

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)
Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ORMEGGIO E SUBSEA FACILITIES –
METHOD OF STATEMENT INSTALLAZIONE

0	Emissione	Team	A. Sola / F. Fratoni	S. Zanello	19/06/23
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
1.1	PREMESSA.....	5
1.2	SOLUZIONE PROPOSTA.....	5
1.3	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1	PRINCIPALI NORME TECNICHE INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO	7
2.2	DOCUMENTI DI PROGETTO	7
3	DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA	8
3.1	SISTEMA DI ORMEGGIO	8
3.2	SISTEMA DI TRASFERIMENTO DEL GAS NATURALE.....	11
4	PIANO DI ESECUZIONE DELL'INSTALLAZIONE	13
4.1	MEZZI DI INSTALLAZIONE.....	13
4.2	FILOSOFIA DI INSTALLAZIONE.....	14
5	DESCRIZIONE DELLE FASI DI INSTALLAZIONE	15
5.1	CAMPAGNE DI INDAGINI E SONDAGGI.....	15
5.2	LAVORI DI PREPARAZIONE DEL FONDALE MARINO.....	15
5.3	PRE-INSTALLAZIONE DELLE ANCORE E DEI SEGMENTI INFERIORI DI CATENA.....	15
5.4	INSTALLAZIONE DELLA <i>TURRET BUOY</i> E COLLEGAMENTO ALLE LINEE DI ORMEGGIO.....	19
5.5	INSTALLAZIONE DEL PLEM.....	23
5.6	INSTALLAZIONE DEL RISER FLESSIBILE.....	24
5.7	METROLOGIA E INSTALLAZIONE DEL GIUNTO DI CONNESSIONE TRA CONDOTTA E PLEM	26
5.8	COLLEGAMENTO DELLA FSRU ALLA <i>TURRET BUOY</i>	27
5.9	ATTIVITÀ DI PRE-COMMISSIONING.....	28

LISTA DELLE FIGURE

Figura 3-1	Dettaglio di una tipica <i>turret buoy</i>	9
Figura 3-2	Schema del Sistema di OrmeGGio	10

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

Figura 3-3	Schema delle infrastrutture sottomarine	11
Figura 3-4	Tipica configurazione del PLEM	12
Figura 4-1	Tipico piano di installazione e navi utilizzate per le operazioni	14
Figura 5-1	Configurazione tipica di ancore a trascinamento	16
Figura 5-2	Tipico di pre-posizionamento delle ancore sopra le aree di installazione	16
Figura 5-3	Tipico di tensionamento delle ancore	17
Figura 5-4	Tipico di abbandono delle linee di ormeggio sul fondo	17
Figura 5-5	Tipico linea di ormeggio con catena e drag anchor	18
Figura 5-6	Tipici elementi di ormeggio stivati a bordo di una nave d'installazione	18
Figura 5-7	Tipico piano di stivaggio della nave dedicata al trasporto e all'installazione della <i>turret buoy</i>	19
Figura 5-8	Tipico dell'operazione di sollevamento e collegamento dei cavi in acciaio alle barre di sollevamento dei 2 AHV	20
Figura 5-9	Tipico dell'operazione di posizionamento fuori bordo della <i>turret buoy</i>	21
Figura 5-10	Tipico dell'operazione di allontanamento della <i>turret buoy</i> dalla nave installatrice per mezzo dei due AHV	22
Figura 5-11	Tipico dell'operazione di abbassamento fino al fondale delle barre di sollevamento dei 2 AHV	22
Figura 5-12	Tipico dell'operazione di recupero sul ponte del AHV di un cavo in acciaio	23
Figura 5-13	Tipico dell'operazione di collegamento della linea di recupero della FSRU al cavo sintetico collegato alla <i>turret buoy</i>	27
Figura 5-14	Tipico dell'operazione di recupero e fissaggio della <i>turret buoy</i> dentro la torretta	28

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

ACRONIMI

AHV	Anchor Handling Vessel
A&R	Abandonment and Recovery
FOC	Fiber Optic cable (Cavo a fibra ottica)
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
GNL	Gas Naturale Liquido
LBL	Long Base Line
LCV	Light Construction Vessel
LiDAR	Light Detection and Ranging
MGO	Marine Gas Oil
PLEM	Pipe Line End Manifold (Impianto sottomarino di intercettazione)
RDS	Reel Drive System
ROV	Remote Operating Vehicle (Veicolo sottomarino operato da remoto)
STL	Submerged Turret Loading
VLS	Vertical Lay Tower
WROV	Work Class ROV

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

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, 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.

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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

1.3 Scopo del Documento

In questo documento vengono presentate le attività relative all'installazione del sistema dedicato all'ormeggio della FSRU, del riser flessibile per il trasferimento gas e del PLEM, comprensive delle tempistiche di riferimento, dei mezzi navali tipici impiegati e delle emissioni associate a tali operazioni.

Le infrastrutture oggetto del presente documento sono pertanto:

- Sistema di ormeggio a torretta esterna;
- Sistema di trasferimento del gas:
 - Riser flessibile di trasferimento gas dalla FSRU al PLEM;
 - PLEM.

La descrizione delle attività di posa della condotta sottomarina risulta all'interno del documento REL-300-E-12000 (Rif. /8/), cui si rimanda per maggiori dettagli.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Principali Norme Tecniche Internazionali di Riferimento

/1/ DNV-ST-N001 Marine Operations and Marine Warranty

2.2 Documenti di Progetto

/2/ REL-100-E-00100 Relazione Tecnica Del Progetto Offshore – Sistema Di Ormeggio E Subsea Facilities

/3/ DWG-100-D-00120 Sistema di Ormeggio - Planimetria Generale

/4/ DWG-100-D-00121 Sistema di Ormeggio - Area di Installazione

/5/ DWG-100-D-00122 Sistema di Ormeggio e Trasferimento - Tipici

/6/ DWG-200-D-00220 Schematico Generale

/7/ DWG-200-D-00221 P&ID delle Subsea Facilities

/8/ REL-300-E-00300 Relazione Tecnica Sealine

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

3 DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA

L'iniziativa è relativa al riposizionamento della FSRU TUNDRA dal porto di Piombino ad un punto di ormeggio permanente al largo delle coste di Vado Ligure, ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).

Il progetto nel suo complesso include:

- Unità di rigassificazione di stoccaggio galleggiante “FSRU TUNDRA”, opportunamente modificata per l'integrazione in prua del sistema di ormeggio;
- Sistema di ormeggio a torretta esterna;
- Sistema di trasferimento del gas:
 - Riser flessibile di trasferimento del gas dalla FSRU al PLEM,
 - PLEM,
 - Condotta sottomarina (sealine) dal PLEM al punto di approdo e interconnessione con un nuovo gasdotto onshore fino alla rete nazionale di gasdotti (Impianto PDE);
- Cavo telecomando (FOC) in fibra ottica (dalla FSRU al PLEM e da questo al punto di giunzione all'approdo costiero con il tratto onshore del cavo).

3.1 Sistema di Ormeggio

Il Progetto prevede l'installazione di una struttura di ormeggio della FSRU costituita da una torretta esterna disconnettibile o STL (Submerged Turret Loading). Tale soluzione è ritenuta idonea in considerazione della profondità del sito di prevista ubicazione (circa 90 m).

Il STL è un sistema di ormeggio a punto fisso che consiste nell'avere il mezzo navale (FSRU) collegato in modo tale che sia libero di ruotare intorno ad un punto fisso (torretta), con e senza una nave metaniera ormeggiata sul fianco. La torretta è a sua volta ormeggiata tramite delle linee di ormeggio al fondale marino, permettendo così al mezzo navale ad essa collegato di disporsi secondo la risultante dei carichi ambientali agenti (corrente, onde e vento).

Il STL costituisce una tecnologia consolidata e diffusa nell'ambito dell'industria petrolifera offshore (Oil and Gas industry) ed è costituito dai seguenti componenti:

- Struttura di integrazione della nave, sia nella parte superiore della prua sia in quella inferiore (zona bulbo);
- Sistema a torretta montato a prua, composto da:
 - Torretta per alloggiamento della boa;
 - Struttura supporto torretta;
 - Piattaforma rotante;
 - Collegamento per il riser;
 - Struttura di accesso alla torretta;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

- Modulo di galleggiamento (*turret buoy*) della piattaforma rotante;
- Sistema di ormeggio.

Il STL sarà progettato in modo tale che sia possibile permettere alla FSRU di disconnettersi qualora necessario, lasciando galleggiare la *turret buoy* ad una profondità adeguata al di sotto del pelo libero dell'acqua.

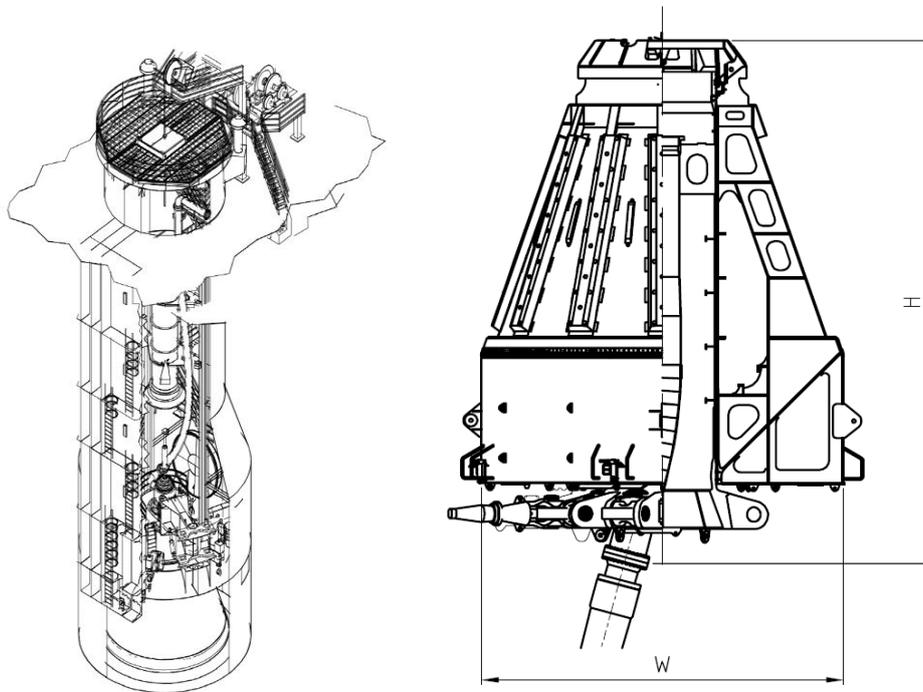


Figura 3-1 Dettaglio di una tipica *turret buoy*

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

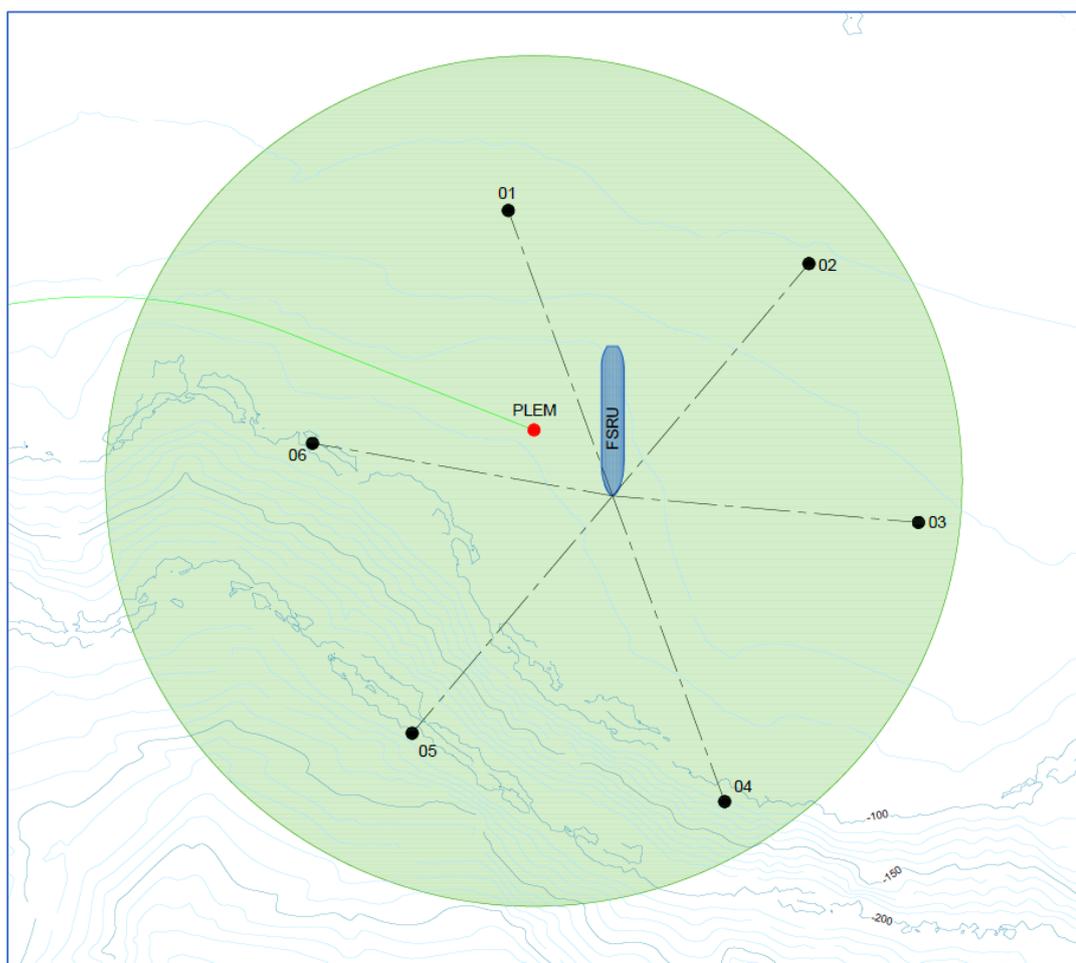


Figura 3-2 Schema del Sistema di Ormeggio

Il sistema di ormeggio preliminarmente scelto è composto da 6 linee di ormeggio uniformemente distribuite e disposte a 60 gradi l'una dall'altra.

Le linee di ormeggio sono composte dai seguenti componenti:

- Maniglione di collegamento all'ancora;
- Segmento inferiore di catena di tipo "studless" di calibro circa 110 mm;
- Segmento intermedio di catena di tipo "studless" di calibro circa 110 mm;
- Collegamento tra segmento di catena e segmento di cavo in acciaio;
- Segmento superiore di cavo in acciaio di diametro circa 120 mm;
- Connettore per *turret buoy*.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

Le linee di ormeggio e i relativi componenti proposti sono progettati nel rispetto delle normative internazionali di riferimento del settore offshore e rispetteranno i relativi fattori di sicurezza negli scenari operativi previsti da tali normative per applicazioni di questo genere.

3.2 Sistema di Trasferimento del Gas Naturale

Il sistema di trasferimento di gas naturale dalla torretta è costituito da un riser flessibile collegato ad un PLEM, a sua volta collegato alla condotta sottomarina per l'invio a terra del prodotto.

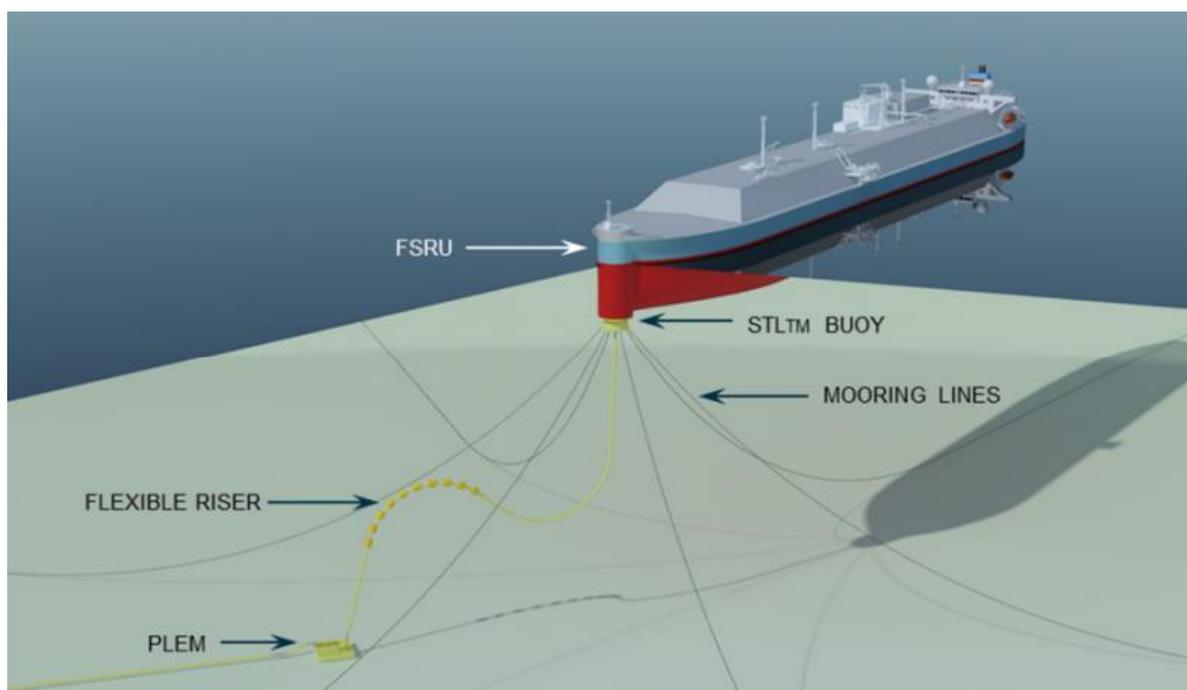


Figura 3-3 Schema delle infrastrutture sottomarine

La *turret buoy* sarà dotata di tubo guida integrato (J-tube) all'interno del quale sarà inserito il riser flessibile, che sarà sostenuto dal sistema di hang off.

Il sistema di hang-off del riser si trova all'incirca al centro della parte superiore della *turret buoy*.

Un elemento di irrigidimento flessionale (*bend stiffener*) sarà montato sulla parte inferiore del J-tube per limitare il momento flettente e la forza di taglio agenti sul riser flessibile, mentre il carico assiale viene trasferito alla parte superiore della *turret buoy* tramite la connessione di hang off.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

Il riser flessibile (14"ID) provvederà al trasferimento del gas naturale dalla torretta FSRU al PLEM, equipaggiato con una valvola di intercettazione sottomarina. Il riser flessibile avrà una *wave configuration* che consentirà scostamenti significativi alla profondità d'acqua di circa 90 m. Il PLEM, che alloggia la valvola di intercettazione sottomarina, adempie da interfaccia tra il riser flessibile e la condotta sottomarina. Il PLEM avrà un'impronta tale da essere contenuta in un'area di circa 20mx20m e sarà posato sul fondale marino mediante una fondazione a gravità.

Una configurazione tipica del PLEM è riportata nella seguente figura.

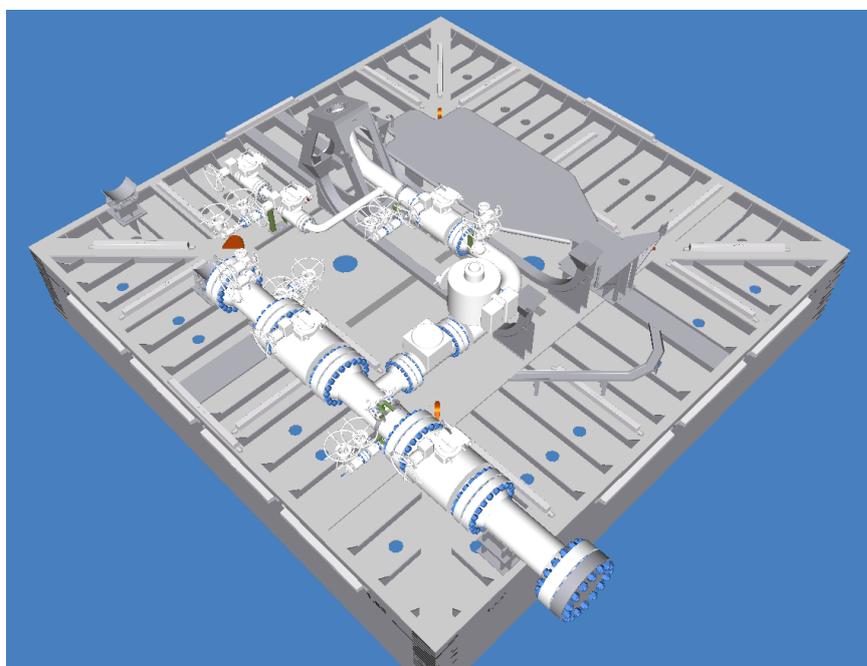


Figura 3-4 Tipica configurazione del PLEM

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

4 PIANO DI ESECUZIONE DELL'INSTALLAZIONE

In questa sezione viene riportata una descrizione preliminare delle operazioni marittime necessarie all'installazione degli impianti e al collegamento della *turret buoy* alla FSRU. Ulteriori dettagli saranno definiti in fase di più avanzata progettazione.

In linea generale saranno necessarie le seguenti operazioni a mare:

- Campagne di indagini e sondaggi;
- Campagna di preparazione del fondale marino (se richiesta);
- Pre-installazione delle linee di ormeggio;
- Installazione della turret buoy;
- Collegamento delle linee di ormeggio alla turret buoy;
- Installazione del PLEM;
- Installazione del riser flessibile;
- Metrologia e Installazione del giunto di connessione tra condotta sottomarina e PLEM;
- Collegamento della turret buoy alla FSRU;
- Attività di pre-commissioning.

La descrizione dell'installazione della condotta sottomarina è fuori dallo scopo di questo documento.

4.1 Mezzi di Installazione

La realizzazione e preparazione di un sito offshore destinato ad un sistema a torretta esterna comporta diverse attività e mezzi di installazione che devono essere gestiti e coordinati durante le diverse fasi. Nell'ambito del presente documento è stato previsto l'utilizzo di moderne navi a basso consumo di carburante alimentate a Marine Gas Oil (MGO).

La seguente figura illustra un tipico piano di esecuzione per l'installazione del sistema proposto e fornisce indicazioni in merito ai mezzi di installazione richiesti per ciascuna delle attività.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

	Campaign 1	Campaign 2			Campaign 3		Campaign 4
Marine Ops Scope	Engineering Pre-survey	Mooring system Pre-lay	STL Turret Buoy Installation Turret Buoy hook-up	PLEM Installation	Riser Installation Spool Metrology	Spool Installation Pre-comm	Tie-ins FSRU hook-up Pre-comm
Marine Assets	Survey Vessel 	Construction Vessel with VLS and crane and Anchor Handling Vessels (AHV) – 2 off 			Construction Vessel with crane or Light Construction Vessel (LCV) 	Light Construction Vessel (LCV) or Construction Vessel with crane  	Tugs – 3 off Light Construction Vessel (LCV)  

Figura 4-1 Tipico piano di installazione e navi utilizzate per le operazioni

4.2 Filosofia di Installazione

Le operazioni di installazione possono essere effettuate con diversi tipi di navi e la metodologia finale dipenderà dallo specifico contrattista che verrà selezionato. Allo stesso modo, data la profondità del fondale l'installazione degli impianti potrà essere eseguita per mezzo di ROV o con il coinvolgimento di sommozzatori e l'utilizzo di camere iperbariche e campane di immersione. La metodologia di installazione descritta nel seguente paragrafo è basata su impianti e collegamenti sottomarini eseguiti per mezzo di ROV. In fase di successiva ingegneria si valuterà l'eventuale necessità di sommozzatori.

La torretta, il PLEM e il riser, fabbricati presso le sedi di costruttori specializzati, saranno trasportati in un porto locale e successivamente caricati a bordo della nave di installazione.

La progettazione del sistema si basa su una direzione di flusso unidirezionale, dalla FSRU TUNDRA all'impianto PDE.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

5 DESCRIZIONE DELLE FASI DI INSTALLAZIONE

5.1 Campagne di Indagini e Sondaggi

Prima dei lavori dovranno essere eseguite campagne di indagine (rilievi e sondaggi) volte a caratterizzare in dettaglio il sito di prevista installazione delle opere ai fini della progettazione del sistema di ormeggio e di trasferimento.

In generale, le attività consisteranno in indagini geofisiche (es. rilievo batimetrico, sub-bottom profiles, side scan sonar) e geotecniche (sondaggi con prelievo di relativi campioni).

5.2 Lavori di Preparazione del Fondale Marino

Sulla base dei risultati delle campagne di indagine e del progetto dell'intero sistema di ormeggio e trasferimento, potrebbero essere necessari lavori di preparazione del fondale marino.

Le finalità di questi lavori sono:

- Rimozione di detriti/ostacoli che potrebbero essere di impedimento per la posa delle linee di ormeggio;
- Preparazione del fondale per l'installazione delle fondazioni di strutture sottomarine.

La rimozione dei detriti/ostacoli potrà essere eseguita da un LCV equipaggiato con gru a sollevamento compensato. La stessa tipologia di mezzo potrà anche eseguire la posa di contenute quantità di materiale (come, ad esempio, sacchi di sabbia) per l'eventuale preparazione del fondale.

5.3 Pre-installazione delle Ancore e dei Segmenti Inferiori di Catena

La prima fase prevederà una campagna di preinstallazione delle ancore e dei segmenti inferiori di catena, che si effettuerà mediante l'utilizzo di 2 AHV (Anchor Handling Vessel) a supporto delle operazioni. Si evidenzia che le ancore saranno dotate di connettori sottomarini per le linee di ormeggio compatibili con i ROV.

Il sistema di ormeggio sarà composto da 6 linee equidistribuite ogni 60 gradi e composte da un segmento inferiore ed intermedio di catena ed uno superiore di cavo in acciaio. Le 6 linee di ormeggio, le ancore e tutte le relative attrezzature e componentistiche associate saranno mobilitate in un porto designato, trasportate al campo offshore ed installate per mezzo di 2 AHV.

La scelta del sistema di ancoraggio sarà subordinata ad una serie di condizioni sito-specifiche, quali le caratteristiche geotecniche e geomorfologiche del fondale e le condizioni ambientali (meteo) del sito.

Sulla base delle informazioni al momento disponibili e in considerazione dei carichi agenti sul sistema di ancoraggio e la tipologia di ormeggio prevista, la soluzione proposta prevede l'utilizzo di ancore a trascinamento (drag embedded anchor). In fase di più avanzata ingegneria e a valle dell'esecuzione di campagne di indagine geofisiche e geotecniche di

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

maggior dettaglio volte all'identificazione delle tipologie e della natura dei fondali, potranno, se del caso, essere prese in considerazione opzioni alternative quali ancore su palo ("hammer piles" o "suction piles").



Figura 5-1 Configurazione tipica di ancore a trascinamento

I 2 AHV selezionati per svolgere delle operazioni di installazione del sistema di ormeggio imbarcheranno le ancore e le linee di ormeggio precedentemente predisposte presso la banchina di stoccaggio.

Tutti i restanti componenti del sistema di ormeggio verranno consegnati su apposite bobine o sistemi di contenimento e caricati a bordo della nave installatrice.

I 2 AHV si dirigeranno in sito e svolgeranno le seguenti attività di installazione:

- Preparazione delle ancore a bordo della nave installatrice e posizionamento nelle aree previste per l'installazione;

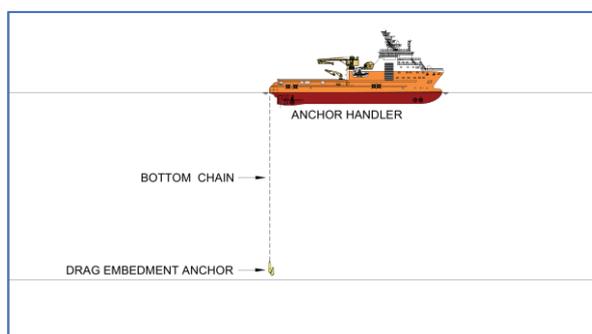


Figura 5-2 Tipico di pre-posizionamento delle ancore sopra le aree di installazione

- Pre-installazione di ancore nelle aree designate e disposizione in acqua di una prima parte delle catene di ormeggio;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

- Prova di carico delle ancore fino al raggiungimento del valore di tensionamento di progetto;

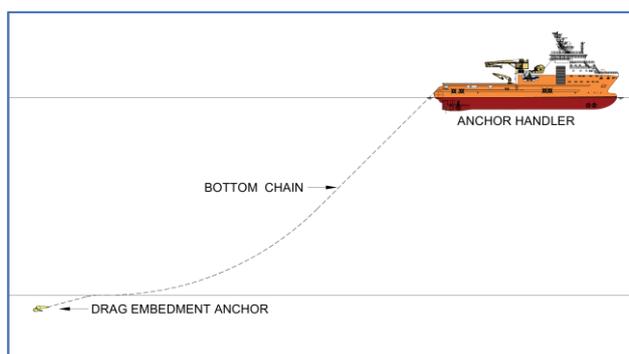


Figura 5-3 Tipico di tensionamento delle ancore

- Installazione dei componenti necessari per il sistema di ormeggio e disposizione in acqua della restante lunghezza di catena;
- Installazione dei connettori di ormeggio per la *turret buoy* (questa operazione può anche essere svolta durante la fase di recupero (hook up) della turret buoy);
- Installazione dell'attrezzatura di sollevamento necessaria al successivo recupero delle linee;
- Abbandono sul fondo delle linee.

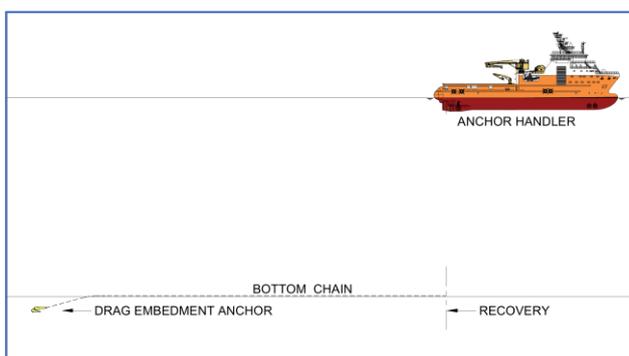


Figura 5-4 Tipico di abbandono delle linee di ormeggio sul fondo

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

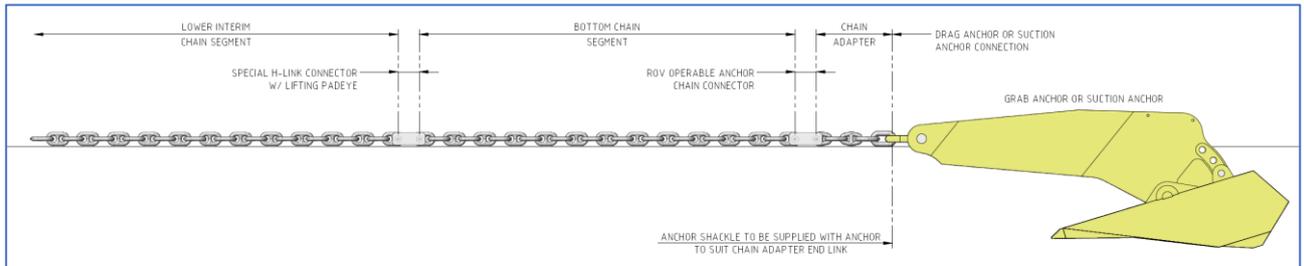


Figura 5-5 Tipico linea di ormeggio con catena e drag anchor



Figura 5-6 Tipici elementi di ormeggio stivati a bordo di una nave d'installazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

5.4 Installazione della *Turret Buoy* e Collegamento alle Linee di Ormeggio

Per quanto riguarda l'installazione della *turret buoy*, il recupero e la connessione delle linee di ormeggio alla stessa, è previsto l'utilizzo di una nave installatrice e di due navi dedicate alla posa di ancore (AHV1 e AHV2).

La *turret buoy* ed i segmenti superiori del cavo in acciaio saranno preparati in un'area di stoccaggio dedicata, ubicata vicino al sito di installazione offshore. Una nave installatrice, dotata di una gru da almeno 400 te, trasporterà al campo di installazione la *turret buoy*, opportunamente rizzata a bordo, ed i 6 segmenti di cavo in acciaio collegati ai connettori della *turret buoy* ed assicurati sul ponte della nave di installazione. Date le caratteristiche della *turret buoy*, essa avrà una galleggiabilità netta positiva e sarà quindi necessario trasportare a bordo della nave installatrice un peso aggiuntivo, ai fini di zavorrarla ed immergerla alla profondità adatta all'aggancio delle linee di ormeggio.

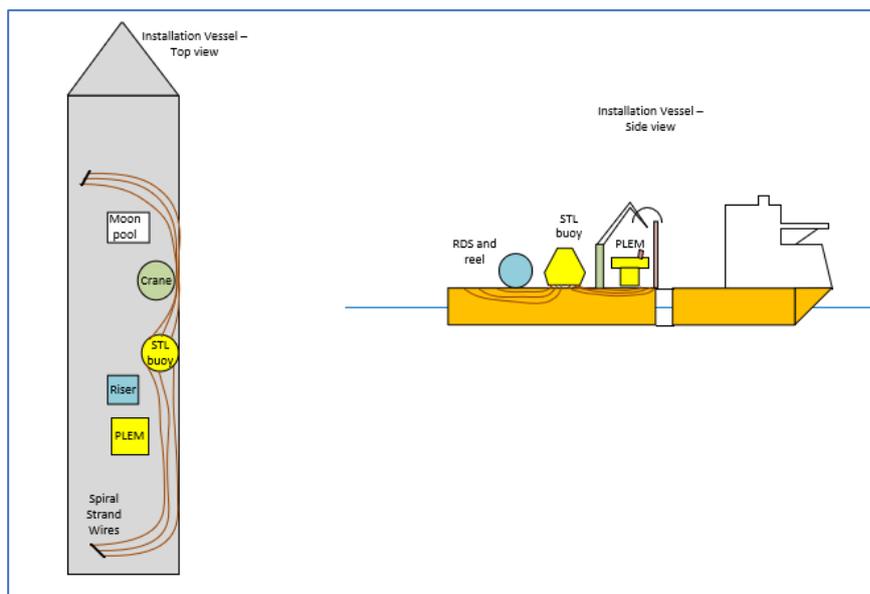


Figura 5-7 Tipico piano di stivaggio della nave dedicata al trasporto e all'installazione della *turret buoy*

I segmenti di catena intermedi saranno trasportati al campo di installazione dai due AHV.

Di seguito viene presentata la procedura tipicamente applicata per l'installazione della *turret buoy*:

- Sollevamento e collegamento di 3 segmenti di cavo in acciaio alla barra di sollevamento dell'AHV1 e dei restanti 3 segmenti di cavo in acciaio alla barra di sollevamento dell'AHV2, come illustrato nella figura seguente;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

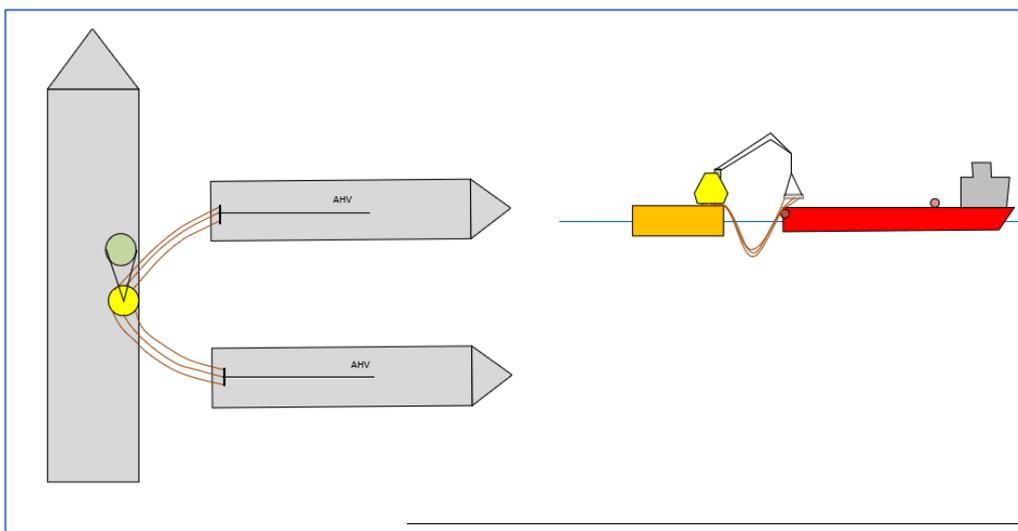


Figura 5-8 Tipico dell'operazione di sollevamento e collegamento dei cavi in acciaio alle barre di sollevamento dei 2 AHV

- Connessione della *turret buoy* alla gru della nave installatrice e rilascio dei sistemi di rizzaggio.
- Posizionamento della *turret buoy* fuori bordo, sulla superficie del mare, e disconnessione della stessa dalla gru della nave installatrice. In questa fase, illustrata nella figura di seguito, i due AHV manterranno stabile il posizionamento della *turret buoy*,

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

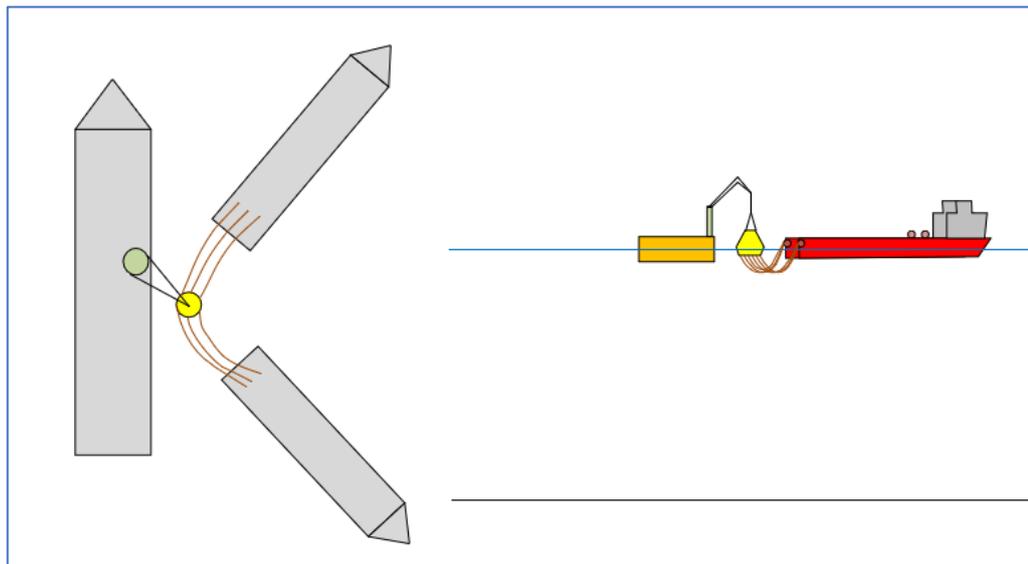


Figura 5-9 Tipico dell'operazione di posizionamento fuori bordo della *turret buoy*

- Connessione della zavorra alla gru della nave installatrice;
- Posizionamento fuori bordo e abbassamento della zavorra fino ad una profondità adeguata dove sarà possibile procedere collegandola alla turret buoy per mezzo di un ROV;
- Abbassamento della zavorra ad una profondità tale da ottenere l'immersione della torretta;
- Allontanamento della turret buoy dalla nave installatrice per mezzo dei due AHV, come rappresentato nella figura di seguito;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

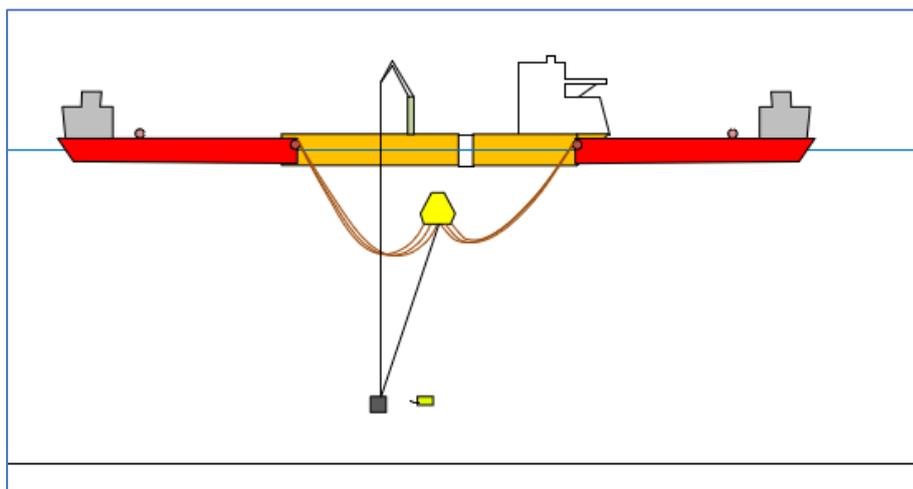


Figura 5-10 Tipico dell'operazione di allontanamento della *turret buoy* dalla nave installatrice per mezzo dei due AHV

- Abbassamento della zavorra fino al fondale;
- Rilascio della zavorra dalla gru e recupero delle relative attrezzature di sollevamento sul ponte della nave installatrice.

Al termine di questa procedura, la *turret buoy* si troverà in una posizione idonea per procedere con il collegamento della stessa alle linee di ormeggio precedentemente preinstallate, come descritto in sezione 5.3.

I passaggi tipicamente necessari a svolgere l'operazione di collegamento sono:

- Posizionamento fuoribordo e abbassamento fino al fondale delle barre di sollevamento dei 2 AHV, con i relativi cavi in acciaio precedentemente collegati, come rappresentato nella figura seguente;

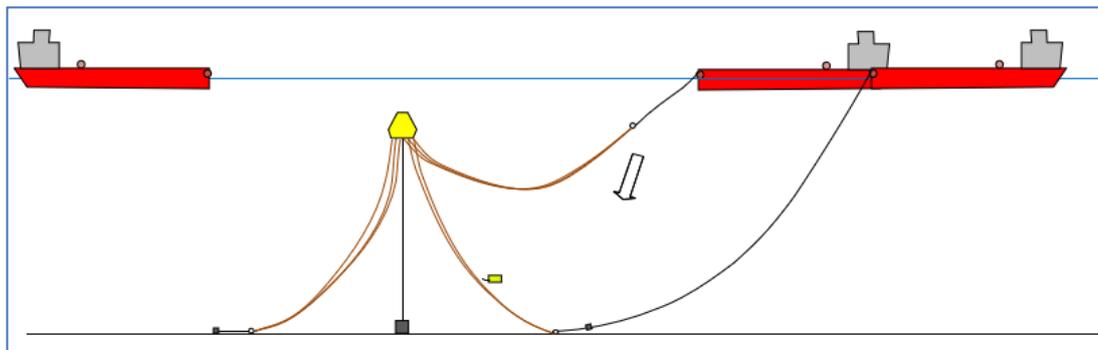


Figura 5-11 Tipico dell'operazione di abbassamento fino al fondale delle barre di sollevamento dei 2 AHV

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

- Recupero sul ponte di un segmento di cavo in acciaio da parte di un AHV e connessione dello stesso al segmento intermedio di catena, come rappresentato nella figura seguente;

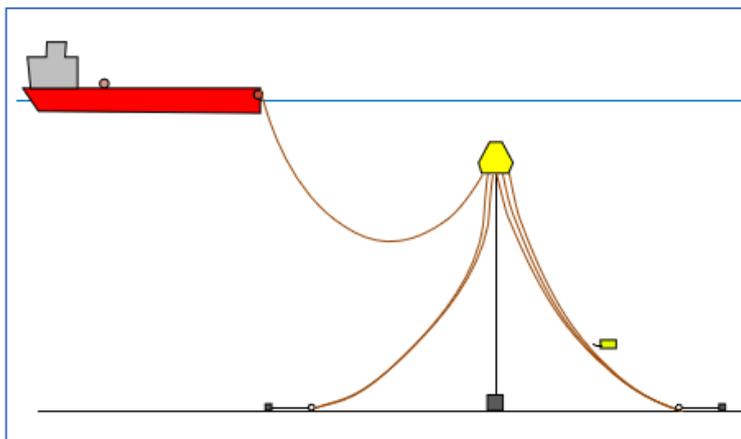


Figura 5-12 Tipico dell'operazione di recupero sul ponte del AHV di un cavo in acciaio

- Rilascio in acqua del cavo in acciaio e del segmento intermedio di catena, bloccando la catena qualche metro prima della fine;
- Installazione del connettore alla fine del segmento intermedio di catena e connessione del cavo del verricello del AHV qualche anello prima della fine della catena;
- Rilascio del cavo del verricello. In questa fase un adeguato posizionamento del AHV sarà necessario al fine di appoggiare il connettore installato alla fine del segmento intermedio di catena nella posizione idonea per il collegamento con la parte inferiore di catena precedentemente abbandonata sul fondale.
- Connessione della parte inferiore di catena al connettore del segmento intermedio di catena per mezzo di un ROV

Tale procedura dovrà essere eseguita per ciascuna linea di ormeggio. Una volta terminato il collegamento di tutte le linee di ormeggio si procederà recuperando a bordo della nave installatrice il peso utilizzato per zavorrare la *turret buoy*.

5.5 Installazione del PLEM

Il PLEM, come descritto nel documento REL-100-E-00100 (Rif. /2/) è dotato di una di fondazione a gravità e di una copertura (sovrastuttura metallica) per la protezione dall'eventuale impatto dovuto ad oggetti caduti.

I passaggi di installazione tipici per il PLEM sono:

- Collegamento del PLEM alla gru della nave tramite sistema di movimentazione e sollevamento (rigging equipment) dedicato. Il collegamento avverrà attraverso appositi punti di sollevamento integrati ai 4 angoli del PLEM;

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

- Movimentazione del PLEM fuoribordo tramite gru della nave e discesa attraverso la splash zone (la nave di installazione, durante questa fase, sarà a distanza di sicurezza da qualsiasi infrastruttura sottomarina);
- Abbassamento del PLEM a circa 20 m sopra il fondale marino. Il ROV monitorerà questa fase;
- Movimentazione dell'imbarcazione verso il target box del PLEM e orientamento del PLEM in accordo con l'orientamento di progetto;
- Abbassamento della struttura sul fondale e posizionamento del PLEM nella target area (tipicamente una tolleranza di 3 m x 3 m rispetto alla posizione del centro geometrico del PLEM è accettata) e attesa che la fondazione si assesti nel fondale marino per effetto del peso proprio;
- Una volta che il PLEM ha raggiunto il livello di penetrazione alla profondità di progetto e il suo livellamento è in accordo con le tolleranze di posa, verrà eseguita una survey di monitoraggio e l'attrezzatura di survey verrà recuperata.

La sequenza tipica di installazione descritta si riferisce ad un PLEM con struttura integrata. Piccole variazioni nella sequenza suindicata potranno essere previste in caso di PLEM con struttura modulare, nel qual caso potrebbe essere necessario installare dapprima la struttura di fondazione e successivamente, con le stesse modalità, la relativa protezione dotata di appositi dispositivi di guida (Guide Post).

5.6 Installazione del Riser Flessibile

Il riser flessibile verrà avvolto nel sito di produzione su di un aspo, che sarà trasportato via mare fino ad un'area di stoccaggio dedicata (analogamente a tutti gli ancillaries).

Il mezzo navale dedicato all'installazione transiterà per l'area di stoccaggio, dove preleverà tramite sollevamento l'aspo e lo collocherà nel proprio Reel Drive System (RDS).

L'installazione del riser verrà effettuata prima dell'arrivo ed il posizionamento della FSRU.

La procedura di installazione proposta prevede di iniziare con l'installazione della parte terminale sottomarina. Tale approccio comporterà carichi di infilaggio (pull-in loads) superiori in corrispondenza della torretta, ma presenta vantaggi durante la posa della parte sottomarina e l'installazione degli elementi di galleggiamento. Eventuali soluzioni alternative, che prevedono di procedere iniziando con l'installazione dalla torretta, saranno definite durante l'ingegneria di dettaglio, qualora necessario.

Una procedura tipica per l'installazione del riser è qui descritta, in fase di successiva ingegneria si valuterà l'eventuale necessità di installare dei relativi blocchi di ancoraggio verticali ed orizzontali, il cui impatto ambientale comunque rimarrà confinato nell'area prossima al PLEM.

- Prelevare la prima estremità dall'aspo e posizionarla sulla torre verticale di varo (VLS - Vertical Lay Tower) ed all'interno dei tensionatori (tensioner);

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

- Impegnare (serrare) i tensionatori e montare il dispositivo ausiliario di installazione alla parte terminale del riser;
- Installare una clampa provvisoria per il fissaggio dell'appesantimento in prossimità dalla terminazione sottomarina
- Abbassare il riser verso il fondale marino rilasciandolo tramite l'RDS ed i tensionatori, fin quando la traccia per l'installazione del primo modulo di galleggiamento non raggiunge l'area di lavoro.
- Installare il primo modulo e continuare a rilasciare il riser, installando i moduli di galleggiamento previsti, fin quando la clampa per l'appesantimento temporaneo viene a trovarsi a circa 30-40 m di profondità;
- Collegare la massa di appesantimento temporanea a detta clampa (in modo da appesantire adeguatamente il riser);
- Continuare a rilasciare il riser installando gli eventuali ulteriori moduli di galleggiamento e manovrare il mezzo navale in modo da adagiare la massa di appesantimento temporanea sul fondale marino in prossimità del PLEM;
- Continuare a rilasciare il riser in modo che assuma la configurazione "ad onda" (wave configuration) prestabilita ed avvicinare il mezzo navale verso la turret buoy;
- Quando il riser sarà completamente srotolato dall'aspo, rilasciarne dall'aspo l'estremità e posizionarla sopra lo scivolo (chute) della VLS;
- Connettere l'estremità al verricello (A&R winch) e trasferire il carico ad esso;
- Rilasciare i tensionatori ed abbassare il riser con il verricello;
- Abbassare l'estremità al di sotto della turret buoy ed avvicinare il mezzo navale il più possibile ad essa;
- Abbassare la braca (della gru sullo stesso mezzo navale o su di un altro mezzo) all'interno l'imbocco della turret buoy;
- Connettere la braca all'estremità del riser e iniziare a recuperarla, rilasciando contemporaneamente il cavo del verricello, in modo da trasferire progressivamente il carico dal verricello alla gru;
- Continuare rilasciando il cavo del verricello e tirando contemporaneamente l'estremità del riser con la gru verso la torretta, fino ad innestare il meccanismo di aggancio alla turret buoy;
- Rilasciare la braca dall'estremità del riser, che adesso risulterà sostenuto dalla turret buoy.
- La parte terminale sottomarina del riser potrà adesso essere collegata al PLEM tramite un opportuno dispositivo di allacciamento (tie-in tool) e si potrà procedere con la rimozione della massa di appesantimento temporanea.

Attualmente non sono previsti sistemi di ancoraggio per il riser flessibile. In una fase successiva dell'ingegneria ne sarà valutata l'eventuale necessità.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

5.7 Metrologia e Installazione del Giunto di Connessione tra Condotta e PLEM

La metrologia consiste nell'esatta misurazione della distanza tra le estremità della condotta e il PLEM per costruire il giunto di connessione. Esistono varie tecnologie per raggiungere questo obiettivo, tra cui l'acustica (LBL) o LiDAR (rilevamento e portata della luce) è la più comunemente utilizzata. Entrambi i sistemi possono essere utilizzati su ROV.

L'obiettivo è identificare quei parametri necessari per la fabbricazione del giunto di connessione tra la condotta sottomarina e il PLEM, ovvero:

- La distanza presa sulle tre direzioni principali tra le facce delle due estremità;
- La distanza verticale tra le estremità e il fondale marino;
- Orientamento e assetto di ogni estremità;
- Profilo del fondale lungo il corridoio di posa del giunto di connessione.

Le attività di ispezione relative alla metrologia possono essere riassunte come segue:

- Controllo dimensionale delle strutture;
- Installazione e calibrazione di LBL array;
- Indagine batimetrica tramite WROV;
- Metrologia (misurazioni) tramite dispositivi acustici;
- Misura della profondità tramite sensori Digiquartz.

Il giunto di connessione è tipicamente prefabbricato prima della campagna di metrologia, a parte alcune saldature (solitamente 2 o più) chiamate "metrology welds". Una volta ricevuti i parametri del rilievo sarà possibile tagliare a misura i giunti pre-assemblati e completare la fabbricazione.

Il giunto di connessione sarà installato da un LCV o un mezzo navale di maggiori dimensioni in funzione della dimensione del giunto di connessione. Il giunto sarà prelevato dal cantiere di fabbricazione, sollevato e fissato a bordo del mezzo navale, utilizzando una lunga barra di sollevamento (spreader bar). Il mezzo navale di installazione navigherà verso il sito di installazione del giunto di connessione.

Generalmente, il giunto sarà installato con il seguente metodo:

- Collegamento del giunto alla spreader bar;
- Sollevamento del giunto tramite gru, e spostamento fuori bordo;
- Immersione del giunto;
- Posizionamento del giunto in corrispondenza delle estremità da connettere (condotta e PLEM) con l'utilizzo del posizionamento del mezzo navale e del ROV;
- Esecuzione delle connessioni con l'estremità della condotta sottomarina e con il piping del PLEM. Esecuzione dei test sulle estremità;
- Rimozione e recupero della strumentazione utilizzata per l'installazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

Per quanto riguarda la connessione del cavo telecomando, sarà recuperata la terminazione, precedentemente abbandonata in prossimità del PLEM, e collegata all'interno della stazione mediante l'impiego di sommozzatori o ROV. Una volta all'interno della stazione PLEM, si provvederà a eseguire i dovuti collegamenti con il sistema di attuazione della valvola sottomarina.

5.8 Collegamento della FSRU alla *Turret Buoy*

Nella fase iniziale di questa operazione la *turret buoy* galleggia a circa 30 metri al di sotto della superficie ed è pre-connessa ad un cavo, sufficientemente robusto e di materiale sintetico, da utilizzarsi per il recupero e installazione finale. La FSRU dovrà essere relativamente stabile durante le operazioni offshore e dovrà necessariamente essere supportata da mezzi navali in assistenza (tipicamente rimorchiatori) ai fini di mantenere posizione e orientamento durante tutto il processo di collegamento. Tale operazione è largamente effettuata nell'industria petrolifera offshore e sarà adeguatamente pianificata mediante l'esecuzione di analisi dedicate e successivamente monitorata.

Si prevede di utilizzare una linea di recupero dedicata all'interno del sistema a torretta esterna della FSRU e successivamente di effettuare le seguenti operazioni atte al recupero e al collegamento finale della *turret buoy*:

- Posizionamento della FSRU sopra la *turret buoy* tramite l'utilizzo dei rimorchiatori;
- Collegamento della linea di recupero della FSRU al cavo sintetico collegato alla *turret buoy*;

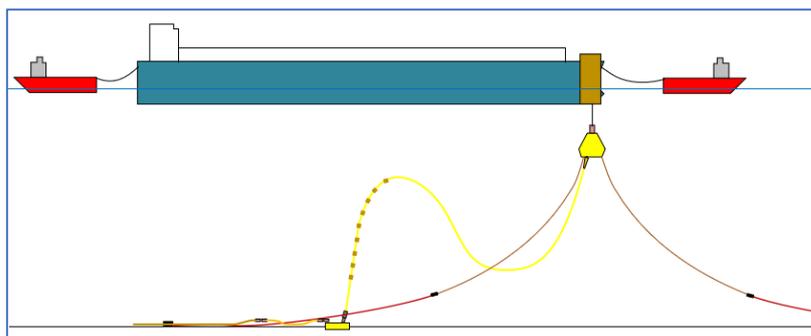


Figura 5-13 Tipico dell'operazione di collegamento della linea di recupero della FSRU al cavo sintetico collegato alla *turret buoy*

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00101	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0036381-1-H2

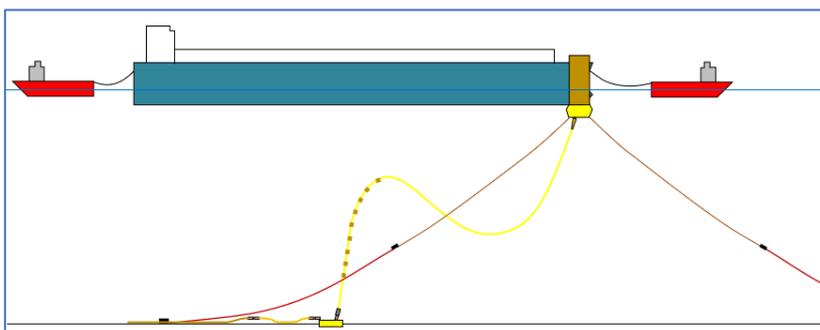


Figura 5-14 Tipico dell'operazione di recupero e fissaggio della turret buoy dentro la torretta

- Rilascio dei rimorchiatori.

5.9 Attività di Pre-commissioning

Una volta eseguita l'installazione del giunto che conetterà la condotta sottomarina e il PLEM sarà possibile provvedere alle attività di pre-commissioning.

Il PLEM sarà dotato di un Pig Launcher/Receiver (PLR). Le attività di pre-commissioning e ispezione saranno eseguite facendo correre i pig all'interno della linea. Le attività saranno coadiuvate da mezzi navali di supporto. Maggiori dettagli sono riportati nel Rif. /8/.

Il riser flessibile verrà tipicamente installato pressurizzato con azoto. Durante il collegamento del riser, una minima quantità di acqua entrerà nel PLEM e nel riser. L'azoto e un minimo di acqua che potrebbe entrare durante il tie-in saranno dalla FSRU attraverso una linea di spurgo sul PLEM.