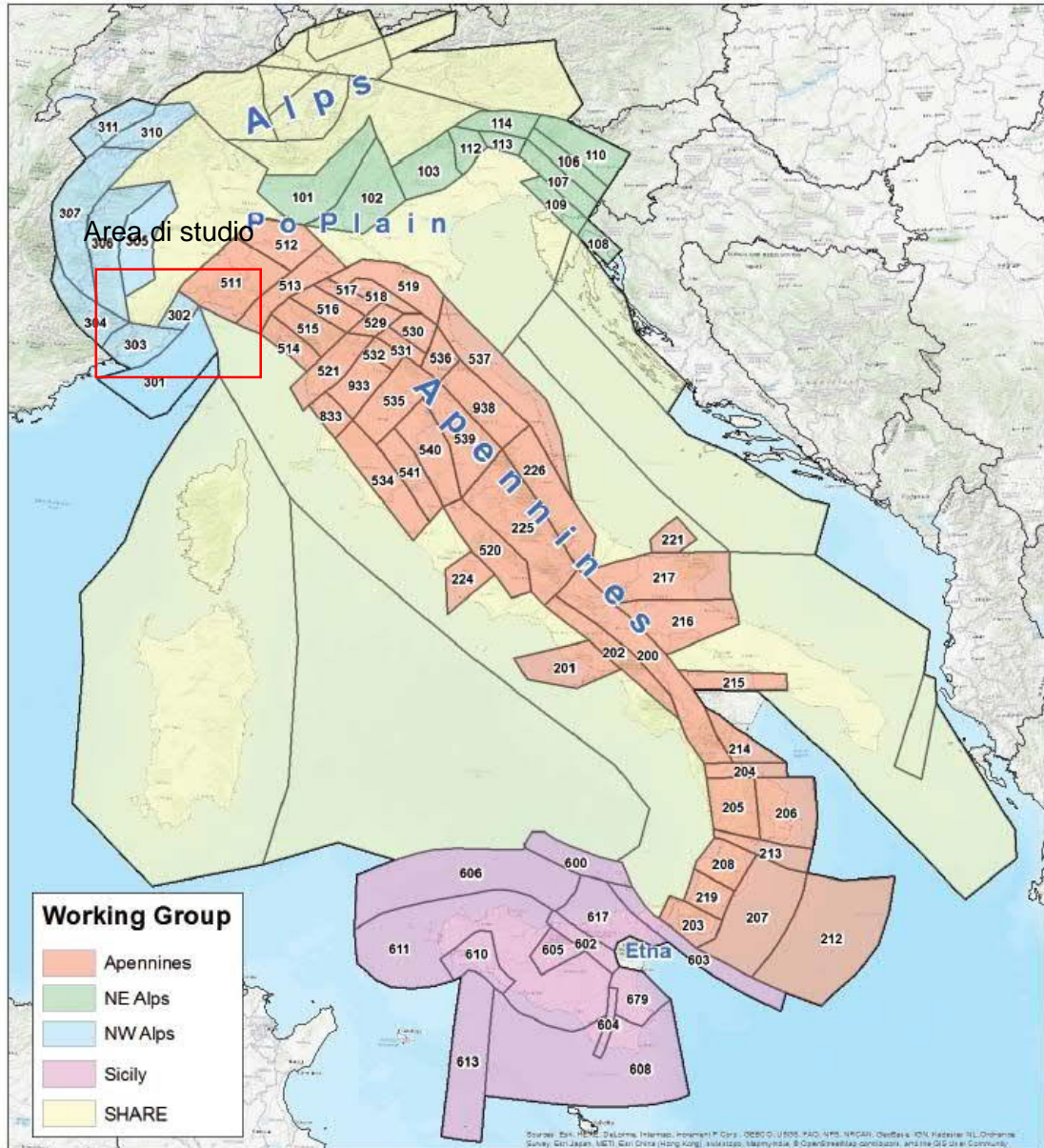


Figura 6-8 – Sorgenti sismogenetiche secondo Santulin et. Al (Ref. /27/);

La Figura 6-9 presenta la distribuzione e la magnitudo dei terremoti in base al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (versione 4.0 del 2022), considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, redatto e rivisto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per eliminare gli eventi fittizi e multipli Ref. /28/). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  o con magnitudo momento ( $MW$ )  $\geq 4$  relativi al territorio italiano, nella finestra temporale 1000-2020.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 25 di 67	<b>Rev.</b> 2

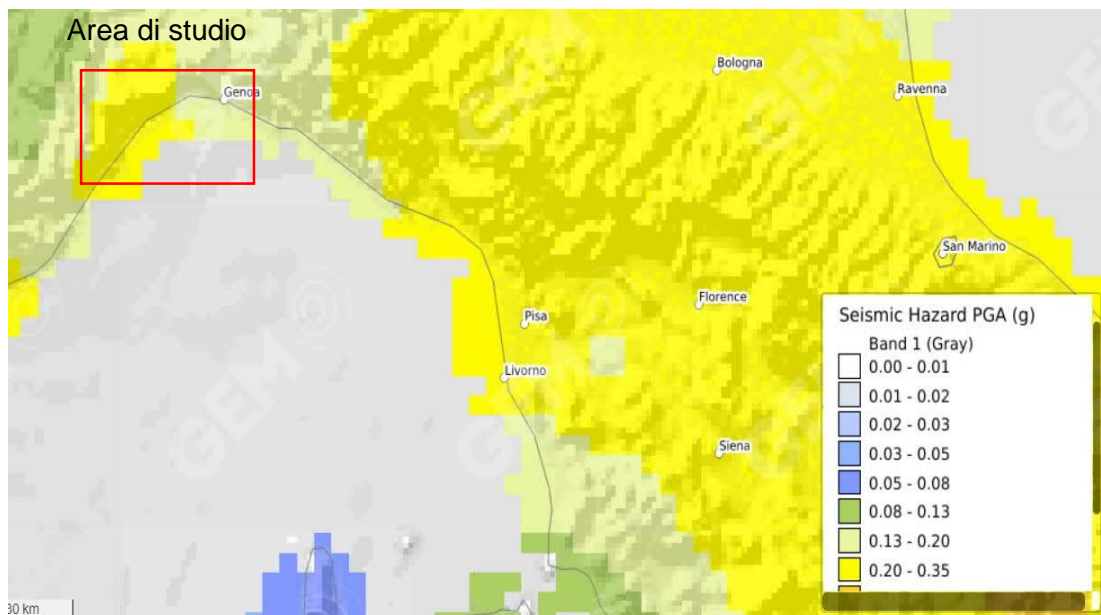
La Figura 6-9 mostra come nelle immediate vicinanze (in un raggio di circa 10 km centrato sulla città di Vado Ligure) dell'area di studio non si siano verificati eventi rilevanti ( $MW > 4$ ), Tuttavia, al di fuori di questo raggio, alcuni eventi sismici con alta magnitudo si sono verificati: un esempio è quello del sisma avvenuto nel 1887 in corrispondenza delle colline Liguria Occidentale, con  $Mw$  6.27.



Figura 6-9 – Distribuzione dei terremoti in centro Italia secondo Ref. /28/.

Il progetto GEM (Global Earthquake Model) (Ref. /29/) ha realizzato una mappa di PGA (Peak Ground Acceleration) con valori di accelerazione massima al suolo per un periodo di ritorno di 475 anni che per il sito proposto variano da 0.13 g a 0.35 g (Figura 6-10).

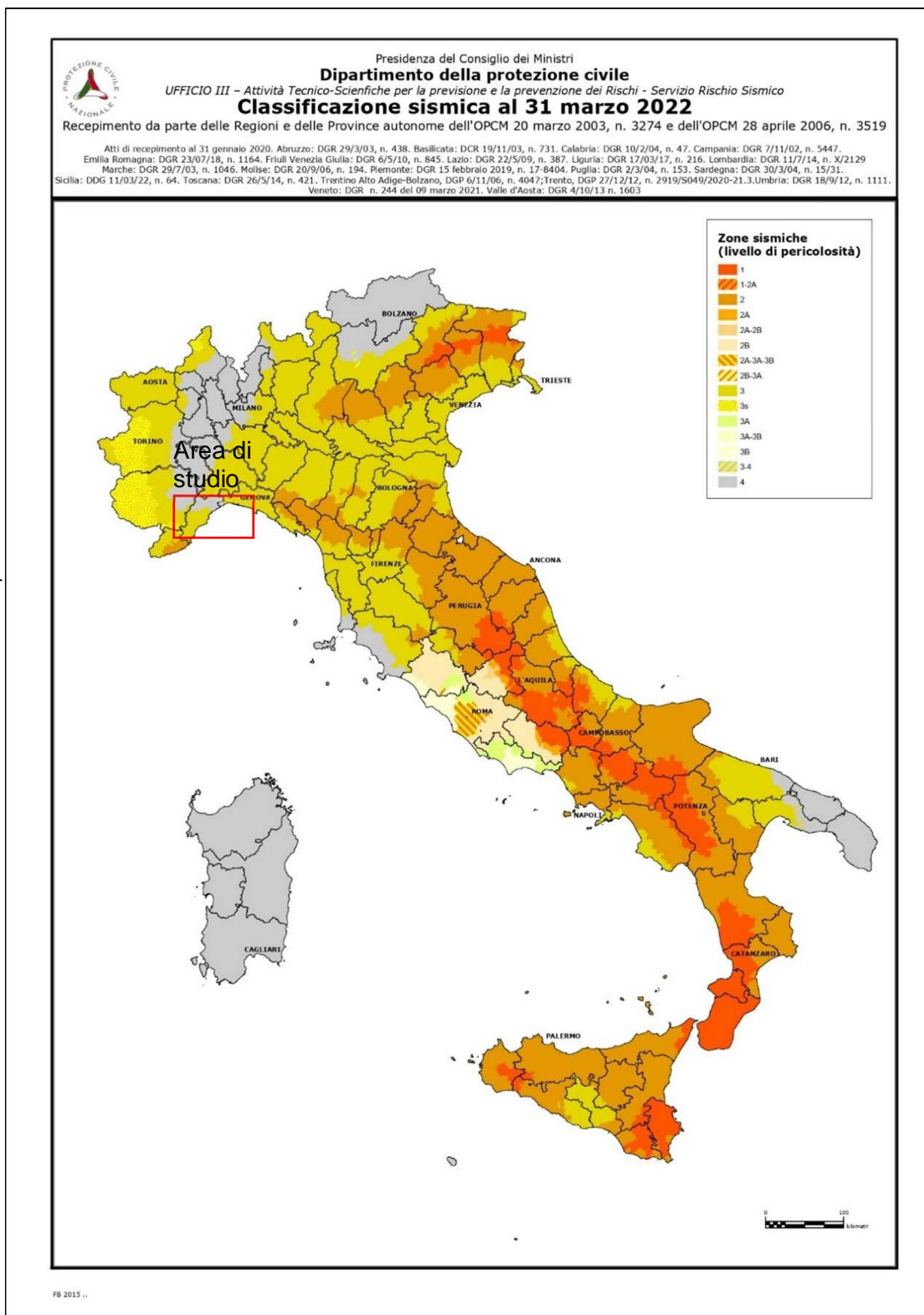
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 26 di 67	<b>Rev.</b> 2



**Figura 6-10 – Valori di PGA secondo il GEM per un periodo di ritorno di 475 anni.**

In conformità all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3274 del 2003, con la quale si stabiliscono i nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio italiano (livello di pericolosità), l’area in prossimità di Vado Ligure è classificata (nella zona a terra) come zona 3, avente accelerazione massima su suolo rigido > 800 ms ( $a_g$  compresa tra 0,05 g e 0,15 g per periodo di ritorno di 475 anni), nella quale la pericolosità sismica risulta bassa, ma può essere soggetta a scuotimenti modesti (Figura 6-11 e Figura 6-12).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 27 di 67	<b>Rev.</b> 2



**Figura 6-11 – Classificazione sismica del territorio italiano**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 28 di 67	<b>Rev.</b> 2

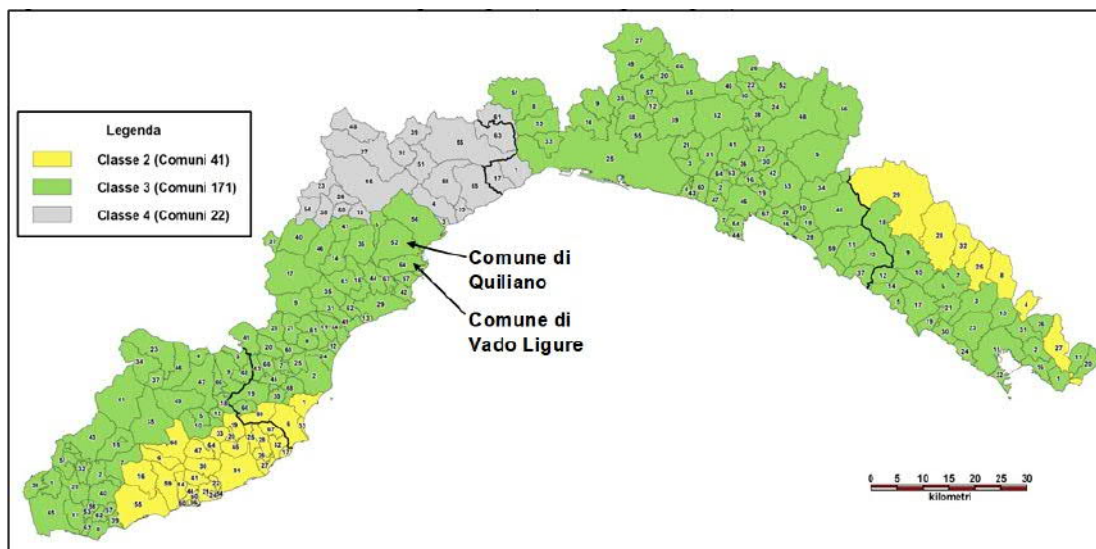


Figura 6-12 – Classificazione Sismica Regione Liguria secondo all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3274 del 2003.

### 6.10. Dati meteomarini

I dati meteomarini sono stati forniti da DHI Rif./19/ che hanno utilizzato i modelli MWM (Mediterranean Wind Wave Model) e MSPR (Mediterranean Sea Physics Re- analysis) per onda, vento, corrente e temperature. Il valore di Marine Growth (accrescimento marino) è stato estratto da Rif./21/.

### 6.11. Condizioni estreme

Le seguenti tabelle mostrano i valori estremi annuali direzionali e mensili omnidirezionali di vento (Tabella 6-5 e Tabella 6-6), onda (Tabella 6-7 e Tabella 6-8) e corrente a 5m sotto il livello del mare (b.s.l.) (Tabella 6-9, Tabella 6-10). Per quando riguarda la corrente, i valori estremi a differenti profondità possono essere ricavati applicando un profilo 1/7 come da normativa “DNVGL-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads” (Rif. /11/).



	<b>PROGETTISTA</b> SAIPEM	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 29 di 67	Rev. 2

SRG - FSRU - Dati DHI - Jan. 1979 - Dec. 2021 - FSRU-Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E																				
Estremi del Velocità del vento -10m sopra il livello medio del mare- Annuale																				
Tp	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	(°N)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)
0.0	22.6	20.4	18.7	17.3	26.5	23.7	21.6	20.0	30.0	26.7	24.3	22.3	33.3	29.5	26.7	24.5	36.3	32.2	29.0	26.5
30.0	13.7	12.5	11.6	10.9	19.3	17.5	16.1	15.0	25.1	22.5	20.6	19.0	31.0	27.7	25.1	23.0	37.2	32.9	29.6	27.0
60.0	10.4	9.6	8.9	8.4	13.8	12.6	11.7	10.9	17.1	15.5	14.3	13.4	20.4	18.5	17.0	15.8	23.8	21.4	19.6	18.1
90.0	13.5	12.3	11.4	10.7	18.0	16.3	15.1	14.1	22.6	20.4	18.7	17.3	27.4	24.5	22.3	20.6	32.3	28.8	26.0	23.9
120.0	14.9	13.6	12.6	11.8	20.4	18.4	16.9	15.8	26.2	23.5	21.4	19.8	32.4	28.9	26.1	24.0	39.0	34.4	30.9	28.2
150.0	14.3	13.1	12.1	11.4	20.1	18.2	16.7	15.6	26.2	23.5	21.4	19.8	32.5	28.9	26.1	24.0	39.1	34.5	31.0	28.2
180.0	15.9	14.5	13.4	12.6	20.3	18.3	16.8	15.7	24.4	22.0	20.1	18.6	28.5	25.4	23.1	21.3	32.4	28.8	26.1	23.9
210.0	18.5	16.8	15.5	14.4	22.8	20.6	18.8	17.5	26.8	24.0	21.9	20.2	30.6	27.2	24.7	22.7	34.1	30.3	27.4	25.1
240.0	13.8	12.6	11.7	11.0	18.9	17.1	15.8	14.7	23.9	21.5	19.6	18.2	28.8	25.8	23.4	21.6	33.7	30.0	27.1	24.8
270.0	8.8	8.1	7.6	7.1	12.4	11.3	10.5	9.9	15.9	14.4	13.4	12.5	19.3	17.5	16.1	15.0	22.7	20.5	18.8	17.4
300.0	16.8	15.3	14.1	13.2	21.7	19.6	18.0	16.7	26.2	23.5	21.5	19.8	30.6	27.3	24.7	22.7	34.8	30.8	27.8	25.5
330.0	23.6	21.2	19.4	18.0	26.0	23.3	21.2	19.6	28.1	25.1	22.9	21.1	30.0	26.8	24.3	22.4	31.8	28.3	25.6	23.5
Omnidir	25.4	22.8	20.8	19.3	29.2	26.1	23.7	21.8	32.7	29.1	26.3	24.1	36.1	31.9	28.8	26.3	39.3	34.6	31.1	28.3

Tabella 6-3: estremi di vento annuali direzionali per il sito di FSRU

SRG - FSRU - Dati DHI - Jan. 1979 - Dec. 2021 - FSRU-Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E																				
Estremi del Velocità del vento -10m sopra il livello medio del mare- Mensile																				
Tp	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	(°N)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)
Gennaio	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
Febbraio	21.4	19.3	17.7	16.5	24.7	22.2	20.3	18.8	27.5	24.7	22.4	20.7	30.1	26.9	24.4	22.4	32.5	28.9	26.2	24.0
Marzo	21.4	19.4	17.8	16.5	25.4	22.8	20.8	19.2	28.9	25.8	23.5	21.6	32.2	28.6	25.9	23.8	35.3	31.2	28.2	25.8
Aprile	19.7	17.9	16.4	15.3	23.8	21.4	19.5	18.1	27.4	24.6	22.4	20.6	30.9	27.5	24.9	22.9	34.2	30.3	27.4	25.1
Maggio	19.6	17.7	16.3	15.2	24.4	21.9	20.0	18.6	28.9	25.9	23.5	21.6	33.3	29.6	26.8	24.5	37.6	33.2	29.9	27.3
Giugno	16.9	15.3	14.2	13.2	20.6	18.7	17.1	16.0	24.2	21.7	19.9	18.4	27.5	24.6	22.4	20.7	30.7	27.4	24.8	22.8
Luglio	16.7	15.2	14.0	13.1	20.4	18.4	16.9	15.7	23.8	21.4	19.6	18.1	27.0	24.2	22.0	20.4	30.1	26.9	24.4	22.4
Agosto	16.5	15.0	13.8	12.9	19.9	18.0	16.5	15.4	23.0	20.8	19.0	17.6	26.0	23.3	21.3	19.7	28.8	25.7	23.4	21.6
Settembre	18.3	16.6	15.3	14.3	22.0	19.8	18.2	16.9	25.2	22.7	20.7	19.2	28.3	25.3	23.0	21.2	31.2	27.8	25.2	23.1
Ottobre	20.5	18.6	17.1	15.9	23.9	21.5	19.6	18.2	26.8	24.0	21.9	20.2	29.5	26.3	23.9	22.0	32.0	28.5	25.8	23.7
Novembre	22.7	20.4	18.7	17.4	26.2	23.5	21.4	19.8	29.3	26.1	23.7	21.9	32.1	28.5	25.8	23.7	34.7	30.7	27.7	25.4
Dicembre	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
Annuale	25.4	22.8	20.8	19.3	29.2	26.1	23.7	21.8	32.7	29.1	26.3	24.1	36.1	31.9	28.8	26.3	39.3	34.6	31.1	28.3

Tabella 6-4: estremi di vento mensili omnidirezionali per il sito di FSRU

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 30 di 67	<b>Rev.</b> 2

Estremi d'altezza di onda significativo Hs-Periodo di picco associato medio(Tp) e relativo intervallo di confidenza del 90%(Tp5%-Tp95%) - FSRU-Vado Ligure - Annuale																				
Direzione di Provenienza (°N)	Tp																			
	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)
0	1.11	6.99	4.91	9.55	1.29	7.36	5.27	9.92	1.46	7.64	5.54	10.19	1.61	7.86	5.76	10.39	1.75	8.04	5.94	10.55
30	1.31	7.40	5.30	9.95	1.51	7.72	5.62	10.26	1.68	7.96	5.86	10.48	1.83	8.14	6.05	10.64	1.97	8.29	6.21	10.78
60	1.39	7.53	5.43	10.08	1.61	7.87	5.77	10.40	1.81	8.12	6.02	10.62	1.99	8.31	6.22	10.79	2.15	8.46	6.38	10.91
90	1.61	7.87	5.77	10.40	1.96	8.28	6.19	10.76	2.26	8.56	6.49	11.00	2.54	8.76	6.71	11.16	2.80	8.92	6.89	11.29
120	2.39	8.65	6.59	11.07	3.05	9.06	7.05	11.39	3.70	9.33	7.38	11.57	4.34	9.52	7.63	11.69	4.96	9.67	7.82	11.78
150	3.08	9.07	7.07	11.40	4.04	9.44	7.52	11.64	4.99	9.68	7.83	11.78	5.94	9.85	8.06	11.86	6.90	9.97	8.24	11.91
180	3.53	9.26	7.30	11.53	4.45	9.55	7.67	11.71	5.35	9.75	7.93	11.82	6.24	9.89	8.12	11.88	7.11	9.99	8.28	11.92
210	3.09	9.07	7.07	11.40	3.74	9.34	7.40	11.58	4.35	9.53	7.63	11.70	4.92	9.66	7.81	11.77	5.46	9.77	7.95	11.82
240	1.07	6.89	4.82	9.45	1.29	7.36	5.27	9.92	1.47	7.67	5.57	10.21	1.63	7.89	5.79	10.42	1.76	8.06	5.97	10.57
270	0.87	6.37	4.34	8.91	1.07	6.91	4.83	9.46	1.23	7.25	5.16	9.80	1.37	7.49	5.39	10.04	1.48	7.68	5.58	10.22
300	0.85	6.30	4.28	8.83	1.05	6.85	4.78	9.41	1.22	7.21	5.13	9.77	1.36	7.48	5.38	10.03	1.48	7.68	5.58	10.22
330	0.92	6.50	4.46	9.04	1.12	7.00	4.92	9.56	1.29	7.36	5.26	9.91	1.45	7.64	5.53	10.18	1.60	7.86	5.76	10.39
Omnidir	3.67	9.32	7.37	11.57	4.54	9.58	7.69	11.73	5.41	9.76	7.94	11.82	6.26	9.89	8.13	11.88	7.12	10.00	8.28	11.92

Tabella 6-5: estremi di onda annuali direzionali per il sito di FSRU

Estremi d'altezza di onda significativo Hs-Periodo di picco associato medio(Tp) e relativo intervallo di confidenza del 90%(Tp5%-Tp95%) - FSRU-Vado Ligure - Mensile																				
Mese	Tp																			
	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	TP (s)	TP5% (s)	TP95% (s)
Gennaio	2.77	8.91	6.88	11.28	3.59	9.29	7.33	11.55	4.39	9.54	7.65	11.70	5.19	9.72	7.88	11.80	5.98	9.85	8.07	11.86
Febbraio	2.71	8.87	6.84	11.25	3.55	9.27	7.31	11.54	4.38	9.53	7.64	11.70	5.20	9.72	7.89	11.80	6.02	9.86	8.08	11.87
Marzo	2.62	8.81	6.77	11.20	3.35	9.19	7.21	11.48	4.06	9.44	7.52	11.65	4.74	9.62	7.76	11.75	5.41	9.76	7.94	11.82
Aprile	2.43	8.69	6.63	11.10	3.09	9.07	7.07	11.40	3.72	9.33	7.39	11.58	4.33	9.52	7.62	11.69	4.92	9.66	7.81	11.77
Maggio	2.28	8.57	6.50	11.01	2.98	9.02	7.01	11.36	3.68	9.32	7.37	11.57	4.36	9.53	7.63	11.70	5.04	9.69	7.84	11.79
Giugno	2.15	8.46	6.39	10.92	2.87	8.96	6.94	11.32	3.60	9.29	7.33	11.55	4.32	9.52	7.62	11.69	5.05	9.69	7.84	11.79
Luglio	1.84	8.15	6.05	10.65	2.46	8.70	6.65	11.12	3.08	9.07	7.07	11.40	3.71	9.33	7.38	11.58	4.35	9.53	7.63	11.70
Agosto	1.72	8.02	5.92	10.53	2.36	8.63	6.57	11.06	3.02	9.04	7.03	11.37	3.70	9.33	7.38	11.57	4.39	9.54	7.65	11.70
Settembre	2.18	8.48	6.41	10.94	2.93	8.99	6.98	11.34	3.68	9.32	7.37	11.57	4.45	9.55	7.66	11.71	5.22	9.72	7.89	11.80
Ottobre	3.11	9.09	7.09	11.41	4.09	9.45	7.54	11.65	5.05	9.69	7.85	11.79	5.99	9.85	8.07	11.86	6.91	9.97	8.25	11.91
Novembre	3.10	9.08	7.08	11.40	3.99	9.42	7.50	11.63	4.86	9.65	7.79	11.77	5.71	9.81	8.01	11.84	6.54	9.93	8.18	11.90
Dicembre	3.27	9.16	7.17	11.46	4.22	9.49	7.58	11.68	5.14	9.71	7.87	11.80	6.04	9.86	8.08	11.87	6.92	9.97	8.25	11.91

Tabella 6-6: estremi di onda mensili omnidirezionali per il sito di FSRU

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 31 di 67	<b>Rev.</b> 2

Estremi Direzionale delle Correnti- 5m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale						
Velocità della corrente - 5 m s.l.m.						
	Tp	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year
Direzione della Corrente	(to - °N)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)
	0	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
	30	0.18	0.22	0.25	0.28	0.31
	60	0.15	0.21	0.27	0.32	0.37
	90	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19
	120	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17
	150	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17
	180	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21
	210	0.34	0.40	0.45	0.51	0.55
	240	0.39	0.45	0.52	0.58	0.64
	270	0.12	0.17	0.22	0.26	0.31
	300	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
	330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
Omnidir	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65	

Tabella 6-7: estremi di corrente annuali direzionali per il sito di FSRU - 5 m b.s.l.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 32 di 67	<b>Rev.</b> 2

<i>Estremi mensile delle Correnti- 5m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>					
<i>Velocità della corrente - 5 m s.l.m.</i>					
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<i>Mese</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Gennaio</b>	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
<b>Febbraio</b>	0.22	0.28	0.33	0.37	0.42
<b>Marzo</b>	0.32	0.41	0.49	0.57	0.65
<b>Aprile</b>	0.34	0.43	0.50	0.58	0.65
<b>Maggio</b>	0.32	0.39	0.44	0.50	0.55
<b>Giugno</b>	0.27	0.32	0.36	0.40	0.44
<b>Luglio</b>	0.29	0.35	0.41	0.46	0.51
<b>Agosto</b>	0.28	0.35	0.41	0.47	0.53
<b>Settembre</b>	0.31	0.38	0.45	0.51	0.57
<b>Ottobre</b>	0.28	0.33	0.38	0.43	0.47
<b>Novembre</b>	0.32	0.40	0.47	0.53	0.60
<b>Dicembre</b>	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
<b>Annuale</b>	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65

Tabella 6-8: estremi di corrente mensili omnidirezionali per il sito di FSRU – 5 m b.s.l.

### 6.10.1 Clima

Le tabelle seguenti mostrano i climi annuali (scatter diagram) di vento (Tabella 6-11), onda (Tabella 6-12 e Tabella 6-13) e corrente a 5m di profondità rispetto al MSL (Tabella 6-14)



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 33 di 67	<b>Rev.</b> <b>2</b>

Annuale - Ws (m/s) / Dir(°N) -Dati DHI - FSRU- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																							
Dir (°N)	Ws(m/s)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Total
0.0	0.549	1.540	2.022	2.091	2.012	1.768	1.487	1.246	0.962	0.749	0.594	0.413	0.294	0.152	0.065	0.037	0.016	0.006	0.003	0.001	0.001	0.000	16.010
30.0	0.591	1.548	1.280	0.636	0.274	0.110	0.067	0.033	0.025	0.016	0.008	0.007	0.003	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.604
60.0	0.627	1.623	1.346	0.776	0.398	0.149	0.046	0.013	0.005	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.990
90.0	0.629	1.722	1.897	1.227	0.690	0.365	0.144	0.062	0.019	0.007	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.774
120.0	0.611	1.714	2.091	1.362	0.732	0.395	0.219	0.102	0.034	0.021	0.015	0.012	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.319
150.0	0.507	1.544	1.788	1.114	0.544	0.231	0.097	0.039	0.021	0.013	0.007	0.008	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.923
180.0	0.408	1.162	1.508	1.084	0.701	0.446	0.267	0.153	0.073	0.040	0.023	0.015	0.013	0.006	0.006	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.907
210.0	0.329	0.703	0.885	0.905	0.756	0.546	0.365	0.267	0.184	0.123	0.097	0.052	0.044	0.032	0.014	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.310
240.0	0.293	0.409	0.367	0.287	0.172	0.099	0.059	0.041	0.027	0.016	0.011	0.006	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.790
270.0	0.284	0.348	0.213	0.118	0.063	0.038	0.019	0.006	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.094
300.0	0.332	0.497	0.359	0.250	0.194	0.151	0.128	0.106	0.079	0.068	0.044	0.024	0.013	0.007	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.260
330.0	0.440	1.064	1.423	1.878	2.661	3.498	4.171	4.744	4.972	4.578	3.558	2.330	1.438	0.713	0.330	0.144	0.054	0.014	0.005	0.003	0.001	0.000	38.018
Omnidir	5.600	13.875	15.179	11.728	9.198	7.795	7.069	6.813	6.404	5.637	4.361	2.873	1.817	0.920	0.428	0.193	0.075	0.021	0.008	0.003	0.002	0.000	100.000

Tabella 6-9: scatter diagram Ws(m/s) vs Dir(°N) – FSRU

Annuale - Hs (m) / Dir(°N) -Dati DHI - FSRU -Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Frequenza di Occorrenza(%)																							
Dir (°N)	Hs (m)																						
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	Total		
0.0	0.471	4.707	2.584	0.355	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.142	
30.0	0.610	3.194	3.028	0.972	0.170	0.014	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.988	
60.0	0.802	1.572	1.492	0.823	0.235	0.031	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.957	
90.0																							3.702
120.0	4.414	3.755	2.219	1.210	0.554	0.229	0.106	0.038	0.023	0.008	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.563	
150.0	5.898	6.444	3.170	1.453	0.718	0.409	0.205	0.111	0.072	0.037	0.028	0.015	0.008	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	18.576	
180.0	6.808	8.571	4.833	2.943	1.724	0.937	0.573	0.299	0.175	0.093	0.051	0.034	0.019	0.010	0.005	0.005	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	27.085	
210.0	3.140	2.823	2.368	2.058	1.396	0.865	0.509	0.315	0.157	0.095	0.043	0.025	0.011	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.812	
240.0	0.051	0.193	0.241	0.070	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.569	
270.0	0.042	0.148	0.127	0.025	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.343	
300.0	0.088	0.219	0.135	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.466	
330.0	0.240	1.101	0.389	0.059	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.795	
Omnidir	23.412	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	100.000	

Tabella 6-10: scatter diagram Hs(m) vs Dir(°N) – FSRU

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 34 di 67	<b>Rev.</b> 2

Annuale- Hs(m) / Tp(s) -Dati DHI- Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																					
Tp(sec)	Hs (m)																				Total
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	
1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	0.980	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.0	6.514	8.229	3.418	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.0	9.565	7.145	2.758	0.894	0.065	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.0	3.202	9.884	3.998	1.170	0.273	0.024	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6.0	1.415	3.147	4.794	2.352	0.788	0.257	0.057	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.0	0.734	1.767	1.880	2.030	1.385	0.669	0.302	0.125	0.052	0.012	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8.0	0.543	1.613	2.182	1.741	0.991	0.647	0.424	0.252	0.146	0.089	0.054	0.024	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9.0	0.307	1.101	1.522	1.375	0.873	0.516	0.287	0.163	0.112	0.062	0.036	0.029	0.017	0.010	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
10.0	0.110	0.449	0.662	0.637	0.455	0.283	0.213	0.128	0.064	0.041	0.018	0.013	0.010	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
11.0	0.028	0.129	0.211	0.213	0.178	0.103	0.089	0.067	0.038	0.024	0.010	0.005	0.003	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
12.0	0.007	0.034	0.064	0.055	0.059	0.058	0.026	0.020	0.009	0.006	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13.0	0.000	0.006	0.015	0.022	0.018	0.009	0.010	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.0	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	23.410	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	99.998

Tabella 6-11: scatter diagram Hs(m) vs Tp(sec) – FSRU

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 35 di 67	<b>Rev.</b> 2

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -5m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	3.522	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.522
30	9.436	0.592	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.029
60	2.074	0.092	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.166
90	0.413	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.413
120	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.265
150	0.361	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.361
180	1.155	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.159
210	18.780	10.042	0.878	0.019	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.722
240	28.069	12.846	1.930	0.101	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.959
270	4.138	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.172
300	2.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.082
330	2.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.086
Total	72.380	23.609	2.810	0.121	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.936

Tabella 6-12: scatter diagram Cs(m/s) vs Dir(°N) – FSRU

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 36 di 67	<b>Rev.</b> 2

### 6.10.3 Idrologia

La tabella di seguito mostra, per ogni mese, la media delle medie giornaliere, il massimo delle medie giornaliere e il minimo delle medie giornaliere.

<i>Media della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35
Febbraio	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
Marzo	13.51	13.46	13.45	13.45	13.45	13.45
Aprile	14.41	14.24	14.09	13.99	13.85	13.72
Maggio	17.50	17.03	16.31	15.61	14.72	14.06
Giugno	21.46	20.71	19.35	17.36	15.23	14.19
Luglio	24.47	23.83	21.69	18.29	15.44	14.22
Agosto	25.27	24.99	23.14	19.09	15.69	14.29
Settembre	23.20	23.15	22.99	20.65	16.36	14.44
Ottobre	20.72	20.72	20.72	20.65	18.57	14.93
Novembre	18.15	18.16	18.16	18.17	18.10	16.22
Dicembre	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.83

**Tabella 6-13:** *media delle medie giornaliere della temperatura (°C) mensili lungo la colonna d'acqua*

<i>Massima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.20
Febbraio	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86
Marzo	14.84	14.48	14.42	14.45	14.44	14.44
Aprile	18.16	17.71	15.79	15.62	15.25	14.98
Maggio	22.65	21.00	19.57	17.70	16.31	15.09
Giugno	26.80	25.44	23.18	20.58	17.33	15.19
Luglio	28.75	27.27	26.43	22.79	18.86	15.03
Agosto	28.58	28.23	26.13	24.24	18.05	15.11
Settembre	26.17	26.17	25.74	24.31	20.78	15.65
Ottobre	23.55	23.52	23.52	23.51	22.59	20.10
Novembre	20.67	20.66	20.66	20.66	20.42	19.77
Dicembre	18.30	18.31	18.33	18.37	18.41	18.33

**Tabella 6-14:** *massimo delle medie giornaliere della temperatura (°C) mensili lungo la colonna d'acqua*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 37 di 67	<b>Rev.</b> <b>2</b>

<i>Minima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08
Febbraio	12.50	12.56	12.72	12.76	12.76	12.76
Marzo	12.40	12.48	12.65	12.66	12.66	12.66
Aprile	12.61	12.61	12.60	12.61	12.62	12.63
Maggio	14.19	14.16	14.10	13.95	13.45	13.00
Giugno	17.55	17.38	16.31	14.97	13.81	13.28
Luglio	21.09	20.80	17.98	15.75	14.10	13.44
Agosto	22.82	22.65	19.86	16.45	14.09	13.42
Settembre	20.66	20.66	20.66	16.75	14.37	13.45
Ottobre	17.70	17.76	17.84	17.86	14.55	13.71
Novembre	15.17	15.17	15.17	15.17	15.17	12.99
Dicembre	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78

**Tabella 6-15:** *minimo delle medie giornaliere della temperatura (°C) mensili lungo la colonna d'acqua*

<i>Media della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.02	38.02	38.02	38.02	38.02	38.03
Febbraio	38.05	38.05	38.05	38.05	38.05	38.06
Marzo	38.03	38.03	38.04	38.04	38.05	38.06
Aprile	37.95	37.95	37.97	37.98	38.00	38.03
Maggio	37.82	37.83	37.85	37.90	37.96	38.02
Giugno	37.85	37.85	37.85	37.89	37.96	38.04
Luglio	38.00	37.98	37.93	37.92	37.97	38.06
Agosto	38.13	38.12	38.03	37.95	37.97	38.06
Settembre	38.10	38.11	38.10	37.99	37.95	38.05
Ottobre	38.04	38.05	38.05	38.05	37.98	38.00
Novembre	38.01	38.02	38.02	38.02	38.02	38.00
Dicembre	38.01	38.01	38.01	38.01	38.02	38.02

**Tabella 6-16:** *media delle medie giornaliere della salinità (psu) mensili lungo la colonna d'acqua*

<i>Massima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.36	38.36
Febbraio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35
Marzo	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34
Aprile	38.30	38.31	38.32	38.32	38.32	38.32
Maggio	38.17	38.17	38.18	38.21	38.24	38.26
Giugno	38.30	38.27	38.22	38.20	38.23	38.29
Luglio	38.43	38.43	38.33	38.17	38.23	38.29
Agosto	38.46	38.46	38.43	38.35	38.23	38.29
Settembre	38.45	38.45	38.45	38.38	38.22	38.27
Ottobre	38.36	38.36	38.36	38.35	38.31	38.23
Novembre	38.29	38.29	38.29	38.29	38.28	38.25
Dicembre	38.27	38.27	38.27	38.27	38.27	38.25

**Tabella 6-17:** *massimo delle medie giornaliere della salinità (psu) mensili lungo la colonna d'acqua*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 38 di 67	<b>Rev.</b> <b>2</b>

<i>Minima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	37.74	37.77	37.77	37.77	37.77	37.79
Febbraio	37.70	37.81	37.82	37.82	37.82	37.84
Marzo	37.39	37.46	37.71	37.80	37.80	37.82
Aprile	37.16	37.31	37.52	37.63	37.78	37.81
Maggio	37.27	37.41	37.49	37.64	37.74	37.80
Giugno	37.31	37.36	37.41	37.57	37.74	37.81
Luglio	37.26	37.37	37.39	37.54	37.74	37.86
Agosto	37.28	37.71	37.67	37.68	37.75	37.86
Settembre	36.90	37.47	37.63	37.66	37.73	37.89
Ottobre	37.22	37.51	37.60	37.60	37.64	37.77
Novembre	37.05	37.32	37.55	37.67	37.67	37.74
Dicembre	37.46	37.57	37.68	37.71	37.71	37.73

**Tabella 6-18:** minimo delle medie giornaliere della salinità (psu) mensili lungo la colonna d'acqua

<i>Media della Densità media giornaliera psu (kg/m3) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1028.45	1028.47	1028.52	1028.58	1028.68	1028.82
Febbraio	1028.64	1028.66	1028.71	1028.77	1028.86	1029.01
Marzo	1028.64	1028.67	1028.73	1028.79	1028.89	1029.04
Aprile	1028.38	1028.44	1028.53	1028.62	1028.77	1028.96
Maggio	1027.56	1027.70	1027.94	1028.20	1028.54	1028.88
Giugno	1026.55	1026.77	1027.18	1027.78	1028.43	1028.87
Luglio	1025.77	1025.97	1026.61	1027.57	1028.39	1028.88
Agosto	1025.63	1025.73	1026.26	1027.38	1028.33	1028.86
Settembre	1026.24	1026.27	1026.36	1027.00	1028.16	1028.82
Ottobre	1026.89	1026.92	1026.97	1027.04	1027.63	1028.68
Novembre	1027.55	1027.57	1027.62	1027.68	1027.79	1028.38
Dicembre	1028.09	1028.11	1028.16	1028.22	1028.32	1028.48

**Tabella 6-19:** media delle medie giornaliere della densità (kg/m3) mensili lungo la colonna d'acqua

<i>Massima della Densità media giornaliera (kg/m3) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1028.98	1029.00	1029.05	1029.10	1029.21	1029.36
Febbraio	1029.10	1029.10	1029.12	1029.17	1029.27	1029.41
Marzo	1029.11	1029.11	1029.13	1029.18	1029.28	1029.43
Aprile	1029.04	1029.06	1029.12	1029.18	1029.27	1029.42
Maggio	1028.60	1028.63	1028.70	1028.81	1029.04	1029.30
Giugno	1027.92	1027.96	1028.23	1028.58	1028.95	1029.26
Luglio	1027.09	1027.19	1027.90	1028.38	1028.89	1029.23
Agosto	1026.62	1026.69	1027.49	1028.35	1028.89	1029.23
Settembre	1027.22	1027.24	1027.29	1028.30	1028.82	1029.21
Ottobre	1027.93	1027.93	1027.96	1028.00	1028.85	1029.12
Novembre	1028.48	1028.50	1028.54	1028.60	1028.69	1029.29
Dicembre	1028.77	1028.79	1028.84	1028.89	1028.99	1029.12

**Tabella 6-20:** massimo delle medie giornaliere della densità (kg/m3) mensili lungo la colonna d'acqua

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 39 di 67	<b>Rev.</b> 2

Minima della Densità media giornaliera psu (kg/m <sup>3</sup> ) - FSRU-Vado Ligure						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1027.81	1027.85	1027.90	1027.96	1028.06	1028.22
Febbraio	1028.09	1028.19	1028.25	1028.31	1028.41	1028.57
Marzo	1027.85	1028.01	1028.26	1028.38	1028.48	1028.65
Aprile	1026.89	1027.14	1027.81	1027.99	1028.29	1028.52
Maggio	1025.76	1026.35	1026.85	1027.50	1028.01	1028.48
Giugno	1024.53	1025.01	1025.78	1026.69	1027.76	1028.47
Luglio	1023.85	1024.44	1024.77	1026.05	1027.38	1028.54
Agosto	1023.92	1024.38	1025.08	1025.73	1027.59	1028.53
Settembre	1024.42	1024.87	1025.17	1025.69	1026.86	1028.43
Ottobre	1025.46	1025.71	1025.82	1025.88	1026.28	1027.22
Novembre	1026.15	1026.38	1026.60	1026.75	1026.91	1027.28
Dicembre	1027.09	1027.19	1027.31	1027.38	1027.47	1027.65

Tabella 6-21: minima delle medie giornaliere della densità (kg/m<sup>3</sup>) mensili lungo la colonna d'acqua

#### 6.10.4 Crescita Marina (Marine Growth)

Alcuni dati disponibili da progetti Oil & Gas e studi accademici danno valori di spessore fino a circa 10cm nei primi 20m di acqua e fino a circa 7cm da 20m a 70m di profondità. La densità varia da 1300 Kg/m<sup>3</sup> a 1650 kg/m<sup>3</sup> (Rif./21/).

#### 6.10.5 Livello del mare

I livelli di marea, disponibili nell'area portuale e riportati al largo sono riportati nella seguente tabella (Rif. /19/:

LAT (m)	MSL (m)	HAT (m)
-0.23	0	0.24

Tabella 6-22: Livelli di marea

Legenda: LAT (Lowest astronomical tide/la più bassa marea astronomica), HAT (Highest astronomical tide/ la più alta marea astronomica), MSL( Mean sea level/Livello medio del mare)

I livelli estremi della componente residua del livello del mare sono riportati nella seguente tabella:

Storm surge (m)							
Return period (year)							
Surge	1	5	10	50	100	1000	10000
Positive	0.41	0.47	0.49	0.55	0.57	0.64	0.72
Negative	-0.33	-0.38	-0.39	-0.43	-0.45	-0.50	-0.56

Tabella 6-23: Livelli estremi della componente residua (positiva e negativa)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 40 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 7. CONDOTTA SOTTOMARINA PER TRASPORTO GAS

Le attività di progettazione svolte per il progetto in esame sono di seguito riassunte:

- definizione del corridoio di posa;
- definizione degli attraversamenti;
- definizione approdo costiero;
- studi idraulici;
- dimensionamento della condotta;
- analisi di stabilità della condotta sul fondo;
- filosofia di protezione catodica;
- studio di sicurezza sottomarina.

Di seguito una breve descrizione della metodologia usata e risultati per lo sviluppo delle attività di cui sopra.


### 7.1. Definizione del corridoio di posa

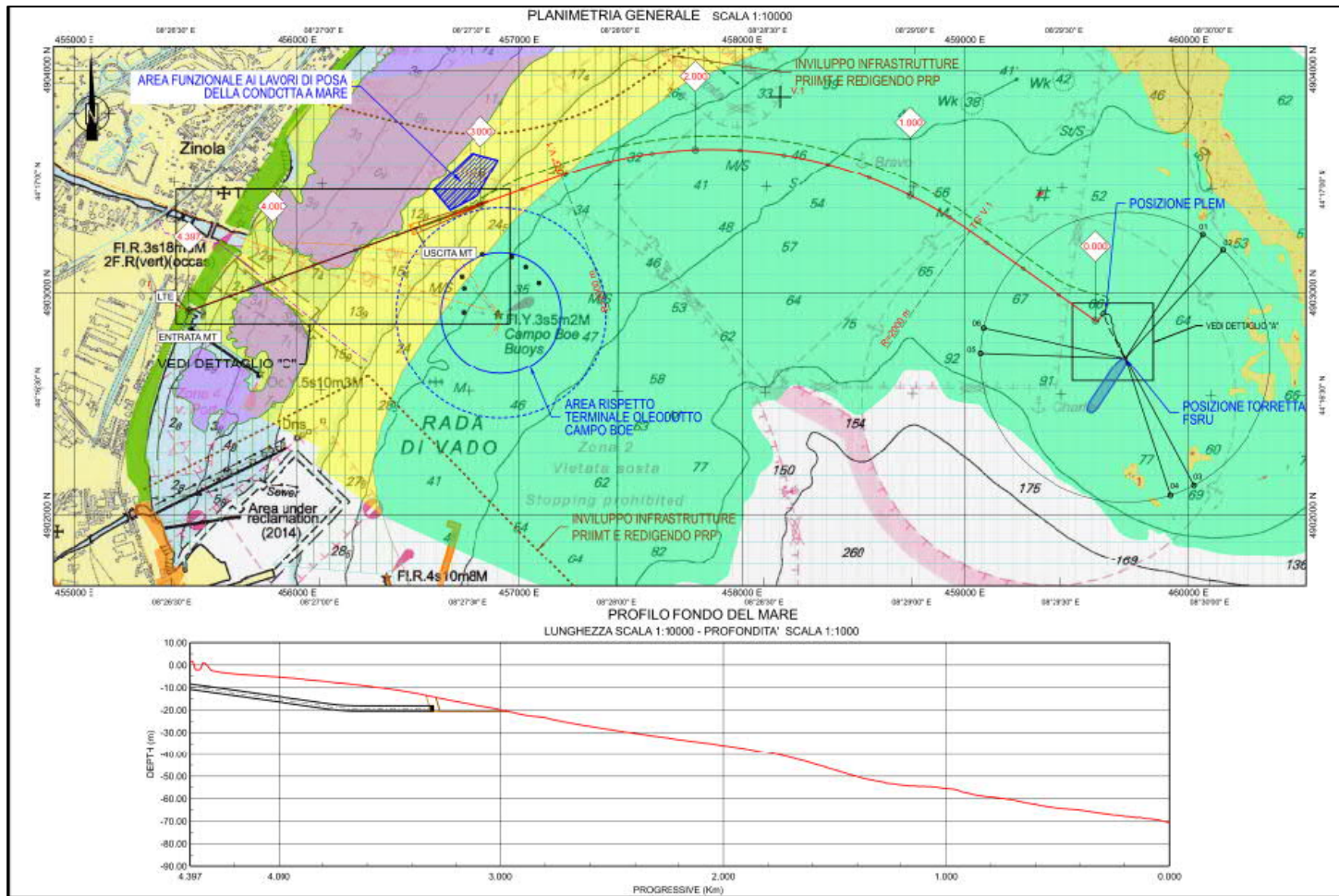
La rotta a mare (condotta da 26" di diametro) si sviluppa su una lunghezza di circa 4.300 km tra zona in prossimità della FSRU ad una profondità di circa 90 m, e l'approdo ubicato nei pressi della città di Vado Ligure, in provincia di Savona.

Il tracciato a mare mantiene un andamento curvilineo in direzione SE-NW tra la FSRU e l'isobata dei 50 m per poi assumere un andamento NE-SW verso l'isobata dei 30 m, attraverso due curve con raggio di curvatura di 2000 m. Lungo il tratto costiero, con curvatura di 3000 m si passa dalla profondità di 30 m, poco prima dell'uscita del MT, alla costa.





<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-300-E-12000</b>
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 41 di 67



**Figura 7-1 – Andamento generale della condotta e profilo batimetrico,  
(Rif. DWG-300-D-12080\_Tracciato Allacciamento FSRU Vado Ligure)**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 42 di 67	<b>Rev.</b> 2

La rotta selezionata attraversa una zona di cymodocea nodosa che risulta sottopassata e non interferita grazie all'attraversamento dell'area con il microtunnel. Il tracciato a mare ricade nella zona definita come "Santuario Cetacei".


## 7.2. Definizione approdo costiero della condotta sottomarina

L'approdo costiero della condotta è previsto tramite tecnologia trenchless, in particolare tramite la realizzazione di un "microtunnel" (**Rif. DWG-300-D-12060 – Shore approach - microtunnel**).

Tale soluzione tecnica permette di attraversare la linea di costa e la spiaggia senza lo scavo di una trincea nel tratto onshore; il punto di uscita a mare è localizzato ad una distanza preliminare di ca. 1.1km dall'entrata del tunnel ad una profondità d'acqua di circa 14.0m.

Il profilo del microtunnel nel piano verticale, da definirsi in sede di ingegneria di dettaglio, dovrà essere caratterizzato da una curvatura di opportuno raggio, in maniera tale da garantire che il peso proprio della condotta permetta di seguire il più possibile la curvatura del tunnel. In caso di curvature eccessive, infatti, potrebbero attivarsi elevate forze di contatto locali dovute alla forza di tiro.



<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 43 di 67

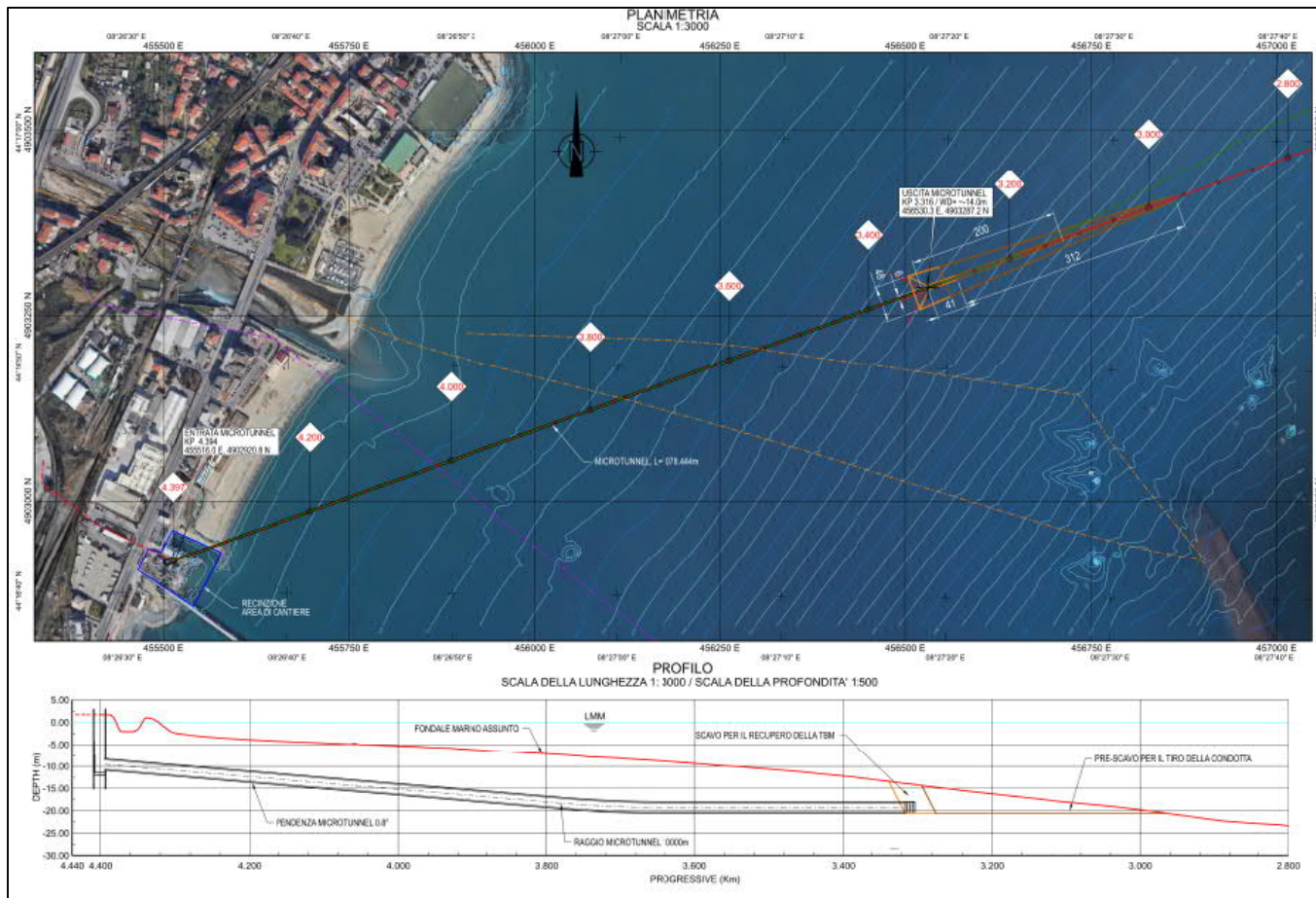


Figura 7-3 – Microtunnel e approdo costiero

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 44 di 67	<b>Rev.</b> 2

### Microtunnel

L'opera in microtunnel consiste nella realizzazione di un tunnel di piccolo diametro, tipicamente con diametro interno dell'ordine di 2 m, mediante trivellazione con macchina di perforazione (Tunnel Boring Machine – TBM) teleguidata, basata sull'avanzamento di uno scudo cilindrico cui è applicato frontalmente un sistema di scavo.

L'azione di avanzamento è esercitata da martinetti idraulici, sistemati in un pozzo di spinta, che agiscono sui conci tubolari di calcestruzzo di rivestimento del tunnel. Lo scopo di tale sistema è quello di stabilizzare sia il fronte di scavo, sia le pareti laterali, controllando la stabilità grazie all'immediata collocazione del rivestimento definitivo del tunnel in calcestruzzo, e di limitare gli effetti di disturbo e/o di rischio indotti sull'ambiente circostante. Martinetti idraulici intermedi possono essere utilizzati in posizioni discrete lungo il microtunnel per ridurre i valori di spinta nel pozzo di ingresso.

Per la realizzazione del microtunnel è previsto l'utilizzo di una fresa a sezione integrale con bilanciamento della pressione idrostatica sul fronte di scavo tramite fanghi di perforazione (slurry). La funzione dei fanghi è di trasportare, all'interno del condotto di ritorno dal fronte di scavo, posizionato all'interno del microtunnel stesso, il materiale di risulta sotto forma di sospensione.

Il circuito fanghi è un sistema chiuso, ovvero il fluido viene recuperato assieme al materiale scavato al fronte. La miscela di materiale scavato e slurry non viene dispersa in mare ma recuperata e riutilizzata o smaltita secondo le disposizioni di legge.

L'avanzamento della TBM è guidato da un sistema laser che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali errori di traiettoria e di applicare conseguentemente le necessarie correzioni.

Quando la TBM ha raggiunto la posizione finale prevista, in corrispondenza del pozzo di uscita a mare, la TBM viene recuperata da mezzi marini mediante uno scavo.

Terminata l'esecuzione del microtunnel, viene varato al suo interno il cavo di tiro che permetterà poi l'installazione della condotta, saldata a bordo del pontone di varo e tirata da mare verso terra tramite un verricello posto a terra.

La rimanente intercapedine tra condotta e microtunnel rimarrà allagata.

### Cantiere e Pozzo di spinta a terra

Per realizzare il microtunnel occorrerà preventivamente costruire un'area di cantiere a terra, in cui è previsto che venga realizzata, con l'infissione di palancole (o altri sistemi di sostegno), una postazione di partenza del microtunnel, generalmente nominata "pozzo di spinta".

La seguente figura mostra uno schema concettuale dell'area di cantiere del Microtunnel e del pozzo di spinta.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 45 di 67	<b>Rev.</b> 2

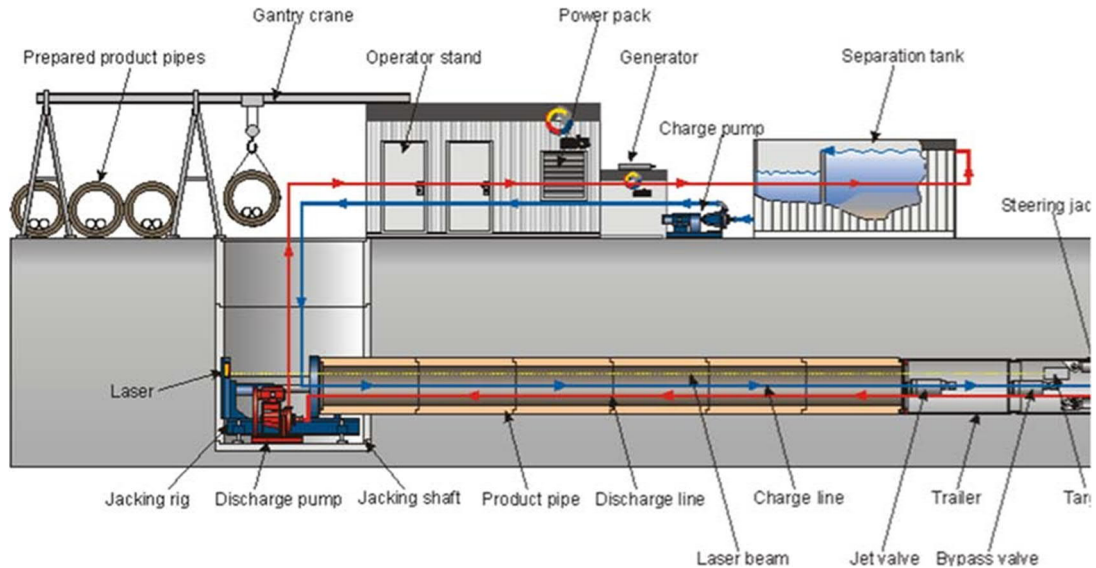
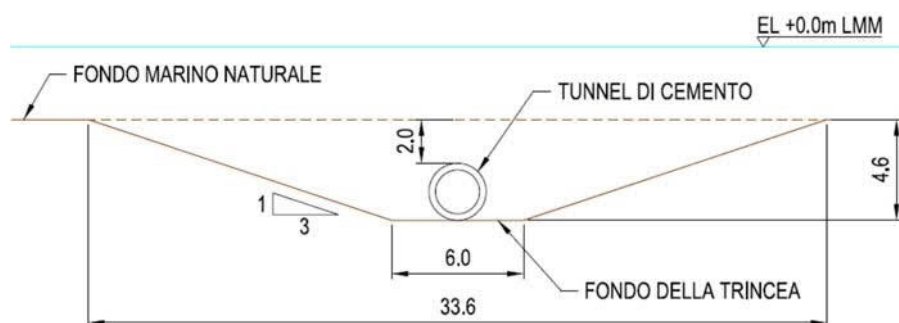


Figura 7-4 – Area di cantiere del Microtunnel e pozzo di spinta - Schema concettuale

#### Pozzo di uscita a mare

All'uscita a mare del microtunnel si deve scavare una trincea temporanea (di circa 41m di lunghezza), avente lo scopo di garantire il recupero della TBM e raccordarsi con il pre-scavo realizzato in precedenza per il tiro e varo della condotta (Rif. Allegato 11.7) .

La Figura seguente mostra una tipica sezione trasversale della trincea a ridosso dell'uscita del microtunnel.



La geometria della trincea temporanea all'uscita del microtunnel sarà definita in sede di ingegneria di dettaglio. La profondità del punto di uscita dovrà essere definita in maniera tale che la copertura del terreno sopra la TBM sia tale da garantirne la stabilità della traiettoria nel tratto terminale del suo tragitto.

Larghezza e lunghezza della trincea saranno invece principalmente dettate dagli ingombri della TBM, dagli spazi richiesti dalle operazioni di recupero della TBM, dalle tolleranze di installazione e dal profilo di raccordo del fondo scavo con il resto del pre-scavo ad essa adiacente. Le pendenze laterali della trincea saranno definite in maniera da garantire la stabilità delle pareti di scavo. Maggiori dettagli della planimetria contenute

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 46 di 67	<b>Rev.</b> 2

indicazioni delle aree potenzialmente interessate dai lavori in fase di cantiere sono riportati in Rif. Allegato 11.6.

La conformazione del fondale sarà ripristinata al termine dei lavori. La possibilità di riutilizzare, totalmente o parzialmente, il materiale di scavo della trincea sarà valutato in termini di requisiti ingegneristici (ad esempio in termini di requisiti rispetto alla liquefazione) e in termini di requisiti delle autorità (ad esempio caratterizzazione dei sedimenti e delle aree di intervento).

Il materiale di scavo del pozzo di uscita e del pre-scavo è stimato preliminarmente in ca. 10000m<sup>3</sup>.

L'area interessate dalla deposizione del materiale di scavo sarà definita in uno studio idraulico dedicato ed andrà opportunamente limitata con l'utilizzo di palancole metalliche da rimuovere a fine lavori. Lo scavo dovrà quindi esser ampliato per predisporre la sezione di transizione per le operazioni di tiro della condotta all'interno del microtunnel.

La fase di scavo richiederà l'utilizzo di mezzi appositi. Nei lavori marini di scavo oltre ad imbarcazioni a basso pescaggio per il trasporto di personale e materiale e per i rilievi ed il monitoraggio dei lavori, vengono utilizzati mezzi specifici, quali (vedi figura seguente):

- ✓ escavatore a benna, su pontone o a terra, per l'esecuzione dello scavo in corrispondenza delle acque poco profonde;



Figura 7-5 – Tipici di Escavatori per Basso Fondale

o per profondità maggiori:

- ✓ escavatore e/o draga meccanica a tazze montata su chiatta e/o draga idraulica aspirante, per le sezioni dello scavo da compiere in corrispondenza di fondali aventi profondità maggiori.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 47 di 67	<b>Rev.</b> 2

### 7.3. Studio idraulico

Lo scopo delle analisi idrauliche è di verificare la capacità di trasporto della condotta sottomarina e verificare l'adeguatezza della relativa massima pressione di design. In questa sezione vengono riportati i dati di input e la metodologia considerati nelle analisi e i relativi risultati.

Il modello di simulazione realizzato per le analisi include tutti gli elementi dedicati al trasporto idraulico da KP 0 (a quota -87 m) fino all'impianto a terra Impianto PDE e impianto di regolazione.

In particolare, i seguenti elementi sono inclusi nello studio idraulico:

- Condotta di trasporto gas sottomarina DN 650 (26") dal PLEM fino a connessione con condotta a terra (lunghezza 4.186 km circa)
- Condotta di trasporto gas a terra DN 650 (26") da approdo della condotta sottomarina a connessione con l'impianto a terra Impianto PDE e impianto di regolazione (lunghezza 2.120 km circa)

Nelle analisi sono state considerate la composizione e le proprietà fisiche del gas denominato GNL "pesante", come riportato nella tabella seguente:

GNL	
COMPONENTI	PERCENTUALE MOLARE [%]
Metano	89.57
Etano	6.89
Propano	2.61
n-Butano	0.48
i-Butano	0.3
n-Pentano	0.02
i-Pentano	0.03
Azoto	0.1
Proprietà	Valore
Temperatura Ebollizione @ 147 mbarg [°C]	-159
Densità @ Punto Ebollizione [kg/m <sup>3</sup> ]	459.7

Le analisi idrauliche sono state eseguite in via preliminare per la portata massima di gas prodotta da FSRU con la relativa temperatura del gas (i.e. all'uscita da FSRU), come da seguente tabella:

Temperatura °C	Portata del Gas		
	-	MMSCFD	BSCM/y
14	Massima	750	7.75

Tabella 7-1 – Portata del Gas prodotta da FSRU con temperatura associata

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 48 di 67	<b>Rev.</b> 2

Per il caso analizzato, le seguenti condizioni operative sono considerate all'uscita della condotta di trasporto gas a terra:

- Pressione operativa all'impianto a terra PDE di Quiliano: assunta nell'intervallo 55 ÷ 80 barg;
- Temperatura del fluido in uscita da mantenere nell'intervallo di 4 ÷ 50°C.

Sono stati analizzati due scenari per coprire l'intervallo di pressione operativa all'uscita della condotta a terra (in ingresso all'impianto PDE).

Di seguito vengono riportati i casi analizzati e i relativi risultati in termini di pressione richiesta per la condotta sottomarina all'ingresso (a KP 0 a quota -87 m), e all'uscita a terra, fissando a monte del PDE i valori di 55 e 80 barg rispettivamente:

Portata del Gas	Temperatura	Pressione	Pressione	Pressione
	ingresso condotta sottomarina (a KP 0)		Uscita Condotta sottomarina	Uscita Condotta a terra (a PDE)
<b>MMSCFD</b>	<b>°C</b>	<b>barg</b>	<b>barg</b>	<b>barg</b>
750	14	59.8	56.5	55
750	14	83.6	81	80

Tabella 7-2 – Portata del Gas prodotta da FSRU con temperatura associata

Sulla base dei risultati, la massima pressione di design proposta per la condotta sottomarina di **100 barg** risulta adeguata.

Il presente studio idraulico è da considerarsi preliminare e deve essere riconfermato nelle successive fasi di ingegneria.

#### 7.4. Dimensionamento della condotta

##### Dimensionamento in accordo allo Standard DNV ST-F101

La valutazione dello spessore è stata eseguita in accordo alle DNV ST-F101 "Submarine Pipeline Systems" (/2/), sulla base dei carichi che la condotta subirà durante le fasi temporanee e la sua vita operativa. La verifica è stata eseguita in modo da soddisfare i seguenti stati limite:

- Pressione di contenimento
  - ✓ Condizioni operative
  - ✓ Condizioni di test del sistema
- Deformazione locale della condotta
  - ✓ Collasso del sistema
  - ✓ Propagazione delle deformazioni



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 49 di 67	<b>Rev.</b> 2

La deformazione locale della condotta sottoposta a combinazione di carichi durante la fase di installazione (pressione esterna + momento flettente + carico assiale) verrà verificata in sede di ingegneria di dettaglio.

La deformazione locale della condotta sottoposta a combinazione di carichi durante la fase operativa (pressione interna + momento flettente + carico assiale) non è stata verificata in questa fase del progetto e sarà analizzata durante l'ingegneria di dettaglio. Questo approccio è ragionevole in quanto, essendo il fondale abbastanza regolare e non essendo quindi attesi momenti flettenti di particolare entità per la condotta posata sul fondale, ci si attende che tale verifica risulterà ampiamente soddisfatta con gli spessori selezionati utilizzando gli stati limite precedentemente elencati.

La pressione di contenimento è stata verificata alla profondità d'acqua minima lungo la rotta, mentre per la verifica a collasso e di propagazione delle deformazioni locali è stata utilizzata la massima profondità d'acqua lungo la rotta.

La massima profondità di calcolo è stata adottata pari a 80.6 m (pari alla massima profondità della isobata di 70.6 m, aumentata di un franco di sicurezza di 10 m) per garantire possibili ottimizzazioni nella definizione della posizione di dettaglio della FSRU e/o possibili differenze nel rilevamento del fondale che possano risultare da future indagini batimetriche di dettaglio.

Per ogni stato limite di progetto sono state adottate le seguenti classi di sicurezza:

Stato limite (Limit State)	Location Class 2
Pressione di contenimento – condizioni operative (Pressure Containment – operation)	High
Pressione di contenimento – test del sistema (Pressure Containment – system pressure test)	Low
Collasso del sistema – prima del commissioning (System collapse – before commissioning)	Low
Collasso del sistema – dopo il commissioning (System collapse – after commissioning)	Medium
Propagazione delle deformazioni – prima del commissioning (Propagation Buckling – before commissioning)	Low
Propagazione delle deformazioni – dopo il commissioning (Propagation Buckling – after commissioning)	Medium

Tabella 7-3 : Definizione delle Classi di Sicurezza

In accordo alla DNV ST-F101, la "Location Class 2" si riferisce alle sezioni di condotta situate entro 500 m da strutture presidiate e nelle aree di approdo, mentre la "Location Class 1" può essere considerata per le sezioni della condotta dove non è previsto alcun tipo di presidio umano. Conservativamente, tutte le verifiche sono state effettuate per una "Location Class 2".

Le verifiche della pressione di contenimento in condizioni operative è stata effettuata adottando una pressione di progetto pari a 100 barg (assunta a livello del mare).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 50 di 67	<b>Rev.</b> 2

Il diametro interno (ID) è stato adottato pari a ID 628.6 mm, costante lungo la linea.

La verifica della pressione di contenimento in condizioni di test del sistema è stata effettuata adottando una pressione di test pari al 130% della pressione di design, cioè 130 barg (assunta a livello del mare). In accordo alla DNV ST-F101 sarebbe sufficiente una pressione di test pari al 115% della pressione di progetto; tuttavia, 130% è stato adottato per tener conto del requisito della normativa vigente sul territorio nazionale (DM 17/04/2008) per le condotte di 1<sup>a</sup> specie.

Il minimo spessore di parete metallica richiesto per tutti gli “stati limite” rilevanti è dato nella seguente tabella (Nota: gli spessori riportati in tabella sono spessori nominali, cioè già comprensivi delle tolleranze di fabbricazione).

Minimo spessore di parete richiesto [mm]				
Condizioni della condotta	Criterio di dimensionamento	Classe di sicurezza		
		Low	Medium	High
Operative (Operating)	Pressione di contenimento (Pressure Containment)	-	-	11.4
Test del sistema (System Pressure Test)		10.8	-	-
Temporanee (Temporary)	Collasso del sistema (System Collapse)	9.6	9.8	-
	Propagazione delle deformazioni (Propagating Buckling)	9.8	15.1	-

Tabella 7-4: Minimo spessore di parete richiesto (Condotta da 26 pollici)

La tabella precedente mette in evidenza i seguenti risultati principali:

- Il criterio più stringente in acque profonde è la verifica della “Propagazione delle deformazioni” (con classe di sicurezza Medium). Lo spessore minimo richiesto alla massima profondità di calcolo di 80.6 m è pari a 15.1 mm.
- Il criterio più stringente in acque basse è invece la verifica a “Pressione di contenimento” in condizioni operative (con classe di sicurezza High). Il valore richiesto di spessore (11.4 mm) non soddisfa però il criterio  $D/t_2 < 45$  previsto da DNV ST-F101 per le verifiche a Local Buckling. Pertanto, il criterio  $D/t_2 < 45$ , pari a uno spessore minimo di 14.7mm, viene considerato in acque basse per la scelta dello spessore.

Lo spessore selezionato è quindi il seguente:

- ✓ **WT=15.9mm** per KP 0.0 - 4.411

Tale spessore è stato selezionato sulla base dei seguenti criteri:

- Si è adottato il primo spessore commerciale disponibile.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 51 di 67	<b>Rev.</b> 2

Tale spessore di 15.9 mm è stato selezionato preliminarmente per la condotta e sarà confermato nelle successive fasi di progettazione.

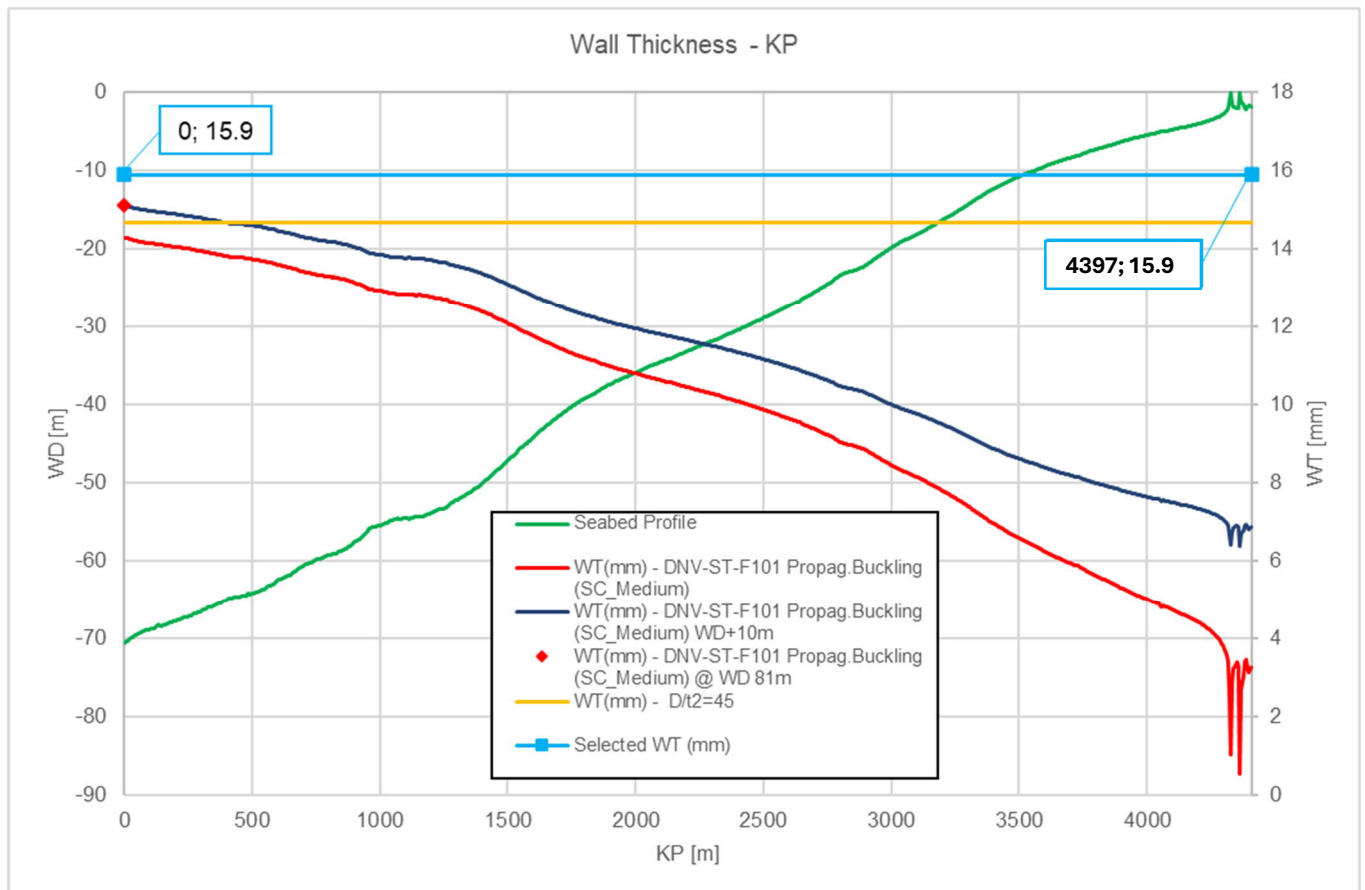


Figura 7-6 – Spessore di parete richiesto e spessore selezionato lungo la rotta

#### Verifica degli spessori selezionati in accordo al DM 17/04/2008

Lo spessore selezionato è stato verificato anche con la normativa vigente sul territorio nazionale DM 17/04/2008 (/1/).

È stato utilizzato un “grado di utilizzazione” dell’acciaio pari a 0.72, sia per la condizione operativa che per la condizione di test del sistema (interpretazione conservativa del DM 17/04/2008).

Lo spessore minimo richiesto è pari a 14.3mm. Pertanto, gli spessori selezionati soddisfano il DM 17/04/2008.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 52 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 7.5. Analisi di stabilità della condotta

Per le condotte progettate in accordo alla normativa DNV-ST F101 “*Submarine pipeline systems*” i calcoli di stabilità vengono generalmente effettuati in accordo alla DNV RP-F109 “*On Bottom Stability Design of Submarine Pipelines*” (/4/), per le seguenti condizioni e relative combinazioni di carico:

- condizione temporanea:
  - ✓ onde con 1 anno di periodo di ritorno associate a correnti con 10 anni di periodo di ritorno;
  - ✓ onde con 10 anni di periodo di ritorno associate a correnti con 1 anno di periodo di ritorno;
- condizione operativa (non considerata per il seguente studio come spiegato successivamente):
  - ✓ onde con 10 anni di periodo di ritorno associate a correnti con 100 anni di periodo di ritorno;
  - ✓ onde con 100 anni di periodo di ritorno associate a correnti con 10 anni di periodo di ritorno.

Per le analisi sono stati utilizzati i dati di onda e corrente omnidirezionali ricavati dalla Sezione 6.10. I carichi di onda e corrente sono stati applicati in modo perpendicolare alla condotta.

Lo scopo del controllo della stabilità sul fondale è quello di verificare la stabilità verticale e laterale della condotta sottoposta all’azione di onde e correnti e definire:

- lo spessore dell’appesantimento di calcestruzzo eventualmente richiesto;
- i requisiti di interrimento laddove l’appesantimento di calcestruzzo non fosse sufficiente da solo a garantire la stabilità.

I requisiti di interrimento per stabilità vanno poi combinati con i requisiti, se esistenti, derivanti da altre discipline (ad esempio interrimento richiesto per protezione) o imposti da Terze Parti, per ottenere l’interrimento di progetto lungo la rotta.

Per la condotta in oggetto, in questa fase del progetto, si prevede un interrimento dell’intera condotta. In particolare, sono stati applicati i seguenti livelli di interrimento riferiti al TOP (“Top of Pipe”, ovvero la generatrice superiore del tubo):

- per profondità d’acqua inferiori a 10m (non presente nell’attuale configurazione preliminare): 1.5m TOP
- per profondità d’acqua superiori a 10m: 1.0m TOP

e i seguenti requisiti di rinterro (backfilling):

- rinterro con 1.0m TOP

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 53 di 67	<b>Rev.</b> 2

Si assume quindi che anche la nuova condotta abbia i seguenti interramenti:

- Una trincea da scavare, per ragioni costruttive, prima del varo (pre-scavo), che si estenderà dall'uscita a mare del Microtunnel fino a raggiungere il naturale fondo marino.

In questa fase si stima una lunghezza totale dello scavo di circa 349 m, in una profondità d'acqua di circa 20.6 m. Si veda disegno seguente (Rif. DWG-300-D-12080 Tracciato Allacciamento FSRU Vado Ligure).

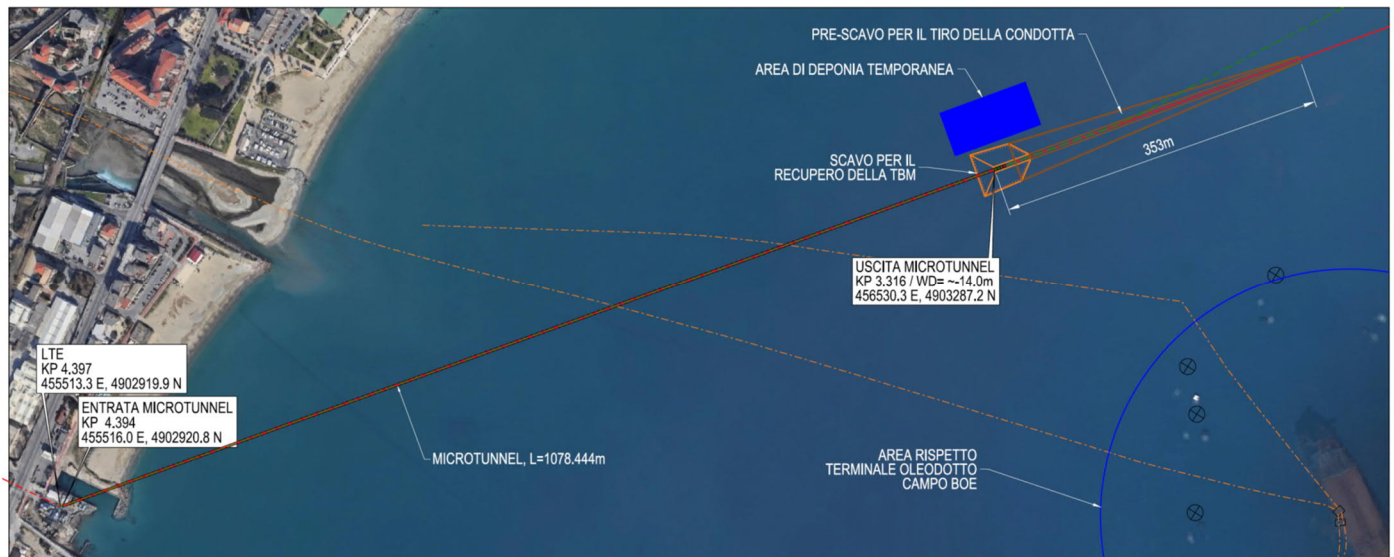


Figura 7-7 – Pre-scavo all'uscita del microtunnel

- Una trincea da scavare dopo il varo (post-trincea) per la rimanente sezione di rotta. La post-trincea permette di minimizzare i volumi di scavo rispetto a un pre-scavo, in quanto essendo lo scavo effettuato dopo la posa della condotta è ridotto al minimo necessario (trincea stretta), non dovendo accomodare le tolleranze di installazione della linea, come nel caso del pre-scavo (trincea larga).

Ne consegue che la stabilità a onde/correnti va calcolata solo per la condizione temporanea, cioè:

- stabilità in temporaneo dentro la pre-trincea (per la zona di pre-scavo);
- stabilità in temporaneo sul fondale (per la zona di post-trincea).

Gli spessori di calcestruzzo e i requisiti di interrimento, stimati in questa fase preliminare come descritto in precedenza, sono riassunti nella seguente tabella.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti</b>	Pag. 54 di 67	<b>Rev.</b> 2

KP (da)	KP (a)	Lunghezza	Profondità d'acqua (da)	Profondità d'acqua (a)	Spessore acciaio	Spessore di calcestruzzo selezionato (Nota 1,5)	Requisiti di interrimento (Nota 3)
m	m	m	m	m	mm	mm	-
0	2967	2967	71	21	15.9	60	Post-trincea (profondità 1.0m TOP), rinterro 1.0m TOP.
2967	3316	349	21	21		60	Pre-scavo e Area Recupero TBM (Nota 2)
3316	4397	1081	21	0		40	Sezione in Microtunnel (Nota 4)

Note Tabella:

- 1) La densità del calcestruzzo è 3040 kg/m<sup>3</sup>.
- 2) La profondità del pre-scavo all'uscita del microtunnel è variabile, da definirsi durante l'ingegneria di dettaglio. Il valore qui riportato è quello stimato come il minimo richiesto.
- 3) Le finestre temporali in cui la condotta può rimanere esposta sul fondale prima delle operazioni di post-trincea o esposta sul fondo del pre-scavo prima delle operazioni di rinterro saranno definite durante l'ingegneria di dettaglio.
- 4) In questa sezione (zona del Microtunnel), riduzioni locali dello spessore di calcestruzzo saranno possibili per facilitare le operazioni di installazione.
- 5) Nel tratto iniziale in prossimità dell'FSRU (per una lunghezza di circa 100 m da KP 0) si assume che la condotta rimarrà esposta sul fondale. La stabilità in condizioni operative è confermata con gli spessori di calcestruzzo scelti.

Tabella 7-5: Spessore di calcestruzzo e requisiti di interrimento (Condotta da 26 pollici)

Gli spessori di calcestruzzo e i requisiti di interrimento stimati in questa fase del progetto dovranno essere rivisti in sede di ingegneria di dettaglio sulla base dei dati geotecnici che saranno raccolti dalle ispezioni geofisiche e geotecniche e tenendo conto degli specifici requisiti di interrimento.

Tali analisi andranno effettuate sulla base della DNV RP-F109 "On Bottom Stability Design of Submarine Pipelines".

## 7.6. Filosofia di Protezione Catodica

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;
- una protezione attiva (protezione catodica), mediante l'applicazione di anodi sacrificali a bracciale in lega di alluminio.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 55 di 67	<b>Rev.</b> 2

L'applicazione di rivestimenti è la tecnica più antica e diffusa per proteggere dalla corrosione le strutture metalliche interrate; 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 esterno 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.

In particolare in questo studio, la protezione catodica del gasdotto e delle strutture sottomarine è basata su l'utilizzo di anodi sacrificali in lega di alluminio attivata dall'indio (Al-Zn-In).

La condotta sottomarina sarà protetta da anodi a bracciale omogeneamente distribuiti lungo la linea gunitata (vedi figura seguente).

Linea, PLEM e riser flessibile saranno in continuità elettrica fra loro.

La linea a mare e i Risers flessibili saranno elettricamente isolati rispettivamente dal tratto onshore e da FSRU tramite installazione di dispositivi di sezionamento elettrico (giunto isolante o flange isolanti).

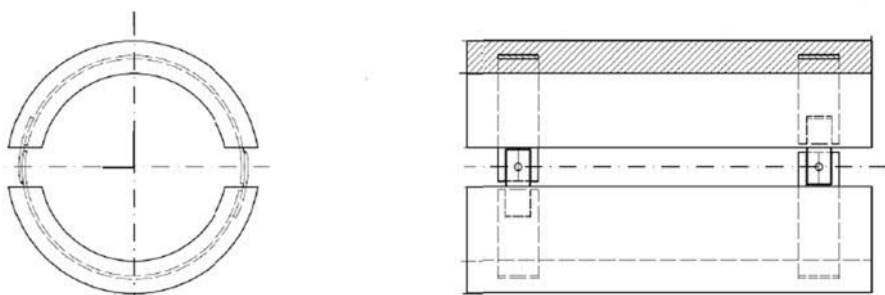


Figura 7-8: Tipico anodo bracciale

Il dimensionamento, la produzione, l'ispezione, il collaudo e l'installazione dei sistemi di protezione catodica farà riferimento allo standard ISO-15589-2 (/9/) e alla DNV-RP-B401 (/10/).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 56 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 8. CAVO TELECOMANDO (FOC) SOTTOMARINO

Un sistema di sicurezza costituito da una valvola sottomarina di isolamento sarà predisposto all'interno del manifold PLEM localizzato nei pressi della FSRU.

Il tracciato a mare del cavo sarà in parallelismo alla condotta DN 650, interrato sul fondale di almeno 1,00 m ad una distanza di circa 50 m dalla stessa, fino all'imbocco del microtunnel dove proseguirà al suo interno fino al pozzetto di approdo a terra, dove una volta giuntato con il tratto onshore del cavo per proseguire fino all'impianto di terra.

Il cavo sottomarino in fibra ottica (rif. /12/) sarà rinforzato con una doppia armatura in fili di acciaio in modo da resistere alle sollecitazioni a cui è sottoposto durante l'installazione e durante la vita operativa.

Il diametro esterno sarà di circa 30mm. Una sezione trasversale tipica è riportata nella seguente.

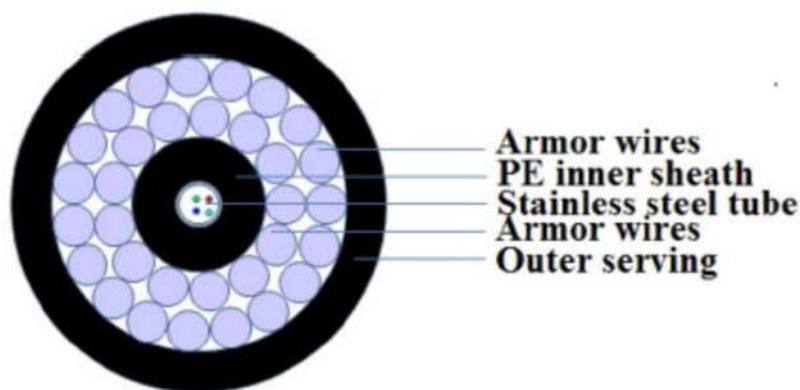


Figura 8-1 Cavo FOC – Sezione Trasversale (Tipico)

Il tracciato del cavo è riportato in Rif. Allegato11.3 .





	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 58 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 9.2. Posa della condotta lungo il tracciato

Completata la fase di tiro della condotta nell'approdo costiero la posa proseguirà verso il largo per mezzo dello stesso lay barge, sino al raggiungimento della posizione prestabilita in prossimità del PLEM, dove la condotta verrà abbandonata sul fondale (**Rif. DWG-300-D-12030 – Planimetria Generale Aree di Cantiere**). L'accoppiamento delle barre è effettuato mediante saldatura. Tutte le saldature saranno sottoposte a controlli mediante l'utilizzo di tecniche non distruttive (NDT). Dopo il rivestimento dei giunti di saldatura con fasce termorestringenti e il ripristino della continuità del calcestruzzo di appesantimento, la condotta è varata facendola scorrere sulla "rampa di varo" gradualmente a tratti di lunghezza variabile in funzione della capacità di saldatura del mezzo di posa, mediante l'avanzamento dello stesso mezzo posa tubi. La "rampa di varo" permetterà di far assumere alla condotta, trattenuta a bordo da un sistema di tensionamento (tensionatore), la conformazione predefinita dal tipo mezzo in utilizzo (varo a "S") allo scopo di contenere nella tubazione le sollecitazioni di posa entro i limiti previsti. La posa sarà effettuata da un mezzo posa-tubi equipaggiato con sistema di ancoraggio tradizionale (utilizzo di 10-12 ancore). La posizione sulla rotta di posa sarà continuamente verificata con un sistema di radio posizionamento (tipo satellitare) attraverso un sistema di controllo centralizzato la nave posatubi, avanzerà gradualmente in relazione alle lunghezze di condotta varata di volta in volta. In accordo con la produzione giornaliera delle stringhe per la posa, l'area di varo si muoverà lungo il tracciato della condotta con una traslazione media di circa 1 km/giorno. La condotta verrà poi abbandonata sul fondale in prossimità del PLEM (precedentemente posata sul fondo a carico della committente)

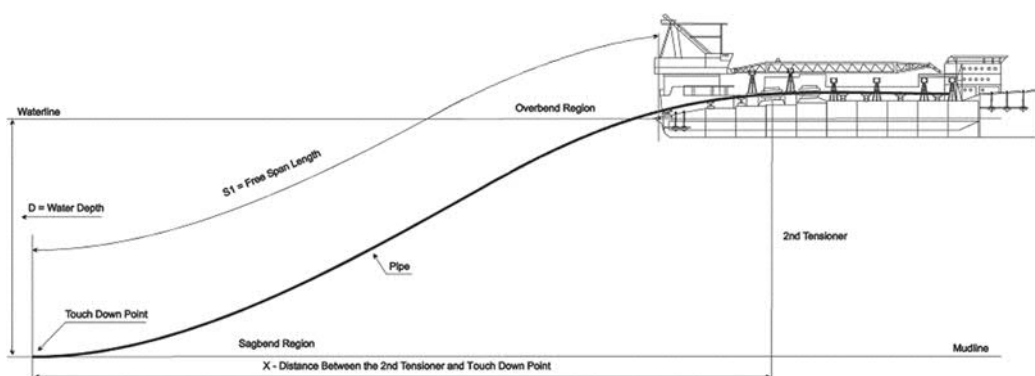


Figura 9-2 – Tipica configurazione di posa a "S"

## 9.3. Connessioni sottomarine

In funzione della soluzione tecnica/operativa le connessioni sottomarine potranno essere di tipo sia diver (ossia connessioni di tipo flangiato che richiedono l'utilizzo di sommozzatori per il loro accoppiamento e serraggio), sia diverless (ossia connessioni di tipo meccanico, dove l'accoppiamento e il

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 59 di 67	<b>Rev.</b> 2

serraggio viene effettuato tramite l'utilizzo di specifici tools operati dal ROV (Remote Operated Vehicle). In entrambe i casi si eseguiranno misure accurate della posizione del PLEM relativamente alla posizione della testa di abbandono della condotta.

In base a dette misurazioni, si prefabbricheranno gli spezzoni di linea (spools) di collegamento con il pontone posatubi, aventi caratteristiche analoghe alla condotta già installata, da interporre fra linea ed il PLEM per il collegamento finale.

#### 9.4. Interro della condotta

Una volta che la condotta sarà posata sul fondo, nei tratti in cui è previsto l'interramento di 1m sopra la direttrice superiore della condotta per garantirne la stabilità, il tubo sarà affossato utilizzando mezzi sottomarini idonei allo scopo.

La metodologia di scavo applicata sarà quella del post-trenching.

Questa tecnica consiste nell'uso di un mezzo sottomarino che provvederà all'affossamento della tubazione asportandole materiale da sotto, dopo che è stata varata e posata nella posizione voluta. Il materiale di scavo sotto la condotta sarà depositato lateralmente alla trincea sempre muovendosi a cavallo del tubo.

La macchina di scavo PTM (Post Trenching Machine) sarà movimentata da un mezzo nave equipaggiato di gru e idoneo per il posizionamento in bassi fondali.



Figura 9-3 – Esempio di Mezzo Sottomarino Tradizionale per Operazione di Interramento della Condotta con Post trenching”

#### 9.5. Installazione Cavo FOC per controllo della valvola sottomarina

È prevista l'installazione di un cavo per il telecontrollo, da parte del dispacciamento Snam, della 26” valvola sottomarina posizionata all'interno della stazione PLEM a mare.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 60 di 67	<b>Rev.</b> 2

Nel tratto a mare, il cavo sarà installato in parallelo alla nuova condotta DN650 (26") (vedi dettagli rotta in 11.5), ad una distanza non inferiore a 50m circa per garantire nessuna interferenza con le operazioni di post-trenching della condotta e sarà interrato per circa 1m da confermare nella fase successiva di ingegneria.

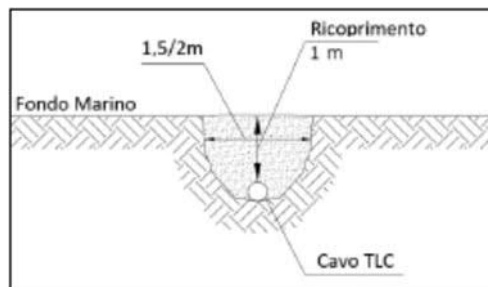


Figura 9-4 – Tipica Sezione Trasversale di Cavo affossato

Prima dell'entrata nel microtunnel il cavo si avvicinerà alla nuova condotta e proseguirà quindi all'interno del microtunnel, quindi arriverà fino all'impianto a terra.

### 9.5.1 Metodologia e Sequenza di Installazione del Cavo FOC

Completato il varo della condotta, si procederà con il tiro del cavo sottomarino all'interno del tubo "casing" nel microtunnel. Il cavo FOC sarà collegato alla fune di tiro a terra, posato sul fondale e varato fino ad arrivare in prossimità della FSRU, dove poi verrà trasferito e tirato all'interno della torretta.

### 9.5.2 Descrizione area cantiere e pozzo di spinta

Il cantiere a terra sarà preparato prima delle operazioni con i seguenti equipaggiamenti:

- Sistema di fissaggio a terra
- Winch e sistema di alimentazione
- Pulegge di rinvio
- Messaggera preinstallata nel il condotto di tiro all'interno del microtunnel
- Condotto/convogliatore installato all'ingresso del microtunnel (J-Tube)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 61 di 67	<b>Rev.</b> 2

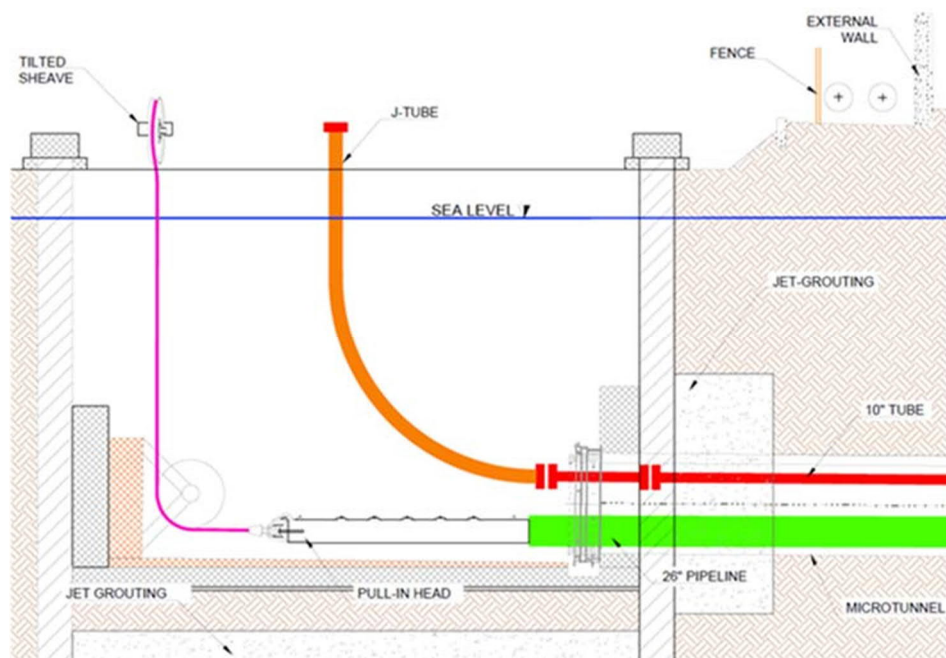


Figure 12-1 Vista in sezione del pozzo di spinta (solo per informazione)

L'argano, con il quale saranno effettuate le operazioni di tiro a terra, è stato considerato preliminarmente che abbia una capacità di tiro pari a 10ton, valori da confermarsi durante la fase di ingegneria di dettaglio.

### 9.5.3 Metodologia e sequenza di installazione

Il cavo FOC sarà varato dall'apposito mezzo di installazione, dotato di tutti gli ausili necessari all'operazione di tiro a terra e a quella di normale posa (Es. bobina di stoccaggio, tensionatore, scivolo, etc.).

Nella prima fase di tiro, la nave di installazione sarà stabile e in posizione fissa, mentre il cavo viene varato e tirato da terra all'interno del casing presente nel microtunnel. La nave di installazione si muoverà lungo la rotta di varo fino al raggiungimento del PLEM dove il cavo verrà poi trasferito e collegato.

La sequenza di installazione del cavo FOC può essere riassunta come segue:

#### Recupero della messaggera e del cavo di tiro

L'area di approdo del cavo a terra è preparata con tutto l'equipaggiamento necessario per le operazioni di tiro. Previe condizioni di meteo favorevoli, la nave di installazione del FOC si posiziona in prossimità dell'uscita del microtunnel. La messaggera, preinstallata nella condotta di tiro, viene individuata e recuperata a bordo della nave di installazione. L'estremità della messaggera è connessa al verricello a bordo della nave di installazione. Avviato l'avvolgimento della messaggera, e quindi il relativo traino della fune di tiro, si continua fino al completo recupero della messaggera e del relativo capo del cavo di tiro a terra. La fune di tiro viene agganciata alla testa di tiro

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 62 di 67	<b>Rev.</b> 2

con l'apposito sistema di connessione e successivamente scollegata dal verricello.

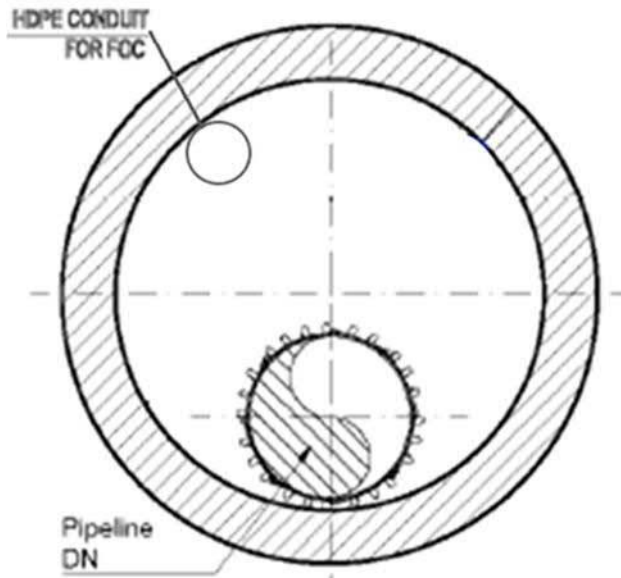


Figure 12-2 Sezione trasversale tipo del microtunnel

Controllo dei canali di comunicazione tra la nave di installazione, il supervisore delle operazioni a terra e il manovratore dell'argano a tamburo.

L'operatore di terra mette in tensione la fune di tiro così da rimuovere eventuali tratti di cavo lento.

L'argano a terra inizia a riavvolgere il cavo di tiro, mentre la nave di installazione comincia a varare il cavo da bordo.

La nave di installazione continua il varo del cavo e l'argano di terra recupera la fune di tiro della lunghezza di cavo varato mentre la nave di installazione rimane stabile in posizione. Il responsabile di bordo informa l'operatore di terra sullo stato di avanzamento del cavo. Allo stesso modo l'operatore di terra informa il responsabile di bordo sul movimento della fune di tiro.

La nave di installazione mantiene la posizione e continua le operazioni di varo in tandem con l'argano di terra fino a quando la testa di tiro non raggiunge la posizione finale, attraversando l'intero microtunnel.

Confermata che l'operazione di tiro è stata completata la normale posa del cavo sottomarino può incominciare.

La nave di installazione incomincia il varo del cavo sul fondale, assicurandosi che rispetti le tolleranze stabilite per il corridoio di posa designato.

Mentre il mezzo di installazione si sposta lungo la rotta di varo, il punto di contatto cavo-fondale (TDP – Touchdown Point) viene continuamente monitorato.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 63 di 67	<b>Rev.</b> 2

La posa del cavo prosegue fino all'area di abbandono e collegamento prevista nell'area di posizionamento del PLEM.

La connessione sottomarina tra cavo e PLEM potrà essere eseguita sia mediante sommozzatori che con apparecchiature robotizzate tipo ROV.

Durante tutte le fasi sopra citate il punto di contatto cavo-fondale, la lunghezza posata e la lunghezza rimanente di cavo, la tensione applicata al cavo e il raggio di curvatura saranno continuamente monitorati e registrati durante tutte le operazioni di installazione del cavo FOC.

### 9.5.5 Interramento del Cavo Sottomarino

Come accennato in precedenza, il cavo sottomarino sarà interrato tipicamente di circa 1.0 m rispetto al fondo del mare.

La profondità di scavo e conseguente affossamento del cavo può essere raggiunto con diverse tecnologie. Alcune macchine adottano strumenti di taglio ("cutting wheel" o "digging chain") altre invece prevedono "dredging pumping" o "jetting". Esempi di queste macchine sono riportati nella figura seguente.



Figura 9-5 – Esempio di mezzi Sottomarini per Interramento di Cavi

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 64 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 10. COLLAUDI DEL SISTEMA CONDOTTA SOTTOMARINA TRASPORTO GAS

### 10.1. Collaudi Intermedi e Finali

Il collaudo idraulico del sistema costituito dalla condotta sottomarina che va dal FSRU al punto di interconnessione linea mare/terra, e le operazioni connesse ad esso, devono assicurare che il sistema sia pronto per essere collegato agli altri sistemi (ovvero il rigassificatore e la condotta a terra) ed alla successiva introduzione del prodotto.

La filosofia di collaudo, prevista in questo studio, è basata sui decreti nazionali e gli standard internazionali di riferimento (vedi Sezione 4, /1/, /2/, /7/) e prevederà le seguenti attività principali:

- Riempimento, pulizia e calibratura interna della condotta
- Collaudo idraulico della condotta (capitolo 7.4)
- Collaudo idraulico di altre componenti facenti parte del sistema della condotta sottomarina (e.g. giunti di espansione e interconnessione, flessibili, PLEM, etc.)
- Prova di tenuta dell'intero sistema oppure, in alternativa, prove di tenuta sulle singole connessioni flangiate non testate durante il collaudo della condotta
- Svuotamento del sistema
- Essiccamento
- Flussaggio e preservazione con azoto (se necessario).

L'acqua utilizzata per il riempimento e collaudo può essere acqua dolce o di mare, pulita, non aggressiva e di qualità che limiti al minimo il rischio di corrosione della tubazione. Non è consentito l'uso di acque reflue o derivanti da processi industriali.

L'acqua utilizzata deve essere filtrata a 50 micron per impedire l'ingresso di corpi estranei all'interno della tubazione in prova e, in caso di presenza di corpi solidi in sospensione (sabbia, limo, ecc.) o nel caso di acqua torbida, devono essere usate delle attrezzature di decantazione o altri sistemi di filtraggio per evitare fenomeni di sedimentazione.

Prima di accertarne l'idoneità verrà eseguita un'analisi di laboratorio, e potrebbe essere trattata con additivi chimici ove richiesti ad evitare l'insorgenza di fenomeni corrosivi o accrescimento microbico.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 65 di 67	<b>Rev.</b> 2

La stima preliminare del volume di acqua prelevata durante le varie fasi del collaudo è riportata nella seguente tabella riepilogativa:

Sottosistema/Operazione	Volume di acqua stimato
Condotta / Pre-allagamento (qualora richiesto)	2330 m <sup>3</sup>
Condotta / Riempimento, pulizia e calibratura interna	2330 m <sup>3</sup>
Condotta / Collaudo	17 m <sup>3</sup>
Riser Flessibile / Riempimento	110 m <sup>3</sup>
Riser Flessibile / Collaudo	1 m <sup>3</sup>
Intero sistema / Prova di tenuta	17 m <sup>3</sup>

Per le operazioni potrebbero essere usate trappole permanenti o piatti di prova temporanei. I piatti di prova saranno progettati in maniera specifica per questo progetto e per le condizioni di utilizzo previste in riferimento ai codici (vedi Sezione 4, /1/, /2/, /7/).

Lo svuotamento dell'acqua utilizzata per le diverse fasi di Pre-commissioning avverrà previo stoccaggio della stessa a terra in idonee vasche di contenimento (oppure in navi cisterna), caratterizzazione e successivo smaltimento in impianti idonei.

La caratterizzazione e lo smaltimento delle sostanze chimiche saranno eseguiti con procedure prestabilite e sotto il controllo delle autorità competenti, saranno definite le procedure per il prelievo e lo scarico dell'acqua necessaria. La caratterizzazione chimica dei rifiuti provenienti dall'acqua scaricata della condotta e le procedure di raccolta e smaltimento saranno presentate alle Autorità territoriali competenti.

Il sistema verrà consegnato sottovuoto o con gas inerte (azoto, a pressione superiore alle condizioni atmosferiche).

Per quanto riguarda il cavo sottomarino, le operazioni previste sono:

- ✓ Attività di Pre-commissioning volte a verificare l'integrità meccanica della Fibra Ottica e delle relative terminazioni e connessioni;
- ✓ Attività di Commissioning volte a verificare l'integrità del link relative funzionalità associate (es. attuazione remota della valvola sottomarina).

## 10.2. Commissioning

L'attività di commissioning si effettua ad impianto meccanicamente completato e precommissionato per essere pronti per introdurre il GNL.

Le fasi del commissioning sono quelle qui elencate nell'ordine più comunemente usato, altre sequenze possono essere adottate in funzione di esigenze particolari di impianto (FSRU Alto Tirreno):

- ✓ Messa in esercizio dei servizi (utilities);

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 66 di 67	<b>Rev.</b> 2

- ✓ Messa in esercizio dei generatori di emergenza;
- ✓ Per la parte elettrica: energizzazione della sottostazione elettrica e distribuzione alle utenze;
- ✓ Per la parte strumentale: verifica delle logiche e sequenze di funzionamento e degli interblocchi di sicurezza;
- ✓ Verifica dei sistemi di rilevazione incendio, fumo gas e dei sistemi automatici e manuali di antincendio.
- ✓ Per apparecchiature rotanti: test di circolazione di pompe, ventilatori, compressori utilizzando fluidi ausiliari;
- ✓ Per tubazioni e apparecchiature: rimozione dei filtri temporanei, installazione dei filtri permanenti, test di tenuta, test di circolazione con fluidi di servizio.

### 10.3. Avviamento

Portate a termine le fasi di pre-commissioning e commissioning il terminale FSRU Alto Tirreno è pronto per entrare in produzione.

Una volta assicurato un sufficiente livello di GNL nei serbatoi, si inizia ad alimentare il GNL ai vaporizzatori a bassa portata e progressivamente si incrementa la pressione di mandata, secondo una rampa predefinita, fino al valore normale di rete.

Successivamente si incrementa la portata, fino a giungere, sempre seguendo una rampa predefinita, il valore di marcia normale.

Una volta verificato che la qualità del prodotto è secondo specifiche, si può procedere per la regolazione fine e l'ottimizzazione dell'impianto.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12000</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti	Pag. 67 di 67	<b>Rev.</b> 2

## 11. ALLEGATI

- REL-300-E-12010 Relazione Geologica (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12020 Schematico Generale (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12030 Planimetria Generale aree di cantiere (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12040 Planimetria Nautica Allacciamento FSRU Vado Ligure (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12050 Planimetria Nautica con vincoli Allacciamento FSRU Vado Ligure (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12060 SHORE APPROACH-MICROTUNNEL
- DWG-300-D-12070 Corografia Allacciamento FSRU Vado Ligure (Tratto a mare)
- DWG-300-D-12080 Tracciato Allacciamento FSRU Vado Ligure (Tratto a mare)