

SEZIONE D2: AGGIORNAMENTO DEL QUADRO PROGETTUALE
INDICE

	<u>Pagina</u>
ELENCO DELLE TABELLE	V
ELENCO DELLE FIGURE	VI
1 INTRODUZIONE	1
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
2.1 SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA	3
2.1.1 Caratteristiche Tecniche Generali	3
2.1.2 Descrizione del Tracciato	3
2.1.3 Criteri Generali di Progettazione	4
2.1.4 Sistemi di Protezione dalle Azioni Corrosive	4
2.2 SEZIONE ON-SHORE TOSCANA	5
2.2.1 Metanodotto On-Shore	5
2.2.2 Terminale di Arrivo di Piombino	7
3 INDAGINI IN SITO	13
3.1 STUDIO GEOFISICO DEI FONDALI	13
3.1.1 Dorsale di Pianosa	13
3.1.2 Scarpata Continentale di Piombino, Italia Continentale	14
3.1.3 Piattaforma Continentale di Piombino, Italia Continentale	15
3.2 AREA DI APPRODO	16
3.2.1 Indagini Geofisiche e Geotecniche, Approdo di Piombino (Parte a Mare)	16
3.2.2 Indagini Geofisiche e Geotecniche, Approdo di Piombino (Parte a Terra)	18
3.3 TERMINALE DI PIOMBINO	19
3.4 RICOGNIZIONE-BONIFICA SUBAQUEA DA ORDIGNI ESPLOSIVI RESIDUATI BELLICI	21
4 ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE, COLLAUDO, ESERCIZIO, MANUTENZIONE E RIPRISTINO AMBIENTALE	23
4.1 COSTRUZIONE SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA	23
4.1.1 Aree di Cantiere	23
4.1.2 Attività di Costruzione Lungo la Rotta	25
4.1.3 Realizzazione dello Shore-Approach	27
4.1.4 Operazioni di Tiro e Posa della Condotta	28
4.1.5 Mezzi Utilizzati	29
4.1.6 Collegamento in Superficie	30
4.1.7 Campata Libera ed Interventi sul Fondo	31
4.1.8 Realizzazione degli Attraversamenti	31
4.2 COSTRUZIONE SEZIONE ON-SHORE TOSCANA	33
4.2.1 Realizzazione della Linea Principale On-Shore	33
4.2.2 Realizzazione degli Attraversamenti Metanodotto On-Shore	35
4.2.3 Terminale di Arrivo di Piombino	37
4.3 COLLAUDO IN OPERA DELLA CONDOTTA	38
4.3.1 Collaudo della Condotta Off-Shore	38

**INDICE
(Continuazione)**

4.3.2	Collaudo del Metanodotto a Terra	39
4.4	RISPRISTINI AMBIENTALI E OPERE COMPLEMENTARI	39
4.4.1	Ripristino Sezione Sottomarina	40
4.4.2	Ripristino e Opere Complementari Sezione On-Shore	42
4.4.3	Ripristino Dunale	43
4.5	TEMPI DI REALIZZAZIONE	45
4.6	ESERCIZIO E MANUTENZIONE DEL METANODOTTO	46
4.6.1	Avviamento e Fermata del Metanodotto	46
4.6.2	Ispezione del Metanodotto	46
4.6.3	Manutenzione del Metanodotto	47
4.7	RIPRISTINO AMBIENTALE A FINE ESERCIZIO	49
4.7.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	49
4.7.2	Terminale di Piombino	49
5	OTTIMIZZAZIONI PROGETTUALI E ALTERNATIVE	51
6	INTERAZIONI CON L'AMBIENTE IN FASE DI CANTIERE	53
6.1	EMISSIONI IN ATMOSFERA	53
6.1.1	Condotta Sottomarina	53
6.1.2	Metanodotto On-Shore	54
6.1.3	Terminale di Arrivo di Piombino	54
6.2	EMISSIONI SONORE E VIBRAZIONI	55
6.2.1	Condotta Sottomarina	55
6.2.2	Metanodotto On-Shore	55
6.2.3	Terminale di Arrivo di Piombino	55
6.3	PRELIEVI IDRICI	55
6.3.1	Condotta Sottomarina	55
6.3.2	Metanodotto On-Shore	56
6.3.3	Terminale di Arrivo di Piombino	56
6.4	SCARICHI IDRICI	56
6.4.1	Condotta Sottomarina	56
6.4.2	Metanodotto On-Shore	56
6.4.3	Terminale di Arrivo di Piombino	57
6.5	PRODUZIONE DI RIFIUTI	57
6.5.1	Condotta Sottomarina	57
6.5.2	Metanodotto On-Shore	57
6.5.3	Terminale di Arrivo di Piombino	57
6.6	UTILIZZO DI MATERIE PRIME E RISORSE NATURALI, CONSUMO DI SUOLO, TERRE E ROCCE DA SCAVO	57
6.6.1	Condotta Sottomarina	57
6.6.2	Metanodotto On-Shore	58
6.6.3	Terminale di Arrivo di Piombino	59
6.7	TRAFFICO MEZZI TERRESTRI E NAVALI	60

INDICE
(Continuazione)

6.7.1	Condotta Sottomarina	60
6.7.2	Metanodotto On-Shore	60
6.7.3	Terminale di Arrivo di Piombino	60
7	INTERAZIONI CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO	62
7.1	EMISSIONI IN ATMOSFERA	62
7.2	EMISSIONI SONORE E VIBRAZIONI	62
7.2.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	62
7.2.2	Terminale di Arrivo di Piombino	62
7.3	PRELIEVI IDRICI	62
7.3.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	62
7.3.2	Terminale di Arrivo di Piombino	62
7.4	SCARICHI IDRICI	62
7.4.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	62
7.4.2	Terminale di Arrivo di Piombino	62
7.5	PRODUZIONE DI RIFIUTI	63
7.5.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	63
7.5.2	Terminale di Arrivo di Piombino	63
7.6	UTILIZZO DI MATERIE PRIME E RISORSE NATURALI, CONSUMO DI SUOLO	63
7.6.1	Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra	63
7.6.2	Terminale di Arrivo di Piombino	63
7.7	TRAFFICO MEZZI TERRESTRI E NAVALI	64
8	MISURE PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI	65
8.1	CONDOTTA SOTTOMARINA	65
8.1.1	Risospensione di Sedimenti e Aumento di Torbidità delle Acque	65
8.1.2	Interferenze/Danneggiamenti alle Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	66
8.1.3	Interferenze/Danneggiamenti alle Bioconcrezioni	67
8.2	METANODOTTO ON-SHORE	68
8.2.1	Installazione del Cantiere e dei Servizi	68
8.2.2	Pulizia dell'Area e Preparazione della Pista di Lavoro	68
8.2.3	Scavo della Trincea	69
8.2.4	Posa della Tubazione	69
8.2.5	Rinterro	70
8.2.6	Gestione dei Rifiuti e Sistemi per la Prevenzione della Contaminazione del Terreno	70
8.2.7	Ripristino Morfologico	72
8.2.8	Ripristino Ambientale	72
8.3	TERMINALE DI ARRIVO DI PIOMBINO	73
9	MISURE DI MONITORAGGIO	74
9.1	SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA	74
9.2	SEZIONE ON-SHORE TOSCANA	75
10	ANALISI DEI MALFUNZIONAMENTI E DEGLI SCENARI INCIDENTALI	76
10.1	SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA	76

INDICE
(Continuazione)

10.1.1	Collasso del Tubo senza Rottura	76
10.1.2	Collasso del Tubo con Rottura e Riempimento del Tubo d'Acqua	76
10.2	SEZIONE ON-SHORE TOSCANA	77
10.2.1	Metanodotto On-Shore	77
10.2.2	Terminale di Arrivo a Piombino	78
11	ANALISI DI RISCHIO DELLA CONDOTTA	80
11.1	IDENTIFICAZIONE DEI RISCHI	80
11.1.1	Geohazard	80
11.1.2	Rischi da Traffico Marittimo	81
11.1.3	Rischi da Attività di Pesca	82
11.1.4	Rischi Generici	82
11.1.5	Malfunzionamenti in Esercizio	82
11.1.6	Rischi in Fase di Costruzione	82
11.1.7	Rischi Relativi All'approdo	83
11.1.8	Il Principio ALARP	83

RIFERIMENTI**APPENDICE A: CARTOGRAFIA ATTIVITA' ESTRATTIVE E DISCARICHE****APPENDICE B: SCHEDA DESCRITTIVA ATTRAVERSAMENTO CANALE ALLACCIANTE CERVIA**

ELENCO DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Pagina</u>
Tabella 2.1: Caratteristiche Tecniche della Condotta Sottomarina Sardegna-Toscana	3
Tabella 2.2: Caratteristiche Generali del Metanodotto On-Shore	5
Tabella 2.3: Principali Attraversamenti del Metanodotto On-Shore	6
Tabella 2.4: Parametri di Esercizio del Terminale di Piombino	9
Tabella 3.1: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Mare	17
Tabella 3.2: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Mare	17
Tabella 3.3: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Terra	18
Tabella 3.4: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Terra	18
Tabella 3.5: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Terminale	19
Tabella 3.6: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Terminale	20
Tabella 4.1: Attraversamenti della Condotta Sottomarina SI	32
Tabella 4.2: Ubicazione delle Infrastrutture Provvisorie	33
Tabella 4.3: Ubicazione dei Tratti di Allargamento della Fascia di Lavoro	34
Tabella 4.4: Opere Complementari Sezione On-Shore	42
Tabella 6.1: Mezzi Impiegati per la Costruzione della Condotta Sottomarina	53
Tabella 6.2: Mezzi Impiegati per la Costruzione del Metanodotto On-Shore	54
Tabella 6.3: Mezzi Impiegati per la Costruzione del Terminale di Piombino	55
Tabella 6.4: Prelievi Idrici Fase di Cantiere Condotta Sottomarina	56
Tabella 6.5: Scarichi Idrici Fase di Cantiere Condotta Sottomarina	56
Tabella 6.6: Utilizzo Materie Prime/Risorse – Attività a Mare e Approdi	58
Tabella 6.7: Utilizzo Materie Prime/Risorse - Fase di Realizzazione On-Shore	59
Tabella 6.8: Utilizzo Materie Prime/Risorse – Interventi di Mitigazione e Ripristino	59
Tabella 6.9: Stima del Consumo di Suolo, Terre e Rocce da Scavo, Terminale di Piombino	59
Tabella 6.10: Traffico di Mezzi in Fase di Realizzazione del Terminale	60
Tabella 7.1: Rifiuti prodotti durante l'Esercizio del Terminale di Piombino	63
Tabella 7.2: Servitù non Aedificandi	63
Tabella 7.3: Utilizzo Materie Prime/Risorse in Fase di Esercizio del Terminale	64
Tabella 11.1: Risultati del Rischio-Ancoraggio Tradizionale, Piombino	81
Tabella 11.2 Risultati del Rischio-Trascinamento di Ancore, Piombino	82
Tabella 11.3 Rischio Ancoraggio Tradizionale con RRM Implementate, Piombino	84
Tabella 11.4 Rischio Trascinamento di Ancore con RRM Implementate, Piombino	85

ELENCO DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 4.1: Esempio di Mezzo Sottomarino impiegato per il Reimpianto Automatizzato di Fanerogame, Ecosub I	41

ELENCO DELLE FIGURE IN ALLEGATO

<u>Figura No.</u>	
Figura D2_2.1	Tracciato di Progetto Condotta Sottomarina Sardegna-Toscana
Figura D2_2.2	Tracciato di Progetto, Metanodotto On-shore
Figura D2_2.3	Corografia del Terminale di Arrivo a Piombino
Figura D2_2.4	Layout del Terminale di Arrivo a Piombino
Figura D2_2.5	Modello Planovolumetrico del Terminale di Arrivo a Piombino
Figura D2_3.1	Natura dei Fondali, Approdo di Piombino
Figura D2_3.2	Punti di Campionamento Indagini Geofisiche e Geotecniche a Terra
Figura D2_4.1	Sezione Tipo Posa Condotta Sottomarina
Figura D2_4.2	Sezione Tipica Pista e Scavo
Figura D2_4.3	Sezione Tipica Posa Condotta
Figura D2_4.4	Sezione Tipica di Scavo – Depressione Falda con Well Point
Figura D2_4.5	Attraversamento Tipico Strade Comunali e Vicinali
Figura D2_4.6	Attraversamento Subalveo di Corsi d'Acqua Minori
Figura D2_4.7	Opere di Contenimento – Palizzate in Legname
Figura D2_4.8	Ricostruzione Spondale – Muro Cellulare in Legname e Pietrame
Figura D2_4.9	Ripristino Vegetazionale, Aree Agricole
Figura D2_4.10	Cronoprogrammi delle Attività di Cantiere
Figura D2_11.1	Analisi del rischio di Geohazard – Condotta Sottomarina

**RAPPORTO
CHIARIMENTI ED INTEGRAZIONI AL SIA
VOLUME D – TRATTO TOSCANA
SEZIONE D2 - AGGIORNAMENTO DEL QUADRO PROGETTUALE
GASDOTTO ALGERIA – SARDEGNA – ITALIA (GALSI)
TRATTO TOSCANA**

1 INTRODUZIONE

La presente Sezione D2 degli elaborati di chiarimento e integrazione allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto GALSI è riferita alla quota parte del progetto interessante la Regione Toscana ed è dedicata ad un aggiornamento dei principali contenuti del Quadro di Riferimento Progettuale del SIA originariamente predisposto (Volume IX, Sezione IXb – Luglio 2008) e consegnato agli Enti per l'avvio dell'iter autorizzativo, cui si rimanda per ulteriori informazioni non contenute nel presente documento.

Il documento si articola come segue:

- il Capitolo 2 descrive le caratteristiche generali dell'opera, con riferimento al tracciato della condotta sottomarina, al breve tracciato on-shore e al Terminale di arrivo di Piombino;
- il Capitolo 3 riporta le indagini in sito effettuate sia per il tracciato della condotta sottomarina sia per l'approdo;
- il Capitolo 4 illustra l'articolazione delle attività di realizzazione, collaudo e manutenzione del metanodotto. In tale capitolo sono anche descritte le attività previste per la dismissione dell'opera e il successivo ripristino ambientale delle aree;
- il Capitolo 5 riporta la descrizione delle ottimizzazioni progettuali e delle alternative;
- nel Capitolo 6 vengono presentate l'analisi delle azioni progettuali e la definizione dei fattori di impatto, con riferimento alle fasi di costruzione e commissioning sia per quanto riguarda i tratti di condotta sottomarina e il breve tratto a terra sia per il Terminale di Arrivo;
- nel Capitolo 7 viene presentata l'analisi delle azioni progettuali e la definizione dei fattori di impatto, con riferimento alla fase di esercizio del metanodotto e del Terminale di Arrivo;
- nel Capitolo 8 sono riportate le misure progettuali per la mitigazione degli impatti derivanti dall'opera;
- nel Capitolo 9 sono descritte le misure di monitoraggio in fase di cantiere ed in fase di esercizio delle opere a progetto;
- nel Capitolo 10 sono analizzati i malfunzionamenti e gli eventi incidentali relativi alle diverse componenti del progetto;
- il Capitolo 11 riporta l'analisi di rischio per la condotta sottomarina.

Le informazioni e i dati progettuali riportati nel presente documento fanno riferimento ai seguenti elaborati di progetto:

- aggiornamento del progetto della condotta sottomarina Sardegna-Italia e dell'approdo a Piombino (Galsi, 2009a);
- aggiornamento del progetto della condotta a terra (Saipem-Technip, 2009a; 2009b);
- planimetria e sezioni aggiornate del Terminale di Piombino (Sofregaz, 2009);
- aggiornamento degli Elaborati di Progetto del Terminale di Piombino e Comunicazioni sulle scelte progettuali (Galsi, 2009b).

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Nei documenti pro VIA 2009 sono state apportate alcune modifiche alla documentazione di cui al SIA 2008. Nel presente Capitolo sono evidenziate le modifiche apportate; inoltre, al fine di agevolare la lettura della documentazione di progetto, sono interamente descritte le sezioni che costituiscono il sistema in esame.

2.1 SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA

Nei documenti pro VIA 2009 è stata apportata una piccola modifica alla sezione sottomarina Algeria – Sardegna in corrispondenza del tratto finale, in modo da evitare la presenza di affioramenti rocciosi (beach rock) antistanti la spiaggia (Galsi, 2009a).

Nel presente paragrafo si riassumono le caratteristiche principali di tale sezione del progetto GALSI.

2.1.1 Caratteristiche Tecniche Generali

Nella tabella seguente sono presentate le principali caratteristiche tecniche della condotta sottomarina Sardegna-Toscana.

Tabella 2.1: Caratteristiche Tecniche della Condotta Sottomarina Sardegna-Toscana

Caratteristiche Condotta Sottomarina Sardegna-Toscana	
Lunghezza	275.3 km
Massima Profondità Fondale	875 m
Diametro esterno tubo linea	Ø = 32"
Portata del metanodotto	8 miliardi Sm ³ /a
Gas vettoriato	Gas naturale
Pressione di progetto	200 barg
Protezione anti - corrosione	rivestimento in polipropilene (3 strati) e anodi sacrificali

2.1.2 Descrizione del Tracciato

La condotta sottomarina Sardegna-Toscana, il cui tracciato identificato come “rotta SI-3 Rev. 10Q” è riportato in Figura D2_2.1, collegherà la Sardegna (Approdo di Olbia) con la Toscana (Approdo di Piombino).

Il sistema è progettato per una singola direzione di flusso, dalla Sardegna alla Toscana.

Dall’approdo di Olbia il tracciato si allontana perpendicolarmente dalla costa per alcuni km, per poi deviare leggermente in direzione Nord-Nord-Ovest; in questo tratto il fondale decresce abbastanza rapidamente, raggiungendo i –90 m di profondità in 25 km di tracciato, per assestarsi su tale valore fino all’incirca al km 65 presso l’Arcipelago della Maddalena. Superato tale arcipelago, il tracciato assume una direzione Nord-Est per circa 35 km, lungo il quale viene raggiunta la massima profondità dell’intero tracciato (875 m circa), per poi assumere una direzione Nord-Nord-Ovest per un breve tratto di circa 20 km.

Successivamente il tracciato mantiene, per i circa 155 km restanti, un andamento Nord-Nord-Est, passando tra l’Isola di Montecristo e l’Isola del Giglio (distanza di circa 70 km

dall'approdo) per poi dirigersi verso Nord nel Golfo di Follonica mantenendosi ad una distanza di oltre 15 km dalle coste dell'Isola d'Elba. Lo spiaggiamento di Piombino è situato lungo la costa settentrionale del Golfo di Follonica, tra Torre del Sale e Torre Mozza.

2.1.3 Criteri Generali di Progettazione

Con particolare riferimento alla condotta sottomarina in prossimità dell'approdo costiero, si è posta particolare attenzione a:

- garantire che la sezione finale del tracciato per l'approccio alla costa non presenti curve in modo da facilitare l'installazione della condotta e lo scavo della trincea;
- garantire che la sezione finale di approccio alla costa abbia direzione perpendicolare alla linea di costa al fine di minimizzare la lunghezza della trincea e l'esposizione alle interferenze delle onde nella parte di tracciato prossima alla costa;
- limitare per quanto possibile l'interferenza con aree sensibili (parchi naturali, praterie di posidonia, aree protette, ecc.), sia in prossimità dell'approdo, sia nel tratto di condotta sottomarina;
- minimizzare la lunghezza della linea in mare;
- evitare aree potenzialmente inquinate (Sito di Interesse Nazionale di Piombino);
- evitare interferenze con aree interessate da un intenso traffico navale e attività di pesca;
- minimizzare l'interessamento di affioramenti rocciosi (beach rock) antistanti la spiaggia a Piombino;
- minimizzare il numero di attraversamenti delle linee esistenti.

2.1.4 Sistemi di Protezione dalle Azioni Corrosive

Il tipico problema delle condotte interrate e sottomarine è la corrosione, ossia la graduale asportazione del materiale della tubazione per effetto chimico (ossidazione) o elettrochimico (corrosione galvanica), in cui il metallo si comporta da anodo e l'ambiente circostante da catodo. Il metanodotto Galsi sarà protetto dalla corrosione tramite l'utilizzo di:

- una protezione passiva che consiste nel rivestimento esterno della condotta con polimeri in grado di proteggere il metallo dall'ossidazione;
- una protezione attiva (protezione catodica), mediante l'applicazione di anodi sacrificali.

Gli anodi sacrificali sono realizzati in lega di alluminio e zinco. La composizione dei due elementi principali può variare come descritto di seguito (JPKenny-Sofregaz):

- zinco tra il 2% e il 6%;
- alluminio tra il 94% e il 98%.

Possono inoltre essere presenti altri metalli in tracce (Fe, SI, Cu, etc.) in percentuali inferiori al 0.5%. Gli anodi saranno costituiti da "braccialetti" che verranno posizionati lungo la condotta ad intervalli di 300 m (DNV RP F103, 2003).

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

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

2.2 SEZIONE ON-SHORE TOSCANA

Nei documenti pro VIA 2009 sono state apportate le seguenti principali modifiche:

- il breve tratto di condotta a terra è stato adeguato in modo da limitare per quanto possibile i tagli trasversali del reticolo idraulico superficiale;
- lo sviluppo dell'ingegneria ha apportato alcuni aggiornamenti al Terminale di Piombino.

Nel presente paragrafo si riassumono le caratteristiche principali di tale sezione del progetto GALSI.

2.2.1 Metanodotto On-Shore

2.2.1.1 Caratteristiche Tecniche Generali

La condotta sarà completamente interrata ed in considerazione della natura dei terreni (aree agricole coltivate) la profondità minima di copertura è prevista essere pari a 1.5 metri. Le caratteristiche principali della tubazione sono sintetizzate nella seguente tabella (Saipem-Technip, 2009a).

Tabella 2.2: Caratteristiche Generali del Metanodotto On-Shore

Caratteristiche Tecniche Condotta del Metanodotto Sezione On-shore Toscana	
Parametro Condotta	Valore
Diametro Nominale	DN 800 (32")
Pressione di Progetto	200 barg
Caratteristiche Generali	
Profondità dello scavo	tale da garantire un ricoprimento minimo della condotta di 1.5 m
Valvole	No. 1 in corrispondenza del Terminale di Arrivo di Piombino
Stazione Scraper Trap	No. 1 in corrispondenza del Terminale di Arrivo di Piombino
Protezione catodica	protezione dalla corrosione attiva e passiva

Per il calcolo dello spessore di linea della tubazione è stato scelto il seguente grado di utilizzazione rispetto al carico unitario di snervamento minimo garantito: $f \leq 0.57$, considerando tubi a spessore maggiorato (Saipem-Technip, 2009a).

Negli attraversamenti di strade principali e dove sarà ritenuto necessario, la condotta sarà messa in opera con un tubo di protezione di adeguate caratteristiche.

2.2.1.2 Descrizione del Tracciato

Il tracciato della condotta ha una lunghezza di circa 3 km (si veda la Figura D2_2.2). Esso si sviluppa interamente nel Comune di Piombino (Provincia di Livorno) su aree pianeggianti di bonifica costiera. L'area è coltivata a seminativo ed è caratterizzata da presenza di terreni argillo-sabbiosi a forte contenuto di frazione organica (Saipem-Technip, 2009a).

Dal punto di approdo a terra il tracciato si dispone in direzione ortogonale alla linea di costa e dopo circa 100 m attraversa il canale allacciante Cervia. Prosegue quindi a lato di un piccolo canale di bonifica (fosso Tabella) per circa 300 m dopodiché devia ortogonalmente e si dispone parallelo ad un altro piccolo canale di bonifica che corre parallelamente alla costa. In questo tratto, lungo circa 1.2 km, attraversa prima il canale Fossaccia e successivamente il fosso Botrangolo e l'adiacente strada asfaltata.

Dopo circa 1.650 km la linea devia verso Nord e si dispone nuovamente perpendicolare alla linea di costa in parallelo a un piccolo fosso di bonifica. Prosegue quindi in questa direzione passando a lato del "Campeggio Orizzonte" a circa 200 m di distanza. Attraversa quindi la Strada Provinciale della Base Geodetica e, dopo aver attraversato il fosso Acquaviva, raggiunge il Terminale di Arrivo di Piombino, nei pressi dell'area Snam Rete Gas esistente collocata sul Metanodotto Torrenieri-Piombino.

2.2.1.3 Attraversamenti Principali

Nella seguente Tabella sono elencati i principali attraversamenti del metanodotto on-shore (Saipem-Technip, 2009a).

Tabella 2.3: Principali Attraversamenti del Metanodotto On-Shore

Progressiva (km)	Attraversamento	Descrizione	Tipologia
0+110	Corso d'Acqua	Canale Allacciante Cervia	Trivella/spingitubo
1+170	Corso d'Acqua	Fosso Botrangolo	Trivella/spingitubo
2+650	Rete Viaria	Strada Provinciale della Base Geodetica	Trivella/spingitubo

La descrizione delle modalità per la realizzazione degli attraversamenti è riportata nel successivo Paragrafo 4.2.2.

2.2.1.4 Sistemi di Protezione dalle Azioni Corrosive

Il metanodotto Galsi sarà dotato di due sistemi di protezione alla corrosione, come anche riportato nel Paragrafo 2.1.4 per la condotta sottomarina.

La condotta a terra in Toscana sarà protetta da (Saipem-Technip, 2009a):

- una protezione passiva esterna costituita da un rivestimento di nastri adesivi in polipropilene estruso ad alta densità, applicato in fabbrica, dello spessore minimo di 3.8 mm ed un rivestimento interno in vernice epossidica. I giunti di saldatura saranno rivestiti in linea con fasce termorestringenti;
- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti indotte con apparecchiature poste lungo la linea che rende il metallo della condotta elettricamente più negativo rispetto all'elettrolita circostante (terreno, acqua, ecc.). La protezione attiva viene realizzata contemporaneamente alla posa della condotta collegandolo ad uno o più impianti di protezione catodica costituiti da apparecchiature che, attraverso circuiti automatici, provvedono a mantenere il potenziale della condotta più negativo o uguale a -1 V rispetto all'elettrodo di riferimento Cu-CuSO₄ saturo.

La posizione degli impianti di protezione catodica sarà generalmente definita dopo la posa della tubazione.

2.2.1.5 Fascia di Asservimento

La costruzione e il mantenimento di un metanodotto sui fondi altrui sono legittimati da una servitù il cui esercizio, lasciate inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo di questi fondi, limita la fabbricazione nell'ambito di una fascia di asservimento a cavallo della condotta (servitù non aedificandi).

La società che avrà in gestione la condotta acquisirà la servitù stipulando con i singoli proprietari dei fondi un atto autentificato, registrato e trascritto in adempimento di quanto in materia previsto dalle leggi vigenti.

L'ampiezza di tale fascia varia in rapporto al diametro, alla pressione di esercizio e alle caratteristiche della linea di interesse in accordo alle vigenti normative di legge. Per il metanodotto in oggetto la fascia di asservimento è di larghezza pari a 62 m (31 m per lato dall'asse della condotta) per la condotta ad alta pressione (200 barg) fino all'intersezione con rete SRG esistente (Saipem-Technip, 2009a).

Si evidenzia che nel SIA del 2008 era stata individuata una fascia di asservimento maggiore (pari a 80 m), ridimensionata a 62 m nelle successive fasi di ingegneria del progetto.

2.2.1.6 Elementi di Segnalazione

A conclusione dell'opera il metanodotto risulterà visibile esternamente mediante la segnaletica di sicurezza costituita da cartelli standard. I cartelli saranno posizionati a distanze regolari ed avranno lo scopo di segnalare la presenza dall'esterno della condotta interrata.

2.2.2 Terminale di Arrivo di Piombino

Lo sviluppo dell'ingegneria ha condotto ad alcune modifiche al layout di Piombino. Le principali modifiche sono relative a:

- area d'impianto, che è diminuita a 29,300 m² (valore precedente 35,450 m²) per adattamento alla futura area SRG di collegamento alla rete;
- inserimento del sistema di misura non fiscale del gas;
- eliminazione dei seguenti sistemi:
 - filtrazione gas e "slug catcher",
 - riscaldamento gas,
 - gas servizi,
 - produzione di gas inerte,
 - caldaie;
- mancato presidio del terminale, per il quale non sono più necessari prelievi e scarichi idrici;
- aggiornamento delle sezioni dell'edificio e delle coperture.

In merito a tali modifiche GALSI ha provveduto ad inviare a D'Appolonia la seguente documentazione:

- planimetria e sezioni aggiornate dell'impianto (Sofregaz, 2009);
- aggiornamento degli Elaborati di Progetto del Terminale di Piombino e Comunicazioni (Galsi, 2009b).

Nel presente Paragrafo sono quindi descritte le caratteristiche del Terminale di Arrivo di Piombino, così come modificato in seguito agli approfondimenti progettuali che sono stati condotti.

Il Terminale di Arrivo sarà ubicato nell'area dedicata sita nel Comune di Piombino; tale area è stata individuata come ottimale in quanto adiacente alla stazione esistente, di proprietà SRG, a cui verrà convogliato il gas, dal lato Sud, opposto alla zona del metanodotto esistente Torrenieri-Piombino ed alla relativa fascia inedificabile (si veda la Corografia riportata in Figura D2_2.3). Il Terminale riceverà il gas dalla condotta di mandata da Olbia (DN 800 - 32", P 200 bar) che, dopo aver controllato e regolato la sua pressione, convoglierà il gas alla stazione adiacente, che sarà poi indirizzato nella rete nazionale dei Gasdotti.

Il terminale, si vedano il layout in Figura D2_2.4 ed il modello planovolumetrico in Figura D2_2.5, sarà costituito essenzialmente da un sistema di controllo e di regolazione della pressione e da un sistema di misura non fiscale del gas. È previsto un solo edificio, contenente la sala controllo e la sala elettrica insieme ad una sala per il generatore elettrico di emergenza.

E' prevista una rete stradale interna per collegare l'accesso al Terminale con il fabbricato e le aree impianti. Vi saranno camminamenti pavimentati per accedere alle zone di manutenzione ed alle aree di manovra del Terminale.

Il Terminale di Arrivo di Piombino si estenderà su di un'area di circa 29,300 m², suddivisibili nelle seguenti aree:

- area impianti;
- area fabbricati;
- strade e pavimentazioni.

I parametri di esercizio, con cui opera il Terminale di Arrivo in condizioni di normale funzionamento, sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2.4: Parametri di Esercizio del Terminale di Piombino

Portata volumetrica	
Portata Massima	8*10 ⁹ Sm ³ /anno
Portata Minima	307,000 Sm ³ /h (60% della portata massima)
Temperature di esercizio	
Temperatura in ingresso	-1.5 / +18.4 °C
Temperatura in uscita	-1.5 / +18.4 °C
Pressioni di esercizio	
Pressione in ingresso	77 barg
Pressione richiesta in uscita	75 barg

2.2.2.1 Unità di Processo

2.2.2.1.1 Unità di Regolazione della Pressione

A valle del Terminale di Arrivo il gas dovrà essere consegnato alla pressione di 75 barg alla condotta a terra di collegamento con la rete nazionale Gasdotti. Per permettere questo verranno installate due linee di riduzione di pressione in parallelo (una in funzione ed una di riserva), più gli innesti per una futura eventuale terza linea.

Ogni linea conterà di due valvole di regolazione, di cui una pneumatica ed una elettroidraulica. La prima avrà la funzione di regolazione della pressione, mentre la seconda di chiusura, nel caso di eccesso di pressione a valle delle stesse.

Nel caso in cui le due valvole di regolazione non bastassero, è prevista un'ulteriore valvola di sicurezza; la pressione di progetto è pari a 82.5 barg (75 barg + 10%).

Ogni linea di riduzione della pressione potrà essere isolata durante le operazioni di manutenzione; l'unità di regolazione della pressione sarà interrata in una vasca con copertura rimovibile.

2.2.2.1.2 Unità di Misura non Fiscale

La misura della portata viene effettuata mediante una linea equipaggiata con: trasmettitore di portata del tipo ad ultrasuoni, trasmettitore di pressione e trasmettitore di temperatura.

Nell'impianto sono previste due linee di misura di cui una in servizio ed una di riserva. I segnali dei tre parametri confluiscono in un elaboratore che sarà in grado di indicare la portata istantanea e la portata accumulata nel tempo. Il segnale di portata elaborato viene trasmesso alla sala di controllo di Milano e viene utilizzato anche per il controllo della portata tramite la gestione delle valvole di controllo della pressione (Galsi, 2009b).

Ogni percorso di misura potrà essere isolato durante le operazioni di manutenzione; ogni misuratore di portata sarà interrato in una vasca con copertura rimovibile per l'isolamento termico.

2.2.2.1.3 Trappola di Ricevimento PIG

Il progetto prevede la costruzione di un impianto di ricevimento PIG (Trappola); è prevista la realizzazione di una stazione di lancio e ricevimento PIG, posta all'ingresso del Terminale di Arrivo, collegata alla condotta sottomarina (DN 800 - 32") proveniente dalla Sardegna.

Detto dispositivo, utilizzato per il controllo e la pulizia interna della condotta, consentirà l'esplorazione diretta e periodica, dall'interno, delle caratteristiche geometriche e meccaniche

della stessa. Il punto di ricevimento sarà costituito essenzialmente da un corpo cilindrico denominato "trappola", di diametro superiore a quello della linea per agevolare il recupero del PIG (Saipem-Technip, 2009a).

2.2.2.2 Sistemi Ausiliari

2.2.2.2.1 Sistema di Sfiati

Il sistema di depressurizzazione sarà installato per ridurre l'accumulo di gas in caso di manutenzione e situazioni di emergenza; l'obiettivo del sistema è quello di diminuire la pressione.

L'impianto dispone di un sistema di sfiato del gas di altezza pari a 21 m; a detto sfiato sono convogliate tutte le valvole di sicurezza atte alla protezione delle varie apparecchiature presenti nell'impianto.

L'operazione di depressurizzazione di parti di impianto o dell'intero impianto viene effettuata alla presenza degli operatori e non è previsto alcun sistema automatico.

In ultimo, il serbatoio di raccolta drenaggi dalle apparecchiature d'impianto è equipaggiato con sfiato per assicurare all'interno dello stesso la pressione atmosferica. Da detto sfiato non si prevede fuoriuscita di gas.

2.2.2.2.2 Sistema Drenaggi

I liquidi provenienti dalle apparecchiature d'impianto verranno spinti per gravità verso il serbatoio di drenaggio interrato.

Considerato che in questo tratto di condotta la presenza di acqua di condensa è improbabile, il serbatoio di drenaggio sfiaterà attraverso una linea di ventilazione (munita di dispositivo di arresto fiamma) non connessa al sistema di sfiati.

2.2.2.2.3 Generatore Diesel di Emergenza

L'impianto di Piombino è equipaggiato con un gruppo elettrogeno d'emergenza azionato da motore diesel, contenuto nell'edificio del terminale, con la funzione di produrre energia elettrica nel caso in cui la rete esterna interrompa l'alimentazione all'impianto.

La riserva di combustibile per il gruppo elettrogeno è tale da assicurare 72 ore di funzionamento.

La potenza nominale del gruppo elettrogeno è di 75 kW mentre quella assorbita in continuo calcolata è di 62 kW.

Il gruppo elettrogeno viene avviato una volta al mese e mantenuto in marcia per circa 15 minuti per verificarne le buone condizioni, mentre si stima che il reale utilizzo possa avvenire una volta all'anno e per un tempo massimo di 5 ore (Galsi, 2009).

2.2.2.3 Sistema Antincendio

Sono previsti sistemi antincendio, localizzati nelle zone di impianto, con HALON o CO₂, essendo gli impianti stessi posizionati in vasche.

2.2.2.4 Strumentazione, Automazione e Telecomunicazioni

La strumentazione di campo farà capo ad una sala controllo. In essa troveranno posto tutti i quadri di strumentazione con le logiche di sistema e l'interfaccia, con un sistema di supervisione e controllo a distanza mediante telecomunicazioni.

2.2.2.5 Sistema Elettrico

La linea elettrica di collegamento fra la rete e la stazione raggiungerà un sezionatore, il quale troverà posto in un apposito contenitore e posizionato sulla recinzione.

Da quest'ultimo un cavo porterà l'energia elettrica alla sala elettrica, dove si troveranno i sezionatori di scambio rete/generatore, e quindi tutti i sezionatori per tutte le utenze di campo.

2.2.2.6 Opere Civili

Le principali opere civili da realizzare per la costruzione e l'installazione del terminale di arrivo a progetto sono:

- realizzazione dell'edificio del Terminale;
- opere di fondazione di macchinari ed apparecchiature;
- montaggio dei componenti dell'impianto.

2.2.2.6.1 Fabbricati

L'unico fabbricato in progetto è l'edificio principale del Terminale, contenente sala controllo ed elettrica separate ed inoltre una sala per il generatore elettrico di emergenza (Galsi, 2009b).

Su richiesta del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, il terminale è stato oggetto di un accurato studio di inserimento paesaggistico per minimizzare il rischio di alterazione dell'equilibrio che caratterizza il paesaggio esistente. Per una dettagliata descrizione architettonica degli edifici si rimanda alla Relazione Paesaggistica (D'Appolonia, Rapporto 07-377-H29).

2.2.2.6.2 Strade e Piazzali

La necessità di raggiungere il terminale con mezzi pesanti rende indispensabile l'adeguamento della strada di accesso ad esso, realizzato a seguito di autorizzazione comunale. Verrà realizzata una rete stradale interna tale da collegare l'accesso alle unità con i fabbricati e le aree impianti.

2.2.2.6.3 Reti di Raccolta Acque Reflue

Le acque dei pozzetti, che potranno essere oleose, saranno convogliate in un serbatoio di raccolta ed in seguito portate ad un impianto di smaltimento tramite autobotte. Non sono previste reti di raccolta delle acque civili in quanto il terminale non sarà presidiato.

2.2.2.6.4 Opere Ausiliarie

A meno delle aree coperte, di servizio e stradali, l'area dell'impianto sarà tenuta a verde, ed opportunamente mantenuta. È stato previsto un adeguato mascheramento a verde del Terminale; si rimanda per i dettagli alla Relazione Paesaggistica (D'Appolonia, Rapporto 07-377-H29).

L'area del terminale sarà recintata e provvista di opportune uscite di sicurezza. Il cancello di ingresso pedonale sarà doppio battente. Verrà realizzata una strada di accesso all'impianto ed ogni lato dell'impianto sarà provvisto di uscite di emergenza pedonale.

Verrà realizzata una zona di parcheggio autobotti in corrispondenza dell'ingresso principale; tale area avrà le seguenti caratteristiche:

- superficie non assorbente in asfalto o in calcestruzzo liscio;
- cordolatura di 15 cm lungo i lati della strada;
- assenza di tombini o bocche di lupo, collegati alla rete di raccolta delle acque meteoriche di centrale;
- strisce gialle di delimitazione ed adeguata cartellonistica di segnalazione.

Verrà inoltre realizzato uno spazio adibito a parcheggio, posto a fianco dell'entrata principale.

3 INDAGINI IN SITO

La società Fugro ha effettuato per conto di Galsi S.p.A. un survey di dettaglio della rotta Sardegna-Toscana e dell'approdo di Piombino compreso anche la parte a terra fino al Terminale di Piombino (Fugro, 2008a).

Di seguito si riassumono i contenuti delle indagini effettuate.

3.1 STUDIO GEOFISICO DEI FONDALI

Le indagini sulla rotta sottomarina sono state effettuate su cinque tratti; nel seguito si riporta la descrizione della morfologia incontrata ed eventuali vincoli progettuali per i tratti di interesse (dalla Dorsale di Pianosa fino all'approdo di Piombino, dal KP 97+270 al KP 275+306).

3.1.1 Dorsale di Pianosa

Tale tratto interessa il tracciato dal KP 97+270 al KP 203+255. Il tratto è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche batimetriche (Fugro, 2008a):

- minima profondità: 452.4 m (al KP 193+800);
- massima profondità: 878.8 m (al KP 160+662);
- gradiente massimo lungo la rotta: 12.6° (al KP 139+077);
- gradiente massimo assoluto sulla rotta: 12.6° (al KP 139+077).

I sedimenti poco profondi lungo questa sezione comprendono generalmente 20 m di argilla molto molle e molle con laminazioni di sabbia, sovrapposti ad una superficie altamente irregolare e fagliata di depositi messiniani. Evidenze di passati movimenti verticali di fluido sono state osservate mediante il sondaggio sub-bottom profiler nella porzione Nord della Dorsale di Pianosa, dove la risposta acustica indica un riempimento di "pockmarks" relitti (Fugro, 2008a).

In base alle risultanze del survey è stata effettuata un'analisi dei possibili fattori di vincolo progettuale all'installazione della condotta (Fugro, 2008a):

- presenza di affioramenti rocciosi: non vi è evidenza di roccia, sul o vicino al fondo all'interno del corridoio indagato;
- presenza di gas nel sottosuolo: non sono stati osservati gas nel sottosuolo entro i dati disponibili. Non sono state identificate anomalie sismiche mediante sub-bottom profiler, indicative di accumuli di gas nel sottosuolo che potrebbero rappresentare un rischio per la costruzione. Sono state osservate numerose depressioni del fondale lungo la rotta, dal KP 97+270 al KP 143+000, dal KP 165+000 al KP 170+000, dal KP 174+245 al KP 177+000 e dal KP 190+218 al KP 191+279. Queste depressioni hanno dimensione variabile da meno di 5 m ad un massimo di 445 m di diametro. La depressione può essere indicativa di fuga di fluido o gas; comunque la loro presenza al fondo non può essere correlata con un segnale di gas nelle registrazioni sismiche del sottosuolo;
- presenza di faglie: non sono state rilevate zone di faglia affioranti o estese entro 5 metri di profondità in base ai dati sismici lungo il tracciato;

- prova di instabilità dei pendii: il fondale lungo la sezione della rotta in progetto della Dorsale di Pianosa è estremamente ondulata, con gradienti massimi del fondo di 12.6°. Non vi è evidenza di cedimenti di scarpata lungo la rotta proposta, comunque due grandi cedimenti di scarpata possono essere osservati dall'analisi dei dati batimetrici ad Est della rotta appena comincia ad attraversare la Dorsale di Pianosa approssimativamente tra il KP 91+000 e il KP 99+000. Depositi interrati di materiali di frana sono stati osservati tra il KP 97+295 e al KP 97+518 e tra il KP 140+500 ed il KP 154.030, indicando instabilità dei pendii antecedenti;
- attraversamento di cavi: da un'indagine con AUV sono stati individuati tre attraversamenti di cavi registrati;
- presenza di ostacoli: sono stati osservati numerosi segni sul fondale nella zona di indagine orientati in varie direzioni, indicantivi della significativa attività di pesca a strascico in tale area. Sono stati identificati un totale di 29 contatti sonar e 18 elementi di detriti di forma lineare entro la sezione di indagine. Il più vicino al tracciato è localizzato al KP 202+155, a 1.2 m a Sud-Est del tracciato e con dimensioni 3.2 x 1.6 m (altezza non misurabile).

3.1.2 Scarpata Continentale di Piombino, Italia Continentale

Per tale tratto, che interessa il tracciato dal KP 203+255 al KP 231+080, si riassumono le seguenti caratteristiche batimetriche (Fugro, 2008a):

- minima profondità: 185.7 m (al KP 231+075);
- massima profondità: 557.0 m (al KP 203+255);
- gradiente massimo lungo la rotta: 9.6° (al KP 216+814);
- gradiente massimo assoluto sulla rotta: 9.6° (al KP 216+814).

I sedimenti poco profondi lungo questa sezione comprendono argilla calcarea da molto molle a molle. Evidenze di passati movimenti verticali di fluido sono state osservate mediante il sondaggio sub-bottom-profiler in quest'area, dove la risposta acustica indica possibili percorsi di migrazione di questi movimenti (Fugro, 2008a).

In base alle risultanze del survey è stata effettuata un'analisi dei possibili fattori di vincolo progettuale all'installazione della condotta (Fugro, 2008a):

- presenza di gas nel sottosuolo: non sono stati osservati gas nel sottosuolo entro i dati disponibili. Non sono state identificate anomalie sismiche mediante sub-bottom profiler, indicative di accumuli di gas nel sottosuolo che potrebbero rappresentare un rischio per la posa della condotta. Sono state osservate un certo numero di depressioni del fondale lungo la rotta, tra il KP 203+255 e il KP 217+228. Queste depressioni hanno un diametro maggiore di 90 m e possono essere correlate con apparenti disturbi nelle sottostanti registrazioni sismiche, al di sotto della massima profondità di penetrazione (maggiore di 50 m sotto il fondale). Non c'è presenza apparente di gas nel sottosuolo. Queste depressioni e spaccature sono indicative di una possibile fuoriuscita di gas da un livello non risolto più profondo;
- presenza di faglie: non sono state osservate zone di faglia mediante sub-bottom profiler;

- prova di instabilità dei pendii: il massimo gradiente osservato sulla Scarpata Continentale di Piombino è pari a 9.6° ed inoltre non vi è evidenza di sedimenti derivati da cedimenti di scarpata;
- attraversamento di cavi: nessuno attraversamento di cavi sottomarini è stato osservato in questa sezione di indagine;
- presenza di ostacoli: sono stati osservati numerosi segni sul fondale nella zona di indagine, indicativi della significativa attività di pesca a strascico nell'area. Un totale di 13 contatti sonar sono stati osservati all'interno dell'area di indagine, il più vicino dei quali è individuato al KP 211+721. Questo elemento è stato localizzato 25.1 m a Est-Sud-Est del tracciato, con dimensioni pari a 2.8 x 1.7 m (altezza non misurabile).

3.1.3 Piattaforma Continentale di Piombino, Italia Continentale

Per tale tratto, che interessa il tracciato dal KP 231+080 al KP 275+306, si riassumono le seguenti caratteristiche batimetriche (Fugro, 2008a):

- minima profondità: 2.0 m sopra LAT (Low Astronomic Tide) (al KP 275+306);
- massima profondità: 185.7 m (al KP 231+080);
- gradiente massimo lungo la rotta: 30.5° (al KP 273+995);
- gradiente massimo assoluto sulla rotta: 30.5° (al KP 273+995).

I sedimenti poco profondi lungo questa sezione comprendono argilla da molto molle a molle. Un substrato roccioso è presente al di sotto di essa dal KP 250+585. Tale roccia è presente per profondità del fondo inferiore a 5 m dal KP 264+095 al KP 268+660. Il tracciato proposto passa attraverso un'area di affioramento roccioso sparso tra il KP 265+844 ed il KP 267+399. Dal KP 271+404 è presente sul fondo prateria di fanerogame. I risultati delle indagini geotecniche mostrano uno spessore delle matte che raggiunge i 4 m. Al di sotto della prateria i sedimenti del sottofondo sono un misto di sabbie e argille/limi. Oltre l'area della prateria al KP 247+750 è presente sul fondale sabbia (Fugro, 2008a).

In base alle risultanze del survey è stata effettuata un'analisi dei possibili fattori di vincolo progettuale all'installazione della condotta (Fugro, 2008a):

- presenza di affioramenti rocciosi: un substrato roccioso è osservato a profondità minori di 5 m sotto il fondale, dal KP 264+095 al KP 268+660 ed al KP 264+569. La roccia superficiale è nuovamente osservata aumentare vicino al fondo in numerose zone tra il KP 265+886 ed il KP 268+368. La rotta proposta passa attraverso un'area di affioramenti rocciosi sparsi tra il KP 265+844 ed il KP 267+399;
- presenza di gas nel sottosuolo: non sono stati rilevati gas nel sottosuolo dai dati disponibili. Non sono state identificate anomalie sismiche mediante sub-bottom profiler, indicative di accumuli di gas nel sottosuolo che potrebbero rappresentare un rischio per la costruzione;
- presenza di faglie: non sono state osservate zone di faglia mediante sub-bottom profiler;
- prova di instabilità dei pendii: il massimo gradiente raggiunge i 30.5° (comunque la maggior parte della Piattaforma Continentale di Piombino non supera gli 1.5°). I gradienti più alti sono principalmente associati alle aree di crescita della prateria. Inoltre non vi è evidenza di sedimenti derivati da cedimenti di scarpata;

- attraversamento di cavi: un attraversamento di cavo sottomarino registrato è stato osservato in questa sezione di indagine mediante ROV;
- presenza di ostacoli: sono stati osservati numerosi segni sul fondale nella zona di indagine, indicativi della significativa attività di pesca a strascico nell'area. Numerosi cavi sono stati osservati nel corridoio di indagine ad Ovest del tracciato proposto, tra il KP 270+599 ed il KP 270+942. Tali elementi detritici possono essere effetto delle attività di pesca. Un totale di 8 contatti sonar sono stati osservati all'interno dell'area di indagine, il più vicino dei quali è localizzato al KP 237+708. Tale elemento è stato identificato 15.1 m ad Est del tracciato e con dimensioni 2.7 x 0.9 m (altezza non misurabile).

3.2 AREA DI APPRODO

Per l'area di approdo di Piombino si riassumono le seguenti caratteristiche topografiche (Fugro, 2008a):

- minima altezza/massima profondità: 0.6 m sotto LAT, Low Astronomic Tide alla progressiva 0.740;
- massima altezza: 2.1 m.

L'approdo è localizzato al margine di un cordone dunale costiero. Quest'ultimo è delimitato dal Golfo di Follonica a Sud e da un canale artificiale a Nord, il Canale Allacciante Cervia. Al di là del canale, il terreno oggetto di indagine comprende terreni agricoli pianeggianti. Lungo il tracciato l'altezza del terreno supera appena i 2 m sopra la LAT (Low Astronomic Tide) (Fugro, 2008a).

Nelle aree costiere il suolo è formato da sabbia argillosa sovrapposto ad argilla. La consistenza dell'argilla diminuisce con la profondità (da densa a molto molle). Lungo il resto del tracciato della condotta il suolo è caratterizzato da una sequenza complessa di argilla, argilla sabbiosa e sabbia argillosa, sotto a cui si incontra ghiaia argillosa (Fugro, 2008a).

3.2.1 Indagini Geofisiche e Geotecniche, Approdo di Piombino (Parte a Mare)

L'area a mare antistante il punto di approdo è stata oggetto di indagini geofisiche e geotecniche, svolte nel periodo compreso tra il 9 e il 13 Dicembre 2007 (Fugro, 2008b).

I rilievi geofisici hanno consentito di acquisire ed elaborare i dati attinenti alle caratteristiche del fondale marino lungo il corridoio interessato dall'installazione sottomarina della condotta, dalla linea di battigia fino alla batimetrica dei 10 m. Ciò ha permesso di definire la batimorfologia dell'intera area di interesse, la stratigrafia e l'eventuale presenza di target lungo il corridoio selezionato.

I rilievi geotecnici effettuati mediante 2 vibrocarotaggi hanno consentito di acquisire ed analizzare campioni di sedimento allo scopo di definire le caratteristiche litologiche e geotecniche del fondale marino lungo il corridoio interessato dalla condotta. L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in Figura D2_3.1, mentre nella tabella seguente si riportano le coordinate e le profondità d'indagine.

Tabella 3.1: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Mare

Codice Identificativo	Data	Profondità [m]	Coord. Sistema WGS84	
			Est [m]	Nord [m]
G-BH-NS-PO-01	13-Dic-2007/ 7.30	10.4	632910	4756346
G-BH-NS-PO-02	9-Dic-2007/ 11.00	10.3	632891	4755775

I 2 vibrocarotaggi G-BH-NS-PO-01 e G-BH-NS-PBO-02 raggiungono una profondità di circa 10.5 m al di sotto della superficie marina. In Tabella 3.2 sono riportate le stratigrafie relative ai due punti di carotaggio presi in esame.

In entrambi i punti è presente un sottile strato spugnoso, composto da depositi argillosi di Posidonia, al di sopra di uno strato soffice costituito da materiale organico altamente argilloso.

Dalla profondità di 3.5 m la stratigrafia dei due punti presenta comportamenti differenti.

Nel punto G-BH-NS-PO-01 dai 3.5 ai 5 m uno strato di argilla dura è seguito da un sottile strato di sabbia di pezzatura da fine a media. Dai 7 m sino al termine del carotaggio è presente una stratificazione di sabbia (fine) e di ghiaia (da media a grossolana).

Nel punto G-BH-NS-PO-02 dai 3.5 m sino al termine del carotaggio uno strato mediamente denso di sabbia ghiaiosa, di pezzatura medio-fine, è densamente stratificato con argilla compatta.

Tabella 3.2: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Mare

Sondaggio G-BH-NS-PO-01	Sondaggio G-BH-NS-PO-02
0.0 – 2.5 m: torba spugnosa, fibrosa, con sabbie argillose (POSIDONIA), ricoperto da un sottile e soffice strato di argilla sabbiosa e materiale organico (POSIDONIA)	0.00 – 0.90 m: torba spugnosa, fibrosa, con sabbie argillose (POSIDONIA)
2.5 – 3.3 m: ARGILLA da soffice a compatta con calcare sabbioso organico	0.9 – 3.5 m: ARGILLA sabbiosa da molto soffice a soffice con materiale organico (POSIDONIA) Da 2,50 m a 2,75 m: torba sottile e soffice strato di sabbia sabbiosa (POSIDONIA)
3.3 – 4.4 m: ARGILLA compatta lievemente sabbiosa	3.5 – 5.4 m: SABBIA mediamente densa, lievemente ghiaiosa e fangosa in superficie, con ghiaia grossolana e ciottoli lievemente cementificati 5.05 – 5.40 m: SABBIA fangosa medio/grossa a tratti cementificata
4.4 – 5.0 m: ARGILLA calcarea morbida lievemente sabbiosa	5.4 – 8.3 m: ARGILLA compatta, con presenze di sabbia medio/fine
5.0 – 7.0 m: SABBIA fine/ media mediamente densa, leggermente fangosa, in fondo molto argillosa Da 6.1 a 6.4 m: argilla sabbiosa compatta leggermente ghiaiosa Da 6.50 a 6.90 m: argilla molto sabbiosa e calcarea	8.2 – 10.0 m: GHIAIA mediamente densa/sabbiosa, con un sottile strato al fondo di materiale organico

Sondaggio G-BH-NS-PO-01	Sondaggio G-BH-NS-PO-02
7.0 – 10.45 m: GHIAIA mediamente cementificata di tipo sabbioso con pezzatura medio/grossa e SABBIA ghiaiosa fine Da 9.00 e a 9.75 m: presenza di un sottile strato di arenaria abbastanza duro	
10.45 – 10.63 m: GHIAIA medio/grossolana	

3.2.2 Indagini Geofisiche e Geotecniche, Approdo di Piombino (Parte a Terra)

L'area a terra in corrispondenza del punto di approdo è stata oggetto di indagini geofisiche e geotecniche, svolte nell'Aprile 2008 (Fugro, 2008c). L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in Figura D2_3.2, mentre nella tabella seguente si riportano le coordinate e le profondità d'indagine.

Tabella 3.3: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Terra

Codice Identificativo	Data	Profondità [m]	Coord. Sistema WGS84	
			Est [m]	Nord [m]
G-BH-LF-PO-01	7-Apr-2008	1.97	632942	4757024
G-BH-LF-PO-02	9-Apr-2008	0.58	632956	4757376

In Tabella 3.4 sono riportate le stratigrafie relative ai due punti di carotaggio presi in esame.

Tabella 3.4: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Approdo Piombino Parte Terra

Sondaggio G-BH-LF-PO-01	Sondaggio G-BH-LF-PO-02
Da 0.00 m a 1.65 m – SABBIA media poco consistente, da grigio chiaro a grigio olivastro, con tracce di materiale organico (radici e foglie d'erba) - le particelle sono sub-arrotondate	Da 0.00 m a 3.00 m – ARGILLA da mediamente consistente a consistente, di colore grigio verdastro scuro grigio verdastro, con tracce di materiale organico - poco consistente nella parte inferiore
Da 1.65 m a 2.00 m – SABBIA media limosa, di colore marrone olivastro chiaro, con tracce di frammenti di conchiglia. - le particelle sono sub-arrotondate	Da 3.00 m a 4.45 m – ARGILLA molto poco consistente, grigio scuro verdastro, con tracce di sostanza organica, con frammenti di conchiglia.
Da 2.00 m a 2.80 m – ARGILLA consistente, grigio scuro olivastro, con tracce di materiale organico - con lamine sottili di limo	Da 4.45 m a 6.00 m – SABBIA molto sciolta ben gradata da fine a media, di colore da grigio scuro a marrone, con materiale organico, con frammenti di conchiglia
Da 2.80 m a 4.30 m – ARGILLA consistente di colore marrone grigiastro, con materiale organico - poco consistente nella parte inferiore - con molte lamine sottili di limo. Da 2.92 m a 3.00 m - Sabbia	Da 6.00 a 7.10 m – LIMO da mediamente consistente a consistente, di colore da marrone scuro olivastro chiaro a marrone giallastro, con tracce di materiale organico. Da 6.35 m a 6.75 m – Limo sabbioso molto sciolto, marrone scuro giallastro, con conchiglie e frammenti di conchiglia

Sondaggio G-BH-LF-PO-01	Sondaggio G-BH-LF-PO-02
Da 4.30 a 5.30 m – ARGILLA molto poco consistente, grigio scuro verdastro, con frammenti di conchiglia, con materiale organico	Da 7.10 m a 7.95 m – SABBIA limosa fine mediamente densa, di colore olivastro, con tracce di frammenti di conchiglia, con frammenti di roccia - le particelle sono arrotondate
Da 5.30 m a 6.65 m – SABBIA da fine a media, mediamente densa, di colore grigio scuro con tracce di conchiglie e frammenti di conchiglia - le particelle sono sub-arrotondate - con odore putrido. Da 6.35 m a 6.65 m - Limosa	Da 7.95 m a 8.45 m – SABBIA media ghiaiosa marrone giallastra - le particelle sono sub-arrotondate
Da 6.65 m a 6.95 m – GHIAIA sabbiosa da fine a grossolana di colore grigio scuro, con conchiglie e frammenti di conchiglia - le particelle sono sub-arrotondate	Da 8.45 m a 9.00 m – SABBIA fine ghiaiosa limosa, di colore marrone olivastro chiaro, con frammenti di conchiglia - le particelle sono da sub-arrotondate a sub-angolari
Da 6.95 m a 8.40 m – SABBIA sciolta ghiaiosa limosa grossolana, di colore grigio scuro grigio verdastro molto scuro, con frammenti di conchiglia.	Da 9.00 m a 9.50 m – SABBIA ghiaiosa da media a grossolana, ben gradata, mediamente densa, di colore marrone, con frammenti di conchiglia - le particelle sono sub-arrotondate
Da 8.40 m a 9.70 m – SABBIA limosa fine da sciolta a mediamente densa, da grigio scuro verdastro a verde molto scuro, con tracce di materiale organico, con tracce di frammenti di conchiglia.	Da 9.50 m a 10.00 m – ARGILLA poco consistente, grigio scuro, con conchiglie e frammenti di conchiglia
Da 9.70 m a 10.00 m – ARGILLA sabbiosa molto poco consistente, di colore grigio verdastro molto scuro, con tracce di materiale organico, con tracce di frammenti di conchiglia - con sottili lamine di limo	

3.3 TERMINALE DI PIOMBINO

L'area a terra in corrispondenza del Terminale è stata oggetto di indagini geofisiche e geotecniche, svolte nell'Aprile 2008 (Fugro, 2008c). L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in Figura D2_3.2, mentre nella tabella seguente si riportano le coordinate e le profondità d'indagine.

Tabella 3.5: Ubicazione e Profondità dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Terminale

Codice Identificativo	Data	Profondità [m]	Coord. Sistema WGS84	
			Est [m]	Nord [m]
G-BH-AG-PO-01	10-Giu-2008	1.57	631945	4758641
G-BH-AG-PO-02	5-Giu-2008	1.42	631948	4758756
G-BH-LF-PO-05	4-Giu-2008	1.66	632025	4758611

In Tabella 3.6 sono riportate le stratigrafie relative ai due punti di carotaggio presi in esame.

Tabella 3.6: Stratigrafie dei Sondaggi Geofisici/Geotecnici, Terminale

Sondaggio G-BH-AG-PO-01	Sondaggio G-BH-AG-PO-02	Sondaggio G-BH-LF-PO-05
Da 0.00 m a 2.10 m – ARGILLA molto consistente, leggermente sabbiosa, da marrone scuro grigiastro a grigio scuro olivastro con tracce di materiale organico - con tasche di limo - con spesse lamine di limo	Da 0.00 m a 1.75 m – ARGILLA da consistente a molto consistente, di colore da grigio molto scuro a marrone olivastro chiaro - con tasche di limo - con lamine sottili di limo. Da 0.65 m a 1.35 m – Limo marrone olivastro da consistente a molto consistente leggermente sabbioso - con tasche di argilla	Da 0.00 m a 1.50 m – ARGILLA molto consistente, da marrone grigiastro scuro a marrone olivastro chiaro, con tracce di materiale organico - consistente nella parte superiore - con tasche di limo - con lamine spesse di limo
Da 2.10 m a 4.10 m – ARGILLA mediamente consistente, da marrone olivastro a grigio verdastro molto scuro - consistente nella parte superiore - occasionalmente sabbiosa	Da 1.75 m a 2.75 m – ARGILLA consistente, marrone olivastro leggermente chiara, con tracce di materiale organico - consistente nella parte inferiore. Dai 2.40 m ai 2.75 m – Argilla poco consistente, di colore marrone olivastro, da sabbiosa a molto sabbiosa	Da 1.50 m a 2.70 m – ARGILLA consistente di colore marrone olivastro, con tracce di materiale organico - con tasche di limo
Da 4.10 m a 9.00 m – ARGILLA poco consistente, da grigio scuro a nero verdastro, con tracce di materiale organico, con qualche conchiglia e frammenti di conchiglia - occasionalmente di media consistenza. A 7.85 m sottili lamine di frammenti di conchiglia in una matrice argillosa	Da 2.75 m ai 3.35 m – SABBIA molto sciolta da fine a media , leggermente limosa , di colore grigio olivastro, con tracce di frammenti di conchiglia - le particelle sono da sub-angolari ad angolari	Da 2.70 m a 3.70 m – ARGILLA mediamente consistente da marrone olivastro a grigio
Da 9.00 m a 11.90 m – ARGILLA da consistente a molto consistente, ghiaiosa leggermente sabbiosa, da grigio scuro a grigio scuro verdastro, con tracce di materiale organico, con tracce di conchiglie e frammenti di conchiglia, con qualche nodulo cementato. Da 9.10 m a 10.00 m – leggermente ghiaiosa	Da 3.35 m agli 8.40 m – ARGILLA poco consistente, da grigio scuro a grigio scuro verdastro, con tracce di materiale organico, con alcune conchiglie e frammenti di conchiglia - con tasche di torba nella parte inferiore Da 5.20 m a 5.30 m – Sabbia da fine a media, leggermente argillosa, di colore grigio verdastro molto scuro. Da 5.30 m a 6.80 m – molto poco consistente. A 7.00 m – con lamine sottili di frammenti di conchiglia in una matrice argillosa	Da 3.70 m a 8.65 m – ARGILLA poco consistente da grigio scuro nero verdastro, con alcune conchiglie e frammenti di conchiglia, con tracce di materiale organico, con tracce di noduli cementati - occasionalmente mediamente consistente - con nella parte inferiore sottili lamine di frammenti di conchiglia in una matrice argillosa

Sondaggio G-BH-AG-PO-01	Sondaggio G-BH-AG-PO-02	Sondaggio G-BH-LF-PO-05
Da 11.90 m a 14.25 m – ARGILLA poco consistente, grigio molto scuro, con tracce di conchiglie e frammenti di conchiglia, con tracce di noduli cementati	Da 8.40 m a 8.50 m – TORBA mediamente consistente fibrosa di colore nero	Da 8.65 m a 8.80 m – TORBA dura fibrosa di colore nero
Da 14.25 m a 15.30 m – ARGILLA mediamente consistente, grigio verdastro molto scuro, con tracce di frammenti di conchiglia, con poco materiale organico – con sottili lamine di limo	Da 8.50 m a 9.60 m – ARGILLA consistente da nero verdastro a grigio molto scuro, con tracce di materiale organico, con qualche nodulo cementato - poco consistente nella parte superiore.	Da 8.80 m a 10.20 m – ARGILLA da mediamente consistente a consistente, da grigio verdastro molto scuro a grigio verdastro scuro, con tracce di noduli cementati - ghiaiosa nella parte inferiore
	Da 9.60 m a 10.90 m – ARGILLA ghiaiosa molto consistente, di colore da fortemente olivastro a marrone olivastro con poco materiale organico - con tasche di limo Da 10.65 m a 10.80 – Ghiaia argillosa, da fine a grossolana, di colore marrone olivastro, - le particelle sono da sub-angolari ad angolari	
	Da 10.90 m a 11.30 m – SABBIA sciolta mediamente densa, da fine a media, leggermente ghiaiosa, leggermente limosa, di colore marrone olivastro - le particelle sono sub-arrotondate	
	Da 11.30 m a 14.65 m – ARGILLA poco consistente, grigio scuro nero verdognola, con tracce di materiale organico - occasionalmente consistente	
	Da 14.65 m a 15.38 m – ARGILLA consistente da grigio molto scuro a grigio, con tracce di materiale organico - con tasche di limo - con lamine spesse di limo	

3.4 RICOGNIZIONE-BONIFICA SUBAQUEA DA ORDIGNI ESPLOSIVI RESIDUATI BELLICI

La società GEOSYSTEM PARMA S.r.l. ha effettuato la ricognizione-bonifica precauzionale da ordigni esplosivi residuati bellici, sulle aree di fondale marino antistanti l'approdo di Piombino. È stata indagata un'area a cavallo del tracciato della condotta sottomarina in progetto.

La prima indagine parziale di ricognizione-bonifica superficiale e profonda è stata effettuata nell'area denominata BORE HOLE 2, estesa su un perimetro avente raggio di 30

m. Durante l'esecuzione dei lavori di bonifica non sono stati rinvenuti ordigni bellici. Pertanto l'area di intende garantita a - 5.0 m dal fondo attuale a seguito l'esecuzione di ricognizione-bonifica superficiale e profonda.

La seconda indagine parziale di ricognizione-bonifica superficiale e profonda è stata effettuata nell'area denominata BORE HOLE 1, estesa su un perimetro avente raggio di 30 m. Durante l'esecuzione dei lavori di bonifica non sono stati rinvenuti ordigni bellici. Pertanto l'area di intende garantita a - 5.0 m dal fondo attuale a seguito l'esecuzione di ricognizione-bonifica superficiale e profonda nell'area, dalla coordinata centrale verso l'esterno per un raggio di 20 m, e dai 20 m ai 30 m è stata eseguita una ricognizione-bonifica superficiale con garanzia fino a - 2.0 m dal fondo attuale.

4 ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE, COLLAUDO, ESERCIZIO, MANUTENZIONE E RIPRISTINO AMBIENTALE

Nel presente Capitolo sono riassunte le modalità di costruzione, collaudo, esercizio, manutenzione e ripristino ambientale a fine esercizio già riportate nel SIA 2008. Tali descrizioni sono integrate dai seguenti approfondimenti progettuali che sono stati condotti:

- tratto off-shore:
 - approfondimenti sulle modalità di posa,
 - definizione dei ripristini, con particolare riferimento alle prateria di Posidonia Oceanica;
- approdi:
 - approfondimenti sulle modalità realizzative e descrizione delle infrastrutture provvisorie,
 - definizione dei ripristini, con particolare riferimento alle prateria di Posidonia Oceanica;
- tratto terrestre:
 - individuazione delle infrastrutture provvisorie e delle aree di passaggio,
 - valutazione dell'interferenza tra la realizzazione dell'opera e la falda freatica,
 - definizione delle tipologie di ripristino spondale.

4.1 COSTRUZIONE SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA

La realizzazione della condotta, considerata la diversa natura delle aree attraversate, si articola su tre fasi principali distinte secondo le tecniche di intervento differenti (Galsi, 2009a):

- posa della condotta sottomarina in acque profonde attraverso l'utilizzo di nave posa-tubi a posizionamento dinamico (nei tratti in alti fondali fra Toscana e Sardegna la condotta sarà solo posata sul fondo);
- posa della condotta sottomarina in prossimità della costa attraverso l'utilizzo di nave posa-tubi tradizionale con posizionamento ad ancore (profondità comprese fra 6 e 50 m) e successivo interrimento della condotta attraverso mezzi sottomarini post-trenching fino alla batimetrica di 44 m (progressive di tracciato comprese fra KP 264+800 e 275+300);
- realizzazione dello shore-approach della condotta in corrispondenza di Piombino (condotta in trincea con palancolato fino alla batimetrica di 2 m).

Le tecniche costruttive sopra citate sono descritte nei paragrafi successivi. In Figura DII_3.1 si riportano alcuni esempi di sezioni di posa della condotta sottomarina.

4.1.1 Aree di Cantiere

Le aree necessarie per le attività di installazione della sezione sottomarina Sardegna-Toscana si suddividono in aree a mare ed aree a terra.

4.1.1.1 Aree a Mare

L'area di cantiere relativa alla nave posa-tubi con posizionamento dinamico in alti fondali si limiterà al solo ingombro nel mezzo e all'impronta della condotta sul fondale. Il tratto interessato da tale posa nel Golfo di Follonica corrisponde a progressive di tracciato inferiori al KP 262+000 (oltre i 13 km dalla costa).

Con riferimento alle attività più prossime alla costa (profondità inferiore a 50 m) le aree di cantiere saranno le seguenti:

- aree impegnate dalle linee di ormeggio e dall'ingombro del mezzo relativamente alla nave posa-tubi a basso pescaggio. Durante le operazioni di tiro della condotta le ancore (circa 10-12) occupano un raggio di 300-400 m (profondità di circa 6 m e distanza dalla costa di circa 400 m), mentre durante la posa in bassi fondali (fino alla profondità di 50 m) le linee di ormeggio occuperanno un raggio massimo di circa 1 km. La zona occupata dal sistema di ancoraggio (campo ancore) sarà segnalata per mezzo di boe poste in corrispondenza di ogni ancora e sarà interdetta alla navigazione durante i lavori di posa, maggiorata della distanza di sicurezza;
- aree interessate dall'interramento post-trenching della condotta attraverso un treno di mezzi sottomarini. Il passaggio dei mezzi di post-trenching interessano una fascia di fondale di circa 13 m, minimizzando la sezione di scavo e rinterro della condotta rispetto alle tecniche di dragaggio tradizionali con benna (circa 40 m). Il tratto di metanodotto che verrà interrato con tale tecnica è di lunghezza pari a 10.5 km fino alla batimetria di 44 m. Nel tratto di fondale compreso fra le profondità di 10 e 15 m, caratterizzato da una morfologia irregolare su posidonia, il fondo marino sarà livellato per una larghezza di 15 m e per un tratto di circa 1.5 km (dalla progressiva di tracciato KP 273+300 al KP 274+800) per consentire uno scorrimento migliore dei mezzi sottomarini di post-trenching;
- aree interessate dall'interramento della condotta in corrispondenza dell'approdo attraverso scavo di una trincea in palancole di larghezza di 5 m e lunghezza 200 m (fino alla profondità di fondale di 2 m). Il palancole sarà affiancato per tutta la lunghezza da un terrapieno per l'accesso dei mezzi (8 m di larghezza per un ingombro complessivo con le palancole di 13 m).

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 2-3 km/giorno.

4.1.1.2 Aree a Terra

L'installazione della condotta a mare comporterà l'allestimento delle aree di lavoro a terra riportate nel seguito, in parte in corrispondenza dell'area di approdo e in parte nell'area oltre il Canale Allacciante Cervia (Galsi, 2009a).

Per la realizzazione dell'approdo sono in particolare previste le seguenti aree:

- un'area di 50 m x 50 m per stoccaggio materiali e macchinari/veicoli del cantiere posizionata oltre il Canale Allacciante Cervia, in corrispondenza di un'esistente parcheggio per le auto del Parco della Sterpaia;

- un'area di circa 6,200 m² sulla spiaggia che include:
 - l'area per la realizzazione dell'approdo (due aree di 90 x 30 m) attraverso la trincea palancolata (larghezza 5 m), che comprende lo spazio per la rimozione dei pig e della testa di collaudo, l'accesso per gli escavatori (terrapieno lungo il palancolato di larghezza di 8 m e un'area aggiuntiva di 40 x 20 m) ed il trasporto delle terre movimentate,
 - l'area per il tiro a terra della condotta dove verrà sistemata la puleggia di rinvio ed ancoraggio (mediante pali), di circa 30 m x 30 m;
- un ponte di collegamento temporaneo sul Canale Allacciante Cervia che sia in grado di sostenere carichi fino a 100 tonnellate e che metta in comunicazione le aree di cantiere separate dal Canale.

4.1.2 Attività di Costruzione Lungo la Rotta

La posa della condotta prevede la preparazione di una stringa (tubi saldati in testa) a bordo della nave posa-tubi, il varo della tubazione in mare e il suo successivo abbandono sul fondale (Galsi, 2009a).

L'accoppiamento delle barre è effettuato mediante saldatura elettrica automatica. 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" o varo a "J") allo scopo di contenere nella tubazione le sollecitazioni di posa entro i limiti previsti.

Lungo la rotta off-shore in corrispondenza di alti fondali (profondità maggiori di circa 50 m), la posa della condotta sarà effettuata da un mezzo posa-tubi con posizionamento dinamico e sarà semplicemente posata sul fondo.

Il sistema con posizionamento dinamico permette di mantenere con estrema precisione la posizione del mezzo nelle condizioni operative richieste per la posa; la posizione è verificata continuamente mediante sistema di radio posizionamento di tipo satellitare collegato ad un computer di controllo che agisce sul sistema di propulsione e direzionamento del mezzo stesso.

Non richiedendo l'uso delle ancore tale sistema risulta sfruttabile in acque con profondità elevata nelle quali tale uso sarebbe impossibile.

Per la rotta off-shore in corrispondenza di bassi fondali (profondità inferiori a circa 50 m) 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) e sarà tenuto in posizione per mezzo delle ancore, sulle quali, attraverso un sistema di controllo centralizzato degli argani, avanzerà gradualmente in relazione alle lunghezze di condotta varata di volta in volta. Mano a mano che proseguirà la

posa, le ancore saranno salpate e spostate in un'altra posizione per mezzo di rimorchiatori adibiti a questo scopo.

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 2-3 km/giorno (Galsi, 2009a).

Una volta che la condotta sarà posata sul fondo, nei tratti in cui è previsto l'interramento per protezione dalle attività antropiche (pesca, ancoraggio, etc) il tubo sarà affossato attraverso dei mezzi sottomarini fino alla batimetria di 44 m (per circa gli ultimi 10.5 km prima di raggiungere la costa). In tale tratto il progetto prevede una copertura della condotta di circa 3 m così distinta:

- ricoprimento della condotta sottocosta (da KP 274+300 a KP 275+200) attraverso copertura di 3 metri dello stesso materiale di scavo;
- ricoprimento della condotta (da KP 265+000 a KP 274+300) attraverso copertura di 1.5 m dello stesso materiale di scavo e una protezione di altri 1.5 m di ghiaia (mantellata di granulometria intermedia).

La metodologia di interrimento denominata post-trenching sarà differente a seconda della presenza o meno sul fondale di Posidonia.

In particolare in corrispondenza di praterie di Posidonia lo scavo e l'interrimento saranno eseguiti contemporaneamente attraverso l'impiego di un treno di mezzi sottomarini che operano muovendosi a cavallo del tubo e che sono in grado di lavorare anche a basse profondità (2 m).

Ciascuno di questi mezzi agisce sul terreno circostante la condotta disgregandolo parzialmente e aspirandolo per mezzo di pompe speciali. Il flusso di materiale viene pompato in superficie su un pontone e riposizionato a ricoprimento della condotta stessa diversi metri di distanza dal passaggio della macchina. Il punto di riposizionamento del materiale sopra la condotta, al fine di realizzarne il ricoprimento, viene collocato in modo da consentire alla condotta di realizzare la campata necessaria per raggiungere la quota di interro richiesta. Grazie all'aspirazione ed al riposizionamento del materiale praticamente contemporaneo la dispersione dello stesso risulta notevolmente ridotta rispetto alle macchine post-trenching tradizionali.

Per quanto riguarda le zone non interessate da Posidonia saranno impiegati mezzi tradizionali, che scavano sotto la condotta ma depositeranno il materiale di scavo lateralmente alla trincea sempre muovendosi a cavallo del tubo.

Il rinterro della condotta con il materiale di ricoprimento (compreso lo strato di 1.5 m di mantellata di granulometria intermedia di protezione fra i KP 265+000 e KP 274+300) sarà eseguito da un secondo mezzo (Galsi, 2009a). La tipologia di mezzo che sarà utilizzata dipende dalla profondità del fondale:

- per profondità superiori a 30 m saranno impiegate navi con "fall pipe" (tubo guida) che depositano il materiale lapideo direttamente sulla rotta della linea con una dispersione molto ridotta. La nave sarà del tipo a posizionamento ad ancore e sarà rifornita da bettoline che caricheranno il materiale dall'area di stoccaggio dei tubi;
- per batimetrie inferiori a 30 m saranno impiegate navi con scaricamento laterale del materiale (anch'essa con posizionamento ad ancore).

La posa della linea sottomarina tra la Sardegna e la Toscana è prevista con inizio ad Olbia e termine a Piombino (Galsi, 2009a). In tal caso, da condermare a cura del contraffattore, le sequenze della posa saranno le seguenti:

- realizzazione dell'approdo di Piombino e tiro della condotta da mare verso terra con la nave posa-tubi a basso pescaggio e posizionamento ad ancore;
- continuazione della posa della condotta della nave posa-tubi a basso pescaggio fino alla profondità di circa 50 m dove la condotta sarà abbandonata sul fondo marino provvista di apposita testa di abbandono;
- posa della condotta da Olbia e Piombino attraverso la nave posa-tubi a posizionamento dinamico e abbandono sul fondo del mare della terminazione della stringa anch'essa munita di apposita testa di abbandono;
- collegamento tra le due parti terminali di condotta sollevando i tratti terminali delle due stringhe di condotta esistenti fino a portare le loro terminazioni munite di teste di abbandono fuori acqua e procedendo alla loro saldatura di testa e al successivo abbandono a mare (si veda il Paragrafo 4.1.6).

4.1.3 Realizzazione dello Shore-Approach

Per la realizzazione dello shore-approach è prevista l'esecuzione delle seguenti attività:

- preparazione dell'area di cantiere e scavo della trincea;
- operazioni di tiro e posa della condotta;
- ricoprimento della trincea e ripristino delle aree.

L'approdo di Piombino prevede un tiro da mare con puleggia di rinvio installata sulla spiaggia e ancorata mediante un sistema di pali/palancole. Tale scelta progettuale si è resa necessaria per limitare le aree di cantiere all'interno del Parco della Sterpaia e salvaguardare la pineta a ridosso della spiaggia (Galsi, 2009a). La disponibilità di spazio sulla spiaggia è infatti limitata e non sufficiente ad ospitare gli elementi necessari per un tiro diretto della condotta (verricello lineare, bobina e ancoraggi).

Per lo scavo è previsto di utilizzare il palancoleto metallico a protezione della zona di approdo fino a -2 m di profondità. La trincea in palancoleto avrà una sezione rettangolare di circa 200 m di lunghezza e 5 m di larghezza; la profondità massima dello scavo sarà pari a 3.9 m, in modo che la condotta risulti protetta da uno strato di materiale di spessore pari a circa 3 m (Galsi, 2009a).

Il palancoleto sarà costruito da terra, attraverso la realizzazione di un terrapieno per permettere agli escavatori terrestri di operare, che nel primo tratto avrà una dimensione di circa 40 x 20 m per poi proseguire adiacente al palancoleto con larghezza 8 m e lunghezza 200 m; tale terrapieno sarà ricavato con lo stesso materiale di risulta prodotto dalle operazioni di scavo. Al termine dei lavori le palancole verranno rimosse, così come il materiale di riempimento del terrapieno che verrà riutilizzato per ricoprire lo scavo e ripristinare il fondale marino (Galsi, 2009a).

Oltre la trincea palancoleata ci sarà una zona di transizione in cui la sezione passa dall'interramento alla semplice posa sul fondale naturale. La transizione sarà effettuata impiegando un escavatore a benna meccanica (o idraulico), montato su un pontone attrezzato (Galsi, 2009a).

Il ricoprimento superficiale della sabbia dunale verrà stoccata separatamente nella zona del parcheggio per poi essere riutilizzata.

Per quanto riguarda l'attraversamento del Canale Allacciante Cervia, ubicato a ridosso del cordone retrodunale della spiaggia, la posa in subalveo del metanodotto verrà eseguita con la metodologia trenchless (Trivella Spingitubo), al fine di evitare qualsiasi interferenza con il regime di deflusso del corpo idrico (si veda il Paragrafo 4.2.2).

Al fine di evitare una potenziale comunicazione idraulica tra le acque marine e la falda acquifera delle aree retrostanti la realizzazione dell'approdo e dell'attraversamento del Canale Allacciante Cervia saranno effettuati in tempi distinti:

- durante la prima fase dei lavori verranno realizzati il tiro e la posa della condotta solo per il primo tratto di spiaggia fino a raggiungere la retrostante fascia retrodunale. Al termine di questa fase il metanodotto verrà interrato;
- durante la seconda fase dei lavori verrà effettuato l'attraversamento del Canale Allacciante Cervia attraverso tecnica trenchless;
- durante la terza fase verrà effettuato il collegamento fra il terminale della condotta a mare e la parte di condotta a terra (tie-in finale).

Questo permetterà la completa separazione idraulica dei cantieri evitando potenziali comunicazioni fra l'acqua marina e le acque di falda retrostanti.

Una indicazione delle aree di cantiere per tutto l'approdo (compreso l'attraversamento del canale retrodunale Allacciante Cervia) è riportata nella scheda descrittiva relativa all'attraversamento del Canale Allacciante Cervia (si veda la Scheda COR_IDR_001 riportata in Appendice B).

4.1.4 Operazioni di Tiro e Posa della Condotta

Per il completamento degli shore-approach si prevede l'esecuzione delle seguenti attività (Galsi, 2009a):

- installazione sulla spiaggia del sistema di tiro con puleggia di rinvio ancorata mediante un sistema di pali/palancole;
- posizionamento della nave posa-tubi a basso pescaggio ad una distanza dalla linea di costa di circa 400 m (6 m di profondità);
- ancoraggio del mezzo posa-tubi in posizione con la "rampa di varo" allineata verso terra sulla rotta della condotta da posare;
- livellamento del fondale lungo la rotta della condotta per una larghezza di 15 m (da KP 274+800 a KP 273+300 con profondità comprese fra 10 e 15 m) a causa della morfologia irregolare della posidonia in modo da poter posare il tubo senza eccessive sollecitazioni. Il materiale risultante da tale livellamento verrà ridistribuito tra gli avvallamenti;
- l'assemblaggio della stringa di tubo a bordo della nave posa-tubi avviene mediante saldatura elettrica delle singole barre. Dopo il controllo del 100% delle saldature, il rivestimento dei giunti di saldatura con fasce termorestringenti ed il ripristino della continuità del calcestruzzo di appesantimento, la condotta sarà varata facendola scorrere sulla "rampa di varo". La stringa è munita alla sua estremità, lato costa, di idonea testa di tiro;

- tiro della tubazione all'interno della trincea precedentemente scavata che termina quando la testa di tiro raggiunge il punto stabilito sulla costa. Il tiro viene eseguito manovrando un verricello a bordo della nave posa-tubi con il cavo passando tramite la puleggia di rinvio sulla spiaggia. Man mano che la stringa viene assemblata viene tirata a terra dal verricello di bordo.

4.1.5 Mezzi Utilizzati

I mezzi navali utilizzati durante tali operazioni sono funzione delle diverse fasi costruttive (posa, rinterro e tiro). Di seguito si riporta l'elenco dei mezzi tipicamente utilizzati distinti secondo le diverse tecniche di intervento (Galsi, 2009a).

Per la posa della condotta attraverso nave posa-tubi con sistema di ancoraggio tradizionale (bassi fondali) sono generalmente impiegati:

- No. 1 nave posa-tubi con relativo campo ancore;
- No. 1 rimorchiatore di supporto;
- No. 1 rimorchiatore per l'approvvigionamento tubi;
- No. 2 rimorchiatori salpa-ancore addetti alla movimentazione delle ancore del mezzo posa-tubi.

Per la posa della condotta attraverso nave posa-tubi con sistema di posizionamento dinamico (alti fondali) generalmente sono impiegati:

- No. 1 nave posa-tubi con posizionamento dinamico che non richiede l'ausilio di rimorchiatori;
- No. 1 mezzo navale di supporto;
- No. 1 rimorchiatore per l'approvvigionamento tubi.

Non si prevede un utilizzo contemporaneo delle diverse tipologie di navi posatubi.

Per l'interramento della condotta post-trenching saranno impiegati i seguenti mezzi:

- in aree caratterizzate dalla presenza di Posidonia (interramento a profondità inferiori a circa 30 m):
 - un treno di mezzi sottomarini post-trenching per scavo e rinterro parziale adatto anche alle acque basse,
 - No. 1 nave di supporto ai mezzi post-trenching con ancoraggi,
 - No. 1 rimorchiatore di supporto/movimento ancore per la nave;
- in aree con assenza di posidonia (interramento a profondità superiore a circa 30 m):
 - il mezzo sottomarino tradizionale di post-trenching;
 - No. 1 nave di supporto al mezzo di scavo con posizionamento dinamico,
 - No. 1 rimorchiatore di supporto.

Per quanto riguarda le attività di ricoprimento della condotta saranno adottati i seguenti mezzi:

- per profondità del fondale inferiore a 30 m (ricoprimento con presenza di Posidonia):
 - No. 1 nave con scaricamento laterale del materiale lapideo (per copertura di protezione) con posizionamento ad ancore (per bassi fondali),
 - No. 1 rimorchiatore di supporto/movimento ancore per la nave;
 - bettoline per il trasporto ghiaia;
- per profondità del fondale superiore a 30 m (ricoprimento in assenza di Posidonia):
 - No 1 nave con “fall pipe” (tubo guida) per scarico della roccia con posizionamento dinamico,
 - No. 1 Rimorchiatore di supporto,
 - bettoline trasporto ghiaia.

Tipicamente i mezzi navali utilizzati durante le operazioni di tiro della condotta sono i seguenti:

- No. 1 nave posa-tubi con relativo campo ancore;
- No. 1 rimorchiatore di supporto per l'eventuale assistenza durante il varo ed il rilievo visivo e strumentale;
- No. 2 rimorchiatori salpa-ancore addetti alla movimentazione delle ancore del mezzo posa-tubi.

Infine per quanto riguarda i mezzi terrestri che saranno impiegati per la realizzazione della trincea in palancoolato e l'area di tiro in corrispondenza dell'approdo di Piombino, essi si possono riassumere in (Galsi, 2009a):

- due escavatori a benna;
- una gru;
- un battipalo (per trincea in palancoolato).

Il dettaglio dei mezzi utilizzati in fase di cantiere per la posa della condotta sottomarina è riportato in Tabella 6.1 (Paragrafo 6.1.1).

4.1.6 Collegamento in Superficie

Per collegamento in superficie si intende l'operazione finale di collegamento in superficie (fuori acqua) tra la condotta varata dal mezzo posa-tubi a basso pescaggio (in prossimità dell'approdo costiero) e quella posata in mare aperto dal mezzo posa tubi per alti fondali; il collegamento sarà eseguito da un mezzo navale (dotato di piccole gru laterali) simile alla nave posa-tubi.

Dal mezzo, ancorato al fondo, saranno sollevate fuori dell'acqua le estremità dei due tratti di linea che saranno saldati tra loro. Dopo il controllo della saldatura ed il successivo rivestimento, la condotta sarà adagiata sul fondo, spostando lateralmente il mezzo. Da questo momento la linea sarà continua dalla Sardegna alla Toscana pronta per il collaudo finale.

4.1.7 Campata Libera ed Interventi sul Fondo

Nella fase precedente la posa verranno effettuati appositi rilievi e studi, mirati ad analizzare il posizionamento della condotta sul fondale ed a valutare l'opportunità di interventi mirati a migliorare la stabilità del metanodotto. Questi verranno previsti con particolare attenzione per le sezioni di tracciato che possono implicare la realizzazione di un tratto sospeso; dopo la posa, la condotta verrà comunque nuovamente ispezionata, per valutare l'accuratezza degli interventi effettuati (Galsi, 2009a).

Nel caso in cui delle campate libere saranno ancora esistenti e necessitano correzioni, sarà possibile intervenire sul fondale rimuovendo i picchi o spalle (con mezzi di scavo), o creando ulteriori punti di supporto a tali campate, ad esempio con l'uso di materassi gonfiabili con cemento. Il metodo di correzione principale è la rimozione dei picchi che saranno eseguiti con gli stessi mezzi di scavo descritti sopra per l'interro. Il numero delle campate libere si conoscerà soltanto dopo la posa e l'esecuzione dei rilievi (post lay surveys), che indicheranno esattamente la configurazione della condotta posata sul fondo. Da questa fase progettuale si è stimato che ci potranno essere dalle 15 alle 25 campate che richiederanno un intervento come descritto sopra (Galsi, 2009a).

4.1.8 Realizzazione degli Attraversamenti

L'indagine effettuata lungo il tracciato ha identificato un certo numero di cavi a fibre ottiche e cavi telegrafici che la condotta attraverserà nel suo percorso; non sono state invece individuate condotte sottomarine. Il metodo di attraversamento consiste nel creare un ponte per la condotta che viene creato da supporti costituiti da materassi flessibili di cemento, o altri sistemi di supporti (per esempio, struttura leggera con ampia base da definire), secondo la capacità portante del suolo (Galsi, 2009c).

Nel caso in cui una condotta incroci un'altra tubatura o dei cavi sottomarini, è necessario cercare di attenuare qualsiasi danno potenziale ad altri servizi e mitigarne gli effetti. La procedura generale per la realizzazione degli attraversamenti prevede le seguenti attività:

- esecuzione di rilievi ed indagini prima della posa della condotta, in modo da determinare con precisione il punto di attraversamento del cavo;
- marcatura dei punti di attraversamento mediante transponder di tipo acustico (o strumenti analoghi);
- rimozione di ogni possibile ostacolo nell'area dell'attraversamento;
- installazione di materassi flessibili in cemento sul fondale, di supporto o di protezione, posizionati adiacenti e paralleli ai cavi nei punti di incrocio;
- installazione della condotta con sezione in attraversamento retta, ed angolo di incidenza del cavo preferibilmente maggiore di 30°;
- rilievo post – posa finale.

I tipi di cavi presenti sul tracciato di progetto possono essere divisi in tre categorie: cavi in fibra ottica in servizio, cavi in fibra ottica fuori servizio e cavi telegrafici. Il metodo di attraversamento dipenderà sia dalla profondità dell'acqua sia dalla posizione dei cavi ad ogni attraversamento e dal tipo del fondo marino.

Per ciascuno dei cavi, identificati durante le indagini sui tracciati, verrà applicato uno dei metodi seguenti, tutti e cinque coerenti con gli standard di uso comune (Galsi, 2009c):

- Caso 1: Riguardo i cavi attivi che si trovano su profondità minori di 100 m, dove c'è rischio di interazione potenziale con altre attività. Dovrà quindi essere posto un materasso flessibile di supporto in cemento, adiacente e parallelo al cavo nel punto di incrocio e coperto con un gradino di ghiaia per protezione;
- Caso 2: Riguardo i cavi attivi che si trovano su profondità tra i 100 m e i limiti di pesca stabiliti, dove il rischio di interazione potenziale con altre attività è minore. Per limitare però la possibilità di interazioni con altri servizi verrà posto un materasso flessibile di cemento adiacente e parallelo al cavo nel punto di incrocio, che sarà successivamente coperto con un gradino di ghiaia per protezione;
- Caso 3: Riguardo i cavi in disuso, abbandonati o sepolti, la posa della condotta avverrà senza materassi di supporto o copertura di protezione;
- Caso 4: Per le profondità più elevate dei limiti di pescaggio, un materasso flessibile di supporto in calcestruzzo verrà posizionato nel punto di incrocio. A causa del basso rischio di interazione potenziale con altre attività non è richiesta una copertura di protezione;
- Caso 5: Dove le capacità portanti del suolo non permettono l'uso di materassi in cemento, il supporto sarà definito durante la fase esecutiva (che generalmente consisterà di supporti tipo in tubi PVC, o altra struttura leggera con area di base adeguata per tipo di terreno).

Di seguito si riporta l'elenco degli attraversamenti di cavi sottomarini individuati nel tratto di metanodotto off-shore di interesse.

Tabella 4.1: Attraversamenti della Condotta Sottomarina SI

Nome Cavo	KP	Prondità (m)	Stato	Metodo di Attraversamento
FIUMOLB	15.363	75.50	In-Servizio	Caso 1
JANNA LINK	16.756	73.47	In-Servizio	Caso 1
SARSIC	19.469	83.77	In-Servizio	Caso 5
POMGARA	22.214	89.59	In-Servizio	Caso 5
TG-ITASAR	27.066	89.09	Fuori Servizio	Caso 3
POMGAR	28.867	93.43	In-Servizio	Caso 5
ITASAR	31.324	94.34	Fuori Servizio	Case 3
CABLE 1	31.453	94.41	Non Conosciuto	Case 1
GENOVA-GOLFO ARANCI CROSSING 2	33.923	94.10	In-Servizio	Case 1
ROMABAR	45.083	93.16	In-Servizio	Case 1
TG-CAPTAL CROSSING 1	51.086	92.18	Fuori Servizio	Case 3
CABLE 2	58.309	93.32	Non Conosciuto	Case 1
SAPEI-POLO 1°	62.576	109.00 ¹	In-Servizio	Case 5
TG-CASBAR	63.135	112.75	Fuori Servizio	Case 3
MAT 1	72.163	479.66	Fuori Servizio	Case 3
TG-CAPTAL CROSSING 2	79.918	688.43	Fuori Servizio	Case 3
GENOVA-GOLFO ARANCI CROSSING 1	85.406	784.51	In-Servizio	Case 5
MARPALO	107.125	633.00	In-Servizio	Case 5
TG-CAPITAL CROSSING 3	107.841	640.00	Fuori Servizio	Case 3
MADGIGLIO	113.034	622.00	In-Servizio	Case 5
PIGRO	258.624	64.60	In-Servizio	Case 5

4.2 COSTRUZIONE SEZIONE ON-SHORE TOSCANA

4.2.1 Realizzazione della Linea Principale On-Shore

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea di progetto, avanzando progressivamente nel territorio. Le attività di costruzione della condotta si svolgeranno come indicato nel seguito con riferimento alle principali fasi di lavoro:

- realizzazione di infrastrutture provvisorie;
- apertura della pista di lavoro;
- sfilaggio e saldatura delle tubazioni;
- realizzazione dello scavo, posa della tubazione e copertura della trincea.

4.2.1.1 Realizzazione di Infrastrutture Provvisorie

Con il termine di "infrastrutture provvisorie" s'intendono le piazzole di stoccaggio per l'accatastamento delle tubazioni (P), della raccorderia, ecc..

In fase di progetto è stata individuata la necessità di predisporre una sola piazzola ubicata in prossimità del Terminale di Piombino. L'ubicazione della piazzola è riportata in Figura D2_2.3; le informazioni ad essa relative sono riportate nella tabella seguente (Saipem-Technip, 2009a).

Tabella 4.2: Ubicazione delle Infrastrutture Provvisorie

Progressiva [km]	Provincia	Comune	Località	Superficie [m ²]
3+005	Livorno	Piombino	Vignarca	20,187

La piazzola sarà realizzata a ridosso di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto dei materiali. La realizzazione della stessa, previo scotico e accantonamento dell'humus superficiale, consiste nel livellamento del terreno. Si eseguirà, se non già presente, l'accesso provvisorio dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alla piazzola stessa.

4.2.1.2 Apertura della Pista

La fase iniziale del lavoro di costruzione del metanodotto prevede "l'apertura della pista" ossia dell'area di passaggio entro la quale si svolgeranno tutte le operazioni per la realizzazione del metanodotto. Tale pista dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio e di soccorso.

Nelle aree agricole sarà garantita la continuità funzionale di eventuali opere di irrigazione e drenaggio. In questa fase si opererà anche lo spostamento di pali di linee elettriche e/o telefoniche eventualmente ricadenti nella fascia di lavoro (Saipem-Technip, 2009a).

Nel caso in esame, la fascia di lavoro normale per la messa in opera della condotta DN 800 (32") in progetto avrà una larghezza complessiva pari a 26 m. In corrispondenza degli attraversamenti di infrastrutture (strade, metanodotti in esercizio, ecc.), di corsi d'acqua e di

aree particolari, l'ampiezza della fascia di lavoro sarà superiore ai valori sopra riportati per evidenti esigenze di carattere esecutivo ed operativo (Saipem-Technip, 2009a). La sezione tipica della pista è indicata in Figura D2_4.2.

Nella tabella seguente è riportata la stima delle superfici interessate dagli ampliamenti delle fasce di lavoro sopra riportate.

Tabella 4.3: Ubicazione dei Tratti di Allargamento della Fascia di Lavoro

Progressiva [km]	Provincia	Comune	Località/Motivazione	Superficie [m ²]
0+000 - 0+220	Livorno	Piombino	Approdo/Canale Allacciante	8,800
1+145 - 1+195			Padule Perelli Alti/Attraversamento Strada	2,000
1+220 - 1+270				2,000
2+620 - 2+670			P. San Rosselmo/Attraversamento Strada	1,000
2+685 - 2+735				1,000

Prima dell'apertura della fascia di lavoro sarà eseguito, ove necessario, l'accantonamento dello strato humico superficiale a margine della fascia di lavoro per riutilizzarlo in fase di ripristino. In considerazione del fatto che l'area in esame è soggetta a frequenti allagamenti l'humus dovrà essere avvolto da un tessuto non tessuto di grammatura leggera al fine di evitarne la dispersione e di permettere il passaggio dell'acqua e non della terra fine, così da mantenere la fertilità del suolo. In questa fase verranno realizzate talune opere provvisorie, come tombini, guadi o quanto altro serve per garantire il deflusso naturale delle acque (Saipem-Technip, 2009a).

I mezzi utilizzati saranno in prevalenza cingolati consistenti in ruspe, escavatori e pale caricatrici.

L'accessibilità all'area di passaggio è assicurata dalla viabilità ordinaria, che, durante l'esecuzione dell'opera, subirà unicamente un aumento del traffico dovuto ai soli mezzi dei servizi logistici. I mezzi adibiti alla costruzione invece utilizzeranno l'area di passaggio messa a disposizione per la realizzazione dell'opera.

Nel progetto in questione, non sono richiesti adeguamenti o nuove realizzazioni di strade di accesso provvisorio alle aree di lavoro (Saipem-Technip, 2009a).

4.2.1.3 Sfilaggio e Saldatura delle Tubazioni

Completata la fase di apertura della pista si procederà allo sfilaggio ed assiemaggio dei tubi e alla saldatura dei tubi e delle curve. Durante l'operazione di assiemaggio i tubi verranno posizionati lungo la pista e predisposti testa a testa per la successiva saldatura. Per queste operazioni saranno utilizzati trattori posatubi (sideboom) e mezzi cingolati adibiti al trasporto delle tubazioni (Saipem-Technip, 2009a).

I tubi saranno collegati mediante saldatura ad arco elettrico impiegando motosaldatrici a filo continuo. L'accoppiamento sarà eseguito mediante accostamento di testa di due tubi, in modo da formare, ripetendo l'operazione più volte, un tratto di condotta. I tratti di tubazioni saldati saranno temporaneamente disposti parallelamente alla traccia dello scavo, appoggiandoli su appositi sostegni in legno per evitare il danneggiamento del rivestimento esterno. Le saldature saranno tutte sottoposte a controlli non distruttivi mediante l'utilizzo di tecniche radiografiche o ad ultrasuoni. I mezzi utilizzati in questa fase saranno essenzialmente trattori posatubi, motosaldatrici e compressori ad aria (Saipem-Technip, 2009a).

4.2.1.4 Scavo, Posa e Copertura della Trincea

Terminata tale fase verrà effettuato lo scavo con l'utilizzo di macchine escavatrici adatte alle caratteristiche morfologiche e litologiche del terreno attraversato. La profondità di scavo sarà tale da garantire una copertura minima di 1.5 m (si veda la Figura D2_4.3). Il materiale di risulta dello scavo sarà depositato lateralmente allo scavo stesso, lungo la fascia di lavoro, per essere riutilizzato in fase di rinterro della condotta. Tale operazione sarà eseguita in modo da evitare la miscelazione del materiale di risulta con lo strato humico accantonato, nella fase di apertura dell'area di passaggio (Saipem-Technip, 2009a).

I lavori di scavo possono influire sul livello della superficie freatica, limitatamente alla stretta fascia immediatamente adiacente allo scavo. Tale operazione, essendo limitata al breve periodo in cui si eseguiranno lo scavo, la posa ed il rinterro della condotta, è temporanea ed una volta terminati i lavori, in breve tempo si ristabiliranno i naturali livelli freatici. La scelta della metodologia di aggotamento deriva dalla natura litologica dei terreni interessati ed è stabilita caso per caso in sede di esecuzione dei lavori operando per tratti contenuti di linea e facendo in modo che l'emungimento ed il rilascio dell'acqua di falda si svolga nell'ambito dell'area del cantiere di linea. L'acqua può essere intercettata direttamente nello scavo o drenata prima (Saipem-Technip, 2009b):

- nel primo caso vengono utilizzate motopompe con bocca aspirante di numero e prevalenza stabiliti in base alle portate da emungere;
- nel secondo caso vengono utilizzati well-points o pozzi verticali associati a pompe aspiranti con interasse, profondità ed ubicazione dipendenti dal regime di filtrazione (permeabilità dei terreni e caratteristiche del deflusso) (si veda la sezione tipica riportata in Figura D2_4.4).

Ultimato il rivestimento dei giunti e verificata la perfetta integrità del rivestimento, la colonna saldata sarà sollevata e posata nello scavo con l'impiego di trattori posatubi (sideboom). Nel caso in cui il fondo dello scavo presenti asperità tali da poter compromettere l'integrità del rivestimento, sarà realizzato un letto di posa con materiale inerte (sabbia, ecc.) (Saipem-Technip, 2009a).

La condotta posata sarà ricoperta utilizzando totalmente il materiale di risulta accantonato lungo la fascia di lavoro all'atto dello scavo della trincea. Le operazioni saranno condotte in due fasi per consentire, a rinterro parziale, la posa di una polifora costituita da tre tubi in Pead DN 50 e del nastro di avvertimento, utile per segnalare la presenza della condotta in gas. Uno dei tubi della polifora sarà occupato dal cavo di telecontrollo mentre i restanti due resteranno vuoti per eventuali manutenzioni. Successivamente si provvederà all'inserimento del cavo telecontrollo per mezzo di appositi dispositivi ad aria compressa (Saipem-Technip, 2009a).

A conclusione delle operazioni di rinterro si provvederà, altresì, a ridistribuire sulla superficie il terreno vegetale accantonato (Saipem-Technip, 2009a).

4.2.2 Realizzazione degli Attraversamenti Metanodotto On-Shore

Nel seguito sono indicate le modalità tipiche per la realizzazione degli attraversamenti di infrastrutture e di corsi d'acqua incontrati lungo il tracciato del metanodotto che vengono realizzati con piccoli cantieri, che operano contestualmente all'avanzamento della linea.

4.2.2.1 Attraversamenti di Infrastrutture

L'unica infrastruttura viaria di rilievo attraversata dal metanodotto è la Strada Provinciale della Base Geodetica (si veda la Tabella 2.3). Nella Figura D2_4.5 sono riportate le sezioni degli attraversamenti tipici per tale infrastruttura, assimilabile alla tipologia di strade comunali e vicinali.

Per la realizzazione di tale infrastruttura si farà ricorso ad una tecnica "trenchless", caratterizzata da un limitato o nullo ricorso allo scavo a cielo aperto, che consente di non interrompere la funzionalità dell'infrastruttura da attraversare.

In particolare tra le tecniche trenchless si farà ricorso alla trivella/spingitubo che consiste nello "spingere" il tubo al di sotto dell'infrastruttura da attraversare. Per l'attraversamento della stessa verrà utilizzato un tubo di protezione nel quale sarà inserita la condotta. La messa in opera del tubo di protezione comporta le seguenti operazioni (Saipem-Technip, 2009a):

- scavo del pozzo di spinta;
- impostazione dei macchinari e verifiche topografiche;
- esecuzione della trivellazione mediante l'avanzamento del tubo di protezione, spinto da martinetti idraulici, al cui interno agisce solidale la trivella dotata di coclee per lo smarino del materiale di scavo.

Contemporaneamente alla messa in opera del tubo di protezione si procede, fuori opera, alla preparazione del cosiddetto "sigaro". Questo è costituito dal tubo di linea a spessore maggiorato, cui si applicano alcuni collari distanziatori che facilitano le operazioni di inserimento e garantiscono nel tempo un adeguato isolamento elettrico della condotta (Saipem-Technip, 2009a).

Altri attraversamenti sono costituiti solo dalle strade vicinali di accesso alla spiaggia.

4.2.2.2 Attraversamenti di Corsi d'Acqua

I principali corsi d'acqua attraversati dal metanodotto sono costituiti da canali o fossi minori, che si riassumono in (si veda la Tabella 2.3):

- Canale Allacciante Cervia, a ridosso dell'approdo;
- Fosso Botrangolo;

entrambi realizzati in subalveo. Nella Figura D2_4.6 sono riportate le sezioni degli attraversamenti tipici per i corsi d'acqua minori.

I due corsi d'acqua saranno realizzati con tecnica trenchless (trivella/spingitubo), descritta in dettaglio al Paragrafo 4.2.2.1.

L'attraversamento del Canale Allacciante Cervia, in particolare, ricade in un ambiente di transizione umido-marino, pertanto è fondamentale non alterare la quota piezometrica della falda d'acqua dolce nell'area di scavo. Di conseguenza, in fase di esecuzione dei lavori, si garantirà l'isolamento idraulico delle aree di scavo mediante l'impiego di diaframmi impermeabilizzanti consistenti o in opere temporanee, costituite da palancole metalliche; oppure in opere di carattere permanente come nei casi dei diaframmi plastici realizzati con miscele di cemento e bentonite. Inoltre, queste strutture, infisse nel terreno preliminarmente

alle operazioni di scavo a profondità sufficienti ad evitare fenomeni di sifonamento, costituiscono un sostegno delle pareti di scavo (Saipem-Technip, 2009a).

Per quanto riguarda i lavori di realizzazione dello shore-approach che interesseranno la fascia dunale adiacente al Canale Allacciante Cervia, al fine di evitare una potenziale comunicazione idraulica tra le acque marine e la falda acquifera delle aree retrostanti, i lavori di realizzazione dei due tratti saranno effettuati in tempi distinti.

La realizzazione dell'approdo e dell'attraversamento del Canale Allacciante Cervia in tempi distinti permetterà quindi la completa separazione idraulica dei cantieri (si veda il Paragrafo 4.1.3).

Data la particolarità di tale attraversamento quindi è comunque necessario eseguire una serie di analisi di dettaglio; sulla base degli esiti di tali studi sarà definita la configurazione geometrica di posa della condotta, individuata la metodologia operativa e stabilite le eventuali opere di difesa idraulica (Saipem-Technip, 2009b).

Per quanto riguarda l'attraversamento dei fossi minori (Fosso Tabella, Fosso Fossaccia e Fosso Acquaviva) durante i lavori di scavo in alveo si devierà, se necessario, il corso d'acqua all'interno dell'alveo. Durante i lavori di scavo in alveo verrà sempre assicurato il libero deflusso delle acque anche lasciando, ove necessario, "varchi" opportunamente dimensionati nella zona di deposizione del materiale scavato. A varo della tubazione avvenuto, si procederà al rinterro dello scavo ponendo particolare cura alla compattazione dei terreni in corrispondenza delle sponde manomesse e alla loro riprofilatura.

4.2.3 Terminale di Arrivo di Piombino

La realizzazione dell'opera comporterà essenzialmente lo sviluppo delle seguenti attività:

- apertura/allestimento cantiere;
- preparazione dell'area;
- realizzazione opere civili;
- montaggi;
- commissioning;
- messa a punto dell'impianto;
- esercizio.

Le principali fasi di cantiere necessarie per la realizzazione del terminale sono:

- pulizia e preparazione del sito;
- posa in opera di manufatti interrati, quali tubazioni, pozzetti e chiusini;
- preparazione dei piani di fondazione delle strade e dei piazzali interni all'area dell'impianto;
- realizzazione delle opere di fondazione profonde e/o superficiali;
- realizzazione delle opere civili in elevazione, quali getti di travi e solai, murature e pavimentazioni;
- montaggio dei componenti dell'impianto;

- rivestimenti e coibentazioni;
- finitura di manufatti e componenti;
- formazione di fondo e manto stradale;
- sistemazione a verde.

Per la realizzazione del terminale si prevede l'utilizzo di circa 30 unità lavorative.

Le attività di cantiere non prevedono l'effettuazione di stoccaggi anche temporanei di materiali pericolosi che comportino rischi particolari. L'organizzazione del cantiere e le attività connesse saranno sviluppate secondo quanto definito nel Piano di Sicurezza e Coordinamento, che secondo quanto previsto dalla normativa vigente, sarà portato a conoscenza di tutti gli operatori presenti in cantiere.

4.3 COLLAUDO IN OPERA DELLA CONDOTTA

Prima dell'entrata in esercizio, l'intero metanodotto sarà sottoposto a prova di collaudo per valutarne la tenuta. La prova della condotta a mare verrà effettuata in accordo alle modalità indicate dalla norma DNV OS F101, mentre la parte a terra in accordo al Decreto Ministeriale 17 Aprile 2008.

4.3.1 Collaudo della Condotta Off-Shore

Prima di iniziare la prova la condotta viene pulita dai residui d'acqua o di materiali estranei impiegando una serie di PIG del tipo con tazze e spazzole incorporate, che passeranno attraverso tutta la lunghezza della tubazione. I PIG saranno spinti per mezzo d'acqua pompata. Dopo la pulizia, la tubazione sarà riempita con acqua marina filtrata che spingerà dei PIG a scovolo, capaci di eliminare totalmente l'aria dalla tubazione (Galsi, 2009a).

I PIG saranno separati durante il loro passaggio in modo tale da assicurarne la non aerazione dell'acqua di prova; nel treno dei PIG ne verrà incluso uno con un disco calibrato che assicurerà la geometria della condotta.

La procedura della prova sarà la seguente (Galsi, 2009a):

- dopo il riempimento della condotta con acqua, la pressione sarà alzata rapidamente fino alla metà della pressione normale di esercizio;
- la pressione sarà poi aumentata lentamente, fino alla pressione di prova specificata la quale sarà mantenuta per 24 ore.

Le attrezzature necessarie per le prove sono: manometri, compressori per spingere i PIG, pompe per mettere in pressione la linea, strumenti per la taratura dei manometri, PIG di calibrazione, flangie cieche, fondelli da saldare e trappole provvisorie per i PIG. L'acqua necessaria per l'effettuazione del test idraulico potrà essere prelevata in mare, e utilizzata a valle di una filtrazione; non sarà necessaria l'additivazione dell'acqua con agenti chimici antifouling (Galsi, 2009a).

Si potrà considerare che il tubo avrà superato la prova se non verrà registrata alcuna perdita, mentre il tubo è tenuto a piena pressione di prova. A fine prova, l'acqua nel tubo sarà svuotata spingendo una serie di PIG con aria compressa.

L'acqua, essendo pulita e senza additivi, sarà scaricata a mare in un luogo prestabilito. Tale scarico avverrà comunque solo a seguito di un eventuale trattamento delle acque reflue nel caso si sia verificata una contaminazione accidentale. Una volta completato lo svuotamento, la condotta sarà asciugata con l'uso di aria compressa a basso contenuto di umidità, e sarà mantenuta in quello stato fino all'introduzione del gas. (Galsi, 2009a).

4.3.2 Collaudo del Metanodotto a Terra

A condotta completamente posata e collegata si procede al collaudo idraulico che è eseguito riempiendo la tubazione di acqua e pressurizzandola ad almeno 1.3 volte la pressione massima di esercizio, per una durata di 48 ore. Le fasi di riempimento e svuotamento dell'acqua del collaudo idraulico sono eseguite utilizzando idonei dispositivi, comunemente denominati PIG (Saipem-Technip, 2009a).

Al termine delle operazioni di collaudo idraulico e dopo aver proceduto ai collegamenti finali della condotta, si esegue un ulteriore controllo dell'integrità del rivestimento della stessa. Tale controllo è eseguito utilizzando opportuni sistemi di misura del flusso di corrente dalla superficie topografica del suolo (Saipem-Technip, 2009a).

Non si esclude la possibilità che sia effettuato un unico collaudo con la parte mare.

4.4 RISPRISTINI AMBIENTALI E OPERE COMPLEMENTARI

Le attività di ripristino ambientale costituiscono l'ultima fase della realizzazione di un metanodotto.

Le opere di ripristino hanno lo scopo di riportare le aree interessate dai lavori (pista di lavoro, aree di cantiere) allo stato originario, pertanto saranno progettate e realizzate per ricostruire le condizioni naturali esistenti prima degli interventi. Mediante la realizzazione delle attività di ripristino ambientale gli effetti derivanti dalla costruzione del metanodotto saranno attenuati nell'immediato, con tendenza ad annullarsi completamente nel tempo.

In effetti, in ogni fase di costruzione della condotta, a partire dalla definizione del tracciato ottimale, vengono adottate tutte le precauzioni per contenere e minimizzare gli impatti sui sistemi naturali attraversati.

I ripristini saranno in particolare finalizzati alla necessità primaria di ricostituire gli equilibri naturali preesistenti, sia per quanto attinente alla morfologia ed alla difesa del suolo da fenomeni di degradazione (ripristino geomorfologico), sia per quanto attinente alla ricostruzione della copertura vegetale che manterrà la preesistente relazione fra la struttura fisica e meccanica del terreno e la distribuzione della flora (ripristino vegetazionale).

Nel caso in esame:

- la condotta sottomarina attraverserà, in prossimità dell'approdo, aree nella quali è stata segnalata la presenza di praterie di Posidonia Oceanica;
- il tratto on-shore del metanodotto attraverserà aree a destinazione esclusivamente agricola con morfologia pianeggiante e risulterà dunque necessario il ripristino morfologico e vegetazionale di tali aree a destinazione agricola. Vengono inoltre previste opere di contenimento e di difesa idraulica fuori terra a seguito della realizzazione di alcuni attraversamenti, come meglio specificato al Paragrafo 4.4.2.

4.4.1 Ripristino Sezione Sottomarina

Nel tratto di mare antistante il litorale tra Piombino e Follonica sono presenti praterie di *Posidonia oceanica*, a partire da circa 500 m dalla costa; questa viene attraversata dal metanodotto per circa 3.8 km.

Al fine di poter procedere con il ripristino delle Praterie di Posidonia, Galsi S.p.A. ha previsto l'utilizzo delle migliori tecniche disponibili in fase di scavo della trincea, di posa della condotta e rinterro, con l'obiettivo primario di minimizzare (si veda quanto riportato al Paragrafo 4.1 per maggiori dettagli) gli impatti derivanti dallo scavo della trincea e della dispersione di sedimenti.

Per la riforestazione della prateria di Posidonia che subirà i lavori di posa e interro della condotta nell'approdo di Piombino, lo scopo che si prefigge Galsi è quello del reimpianto automatizzato (Galsi, 2009d).

4.4.1.1 Inquadramento Generale sulle Tecniche di Reimpianto

La ricolonizzazione naturale delle praterie di *P. oceanica*, in seguito alla cessazione delle cause responsabili della loro alterazione è generalmente molto lenta (Boudouresque et al., 2006; Diviacco e Coppo, 2006). Ciò ha favorito lo studio di metodologie di reimpianto, nel corso degli ultimi decenni.

Normalmente gli esperimenti di reimpianto prevedono l'utilizzo di zolle, talee o semi, raccolti in natura, micropropagazione e coltura di talee e germogli trattati con fitofarmaci, per ottenere materiale più idoneo ai trapianti. Tuttavia da questi esperimenti non sono però ancora state perfezionate tecniche esportabili ad interventi su vasta scala (Diviacco e Coppo, 2006).

Per quanto riguarda il ripristino della prateria, attualmente e specialmente in Mediterraneo, le tecniche di reimpianto di *P. oceanica* sono poco sviluppate. A livello internazionale, esistono tuttavia tecniche ben sviluppate e sperimentate specialmente negli Stati Uniti e in Australia. Tali tecniche (Paling et al., 2003; Ecosub I; Ecosub II) si basano ad esempio sull'utilizzo di speciali macchine per il reimpianto automatizzato. Nella figura seguente si riporta un esempio di macchina per il reimpianto automatizzato di fanerogame utilizzato in Australia.



Figura 4.1: Esempio di Mezzo Sottomarino impiegato per il Reimpianto Automatizzato di Fanerogame, Ecosub I (Sito Web: Environmental Protection Authority of Western Australia, <http://www.epa.wa.gov.au/>)

4.4.1.2 Tecniche di Reimpianto Previste da GALSI

Sulla base delle esperienze americane e australiane, Galsi sta studiando la progettazione di una speciale macchina capace di prelevare “zolle” di posidonia dal fondo marino e di trasportarle temporaneamente in aree predefinite per poi procedere alla loro ricollocazione nell’area di scavo una volta terminato il riempimento (reimpianto automatizzato di fanerogame a larga scala).

Il reimpianto automatizzato è quindi lo scopo che si prefigge Galsi per la riforestazione di una parte delle praterie di posidonia che sarà interessata dai lavori di posa e interro della condotta (Galsi, 2009d).

Si evidenzia che tra le poche tecniche sperimentate che si sono rivelate valide per *P. oceanica*, una di queste prevede proprio il trapianto di zolle prelevate in altre praterie (Diviacco e Coppo, 2006). I vantaggi di questa tecnica sono costituiti dal buon attecchimento, oltre che all’assenza di sistemi di fissaggio, mentre gli svantaggi sono rappresentati dai costi legati alla mole di lavoro in mare e al danno per le praterie di provenienza: nel caso del Progetto Galsi le zolle di provenienza saranno prelevate dal corridoio di posa preventivamente alle opere di scavo senza sfruttamento di praterie donatrici esterne.

Per raggiungere lo scopo del reimpianto si prevede una fase di sperimentazione che dovrà mettere a punto la tecnica e la strumentazione da impiegare per l’asportazione e il reimpianto delle zolle. Una volta messo a punto il protocollo si avvierà la sperimentazione a piccola scala, nei tre siti di approdo (Galsi, 2009).

Per eseguire questa sperimentazione saranno richieste tutte le autorizzazioni necessarie alle autorità competenti. Tale sperimentazione dovrebbe permettere di acquisire tutte le informazioni necessarie per mettere a punto la strumentazione performante atta ad avviare il

processo di reimpianto automatizzato a larga scala con buona garanzia di successo (Galsi, 2009d).

La via qui tracciata rappresenta una novità nel panorama nazionale, ma, tenuto conto delle dimensioni delle aree di praterie di posidonia interessate dal passaggio del Galsi, solo una attività di reimpianto a larga scala potrà permettere un'adeguata mitigazione e compensazione all'impatto ambientale prodotto (Galsi, 2009d).

4.4.2 Ripristino e Opere Complementari Sezione On-Shore

4.4.2.1 Opere Complementari e Ripristini Morfologici

Parte del tracciato attraversa aree agricole pianeggianti. Le opere di ripristino di queste aree saranno di carattere morfologico ed idraulico, finalizzate a riportare il terreno alla stessa coltività e fertilità di prima dei lavori. Le aree pianeggianti e sub-pianeggianti non presentano, al riguardo, problemi particolari in quanto il ripristino è limitato ad una accurata riprofilatura del terreno.

Negli attraversamenti dei canali e dei fossi si provvederà ove necessario a ripristinare l'alveo e le arginature con apposite opere di sistemazione idraulica. Gli attraversamenti del Canale Allacciante Cervia e del Fosso Botrangolo vengono eseguiti mediante trivellazione e non richiedono opere di regimazione/ripristino. Attraversamenti a cielo aperto sono previsti solo per i canali minori (Fosso Tabella, Fosso Fossaccia e Fosso Acquaviva) per i quali sono previste opere di ripristino/regimazione in legname (Saipem-Technip, 2009a).

Di seguito si riassumono le tecniche di ripristino per gli attraversamenti con scavo a cielo aperto.

Tabella 4.4: Opere Complementari Sezione On-Shore

Opere Complementari Sezione On-Shore			
Fosso	Progressiva	Ripristino	Figura
Fosso Tabella	0+460	Ricostruzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame – 40 m	D2_4.8
Fosso Fossaccia	1+205	Ricostruzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame – 40 m	D2_4.8

Per il Canale Allacciante Cervia, il cui attraversamento avviene con spingitubo in ambiente di transizione umido-marino, verranno predisposti specifici studi di dettaglio (come meglio descritto al Paragrafo 4.2.2), a seguito dei quali verranno stabilite anche le eventuali opere di difesa idraulica.

Le opere di difesa idraulica hanno la funzione di regimare il corso d'acqua al fine di evitare fenomeni di erosione spondale e di fondo in corrispondenza della sezione di attraversamento della condotta.

Tra le opere di difesa idraulica di piccoli corsi d'acqua caratterizzati da livelli di energia idraulica molto modesti, possono rientrare anche le palizzate in legname (si veda il tipologico in Figura D2_4.7). La loro realizzazione impedisce l'instaurarsi di processi di rimaneggiamento del piede della scarpata spondale, accelerandone i tempi di consolidamento. Le palizzate vengono eseguite in guisa di cordonate continue mediante l'infissione di pali verticali di essenze forti che fuoriescono dal terreno di circa 0.60÷0.80 m

e da pali disposti in senso orizzontale, per l'altezza fuori terra, formanti una parete compatta e saldamente legati ai pali infissi con filo di ferro zincato. Detta tipologia di opera verrà utilizzata per il ripristino di piccoli fossi o canali di norma caratterizzati da profondità inferiore al metro (fosso Acquaviva e su alcuni fossi minori) (Saipem-Technip, 2009a).

La ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame (si veda il tipologico in Figura D2_4.8), costituisce una tipologia di opere in legname volte, anche in questo caso, alla regimazione longitudinale di corsi d'acqua dotati di caratteristiche idrauliche modeste e moderate capacità erosive. Questa tipologia di opera assolve anche ad una funzione di sostegno per le sponde. Il muro cellulare in legname indicato anche come parete "Krainer", ha la funzione di sostegno di riporti di terreno su pendenze piuttosto considerevoli, con la particolarità di integrarsi pienamente con l'ambiente circostante in ragione del suo stato "vivo", determinato dalla presenza di talee di specie forti ad elevato indice di attecchimento. Il risultato finale di quest'opera di sostegno, è rappresentato da una palificata in legname con talee, con pali scortecciati coricati (disposti cioè in senso suborizzontale) ed incastrati a 90° tra loro, che realizzano un paramento esterno leggermente inclinato verso monte; essa può essere costituita ad una parete o a due pareti, in relazione all'altezza del terrapieno e conseguentemente dell'azione di resistenza alle spinte che deve svolgere. Al piede dell'opera sarà realizzata una protezione antierosiva con massi e pietrame. Detta tipologia di opera è prevista per il ripristino e sostegno delle sponde del fosso Tabella e del fosso Fossaccia (Saipem-Technip, 2009a).

4.4.2.2 Ripristini Vegetazionali

Il tracciato attraversa aree agricole pianeggianti e il ripristino vegetazionale di queste è finalizzato a riportare il terreno allo stesso livello di coltivabilità e fertilità precedente alla realizzazione dei lavori. Oltre ad una accurata riprofilatura del terreno, particolare attenzione verrà indirizzata verso lo strato soprastante di terreno fertile (scotico) delle aree coltivate. Tale terreno verrà asportato, conservato e successivamente riposto sopra il materiale di riempimento, una volta posizionata la tubazione. Un esempio di ripristino ambientale di aree agricole è riportato in Figura D2_4.9.

4.4.3 Ripristino Dunale

Come indicato al Paragrafo 4.1.3, il punto di approdo della condotta ricade all'interno del tratto di litorale del Golfo di Follonica (compreso fra Torre del Sale e Carbonifera), caratterizzato dalla presenza di elementi naturalistici e paesaggistici di pregio (sistemi dunali e zone retrodunali interessate da paludi salmastre).

Per tale tratto di litorale la Provincia di Livorno ha individuato la presenza di aree interessate da situazioni di potenziale degrado/criticità (processi erosivi, etc.), individuando al contempo idonee misure progettuali da adottare al fine di garantire un corretto sviluppo dei processi naturali (Provincia di Livorno, 2009). In Figura D1_3.1 dell'aggiornamento del Quadro Programmatico si riporta un estratto delle misure preliminarmente individuate dalla Provincia di Livorno per il tratto di litorale interessato dal progetto in esame (per maggiori particolari si rimanda al Paragrafo 3.4 aggiornamento del Quadro Programmatico).

Al fine di minimizzare/annullare potenziali effetti indotti sull'area interessata dalle operazioni di shore-approach, al termine delle attività di cantiere si procederà al pieno ripristino dell'area dunale attraverso la realizzazione di opportuni interventi quali:

- realizzazione di barriere fisiche disposte parallelamente fra loro;

- ripristini vegetazionali.

Si evidenzia che tali interventi saranno realizzati in conformità alle indicazioni contenute nel Progetto Preliminare di Ripristino predisposto dalla Provincia di Livorno (Provincia di Livorno, 2009).

4.4.3.1 Realizzazione di Barriere Fisiche

L'uso di barriere fisiche è la tecnica più antica e collaudata per la protezione delle dune litoranee e si utilizzano per la ricostruzione e la protezione di depositi dunali embrionali o maturi, mediante materiali naturali infissi nel terreno.

Tali barriere sono generalmente costituite da palizzate o da fasce di cannuccia di palude infisse verticalmente nel terreno che, a seconda delle caratteristiche morfologiche della duna e delle condizioni eoliche prevalenti del sito.

Le barriere consentono di ridurre l'energia di trasporto, favorire la deposizione del sedimento ed evitare meccanismi di concentrazione del fluido (effetto Venturi) e conseguente innesco di erosioni. La creazione degli schermi frangivento favorisce inoltre la deposizione delle sabbie eoliche e la conseguente creazione di un deposito dunale.

Oltre alla protezione meccanica diretta, l'azione positiva sulla vegetazione prodotta dagli schermi frangivento è legata al trattenimento di materiale vegetale spagliato, in grado di arricchire in sostanze nutritive la sabbie dunale, e ancor di più, alla condensazione ed al trattenimento dell'umidità atmosferica.

In conformità alle indicazioni contenute nel Progetto Preliminare di Ripristino (Provincia di Livorno, 2009), si provvederà alla realizzazione di:

- una barriera (tipo viminata), disposta su due fila parallele alla linea di costa, ad una distanza di circa 10 m dalla linea di riva. La tipologia di viminata presenta due diversi modelli realizzativi per la prima e la seconda fila che si differenziano per dimensione e inclinazione: viminata verticale per la fila posta ad un metro dal piede dunale; viminata inclinata di 60° per quella posta più distante;
- una barriera (tipo viminata), disposta su una fila parallela alla linea di costa, ad una distanza di circa 35-40 m dalla linea di riva. Ogni viminata sarà composta da verghe di erica del diametro di 30-50 mm, lunghezze a correre non inferiori a 1.5 m, intrecciate su montanti di sostegno distanziati 50 cm fra loro e fissate con filo di ferro zincato. Nel caso di opera verticale, l'altezza fuori terra dei montanti sarà di 80 cm; nel caso di opera inclinata la lunghezza dei montanti sarà di 90 cm, con controventatura. In entrambi i casi i picchetti dovranno essere costituiti da pali scortecciati e non pretrattati di legno durevole, aventi diametro 8-10 cm e lunghezza totale di 1.6-1.8 m con una estremità sagomata a punta. I montanti saranno infissi al suolo per una profondità di almeno 70 cm mediante semplice battitura o trivellazione.

4.4.3.2 Ripristini Vegetazionali

I ripristini vegetazionali sono finalizzati al ripristino delle condizioni di naturalità delle aree interessate dagli interventi. In linea di massima la vegetazione che si instaura su terreni sabbiosi ha la caratteristica di presentare apparati radicali assai sviluppati in profondità. Ciò è dovuto essenzialmente alle caratteristiche fisiche del substrato che, soprattutto nei primi centimetri, è molto permeabile, si scalda molto velocemente ed altrettanto si raffredda

rappresentando un ambiente particolarmente ostile allo sviluppo delle radici. In profondità aumenta la probabilità di una seppur minima conservazione dell'umidità e di una temperatura pressochè costante.

Le attività di ripristino includeranno:

- ripristino delle condizioni ante operam, previo inserimento delle specie esistenti nel periodo antecedente ai lavori;
- inserimento di specie arbustive autoctone (*Juniperus turbinata*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *Macrocarpa*, *Pistacia lentiscus*), in conformità alle indicazioni contenute nel Progetto Preliminare di Ripristino (Provincia di Livorno, 2009).

Per quanto concerne le specie arbustive, si provvederà alla messa a dimora di specie autoctone allevate in contenitore (vaso o fitocelle; altezza 15 cm), con dichiarazione di origine del seme o materiale da propagazione. L'ambiente controllato consente infatti di allevare al meglio le piantine, di selezionare quelle più adatte al trapianto in sito e di operare nella stagione più favorevole. In generale il periodo ottimale per un trapianto corrisponde alla fine del periodo di stasi vegetativa che, nella fascia climatica temperata, coincide con la fine dell'inverno.

La messa a dimora sarà effettuata entro uno schermo di riparo costituito da un modulo di scacchiera in ragione di 28 piantine per ogni modulo di 4 m², aventi età di uno e/o due anni, previa formazione di buca, esclusivamente con mezzi manuali, di dimensioni doppie rispetto all'apparato radicale delle piantine.

Si evidenzia inoltre che, nella operazione di ricopertura dello scavo si opererà, per quanto possibile, utilizzando lo stesso substrato messo da parte all'inizio delle operazioni di scavo ed evitando l'impiego substrati di provenienza alloctona per allontanare il rischio dell'insediamento di specie erbacee esotiche ruderali o nitrofile con dinamiche riproduttive che spesso si dimostrano invasive.

Inoltre il substrato attivo, cioè quello utile allo sviluppo dei vegetali non deve contenere sostanze di natura esogena ritenute estranee alla normale composizione di un terreno.

Inoltre la terra di coltivo riportata dovrà essere priva di:

- piote erbose di provenienza alloctona;
- tronchi;
- rami;
- radici e loro parti;
- materiali plastici;
- rifiuti metallici di qualsiasi genere anche in tracce.

4.5 TEMPI DI REALIZZAZIONE

Le attività di realizzazione del metanodotto possono essere distinte in quattro sezioni principali:

- posa della condotta sottomarina (dalla Sardegna alla Toscana);
- realizzazione dello shore-approch;

- posa del metanodotto on-shore;
- costruzione del Terminale di Arrivo di Piombino.

Sulla base di dati relativi alla tempistica di cantieri simili l'avanzamento della posa della condotta sottomarina è stimabile nell'ordine di 2-3 km lineari al giorno.

Per la realizzazione del metanodotto a terra verranno impiegati 4 mesi, mentre la durata del cantiere per il Terminale di Piombino è stimata in circa 15 mesi.

La tempistica dettagliata delle lavorazioni è indicata nel cronoprogramma delle attività riportato in Figura D2_4.10.

4.6 ESERCIZIO E MANUTENZIONE DEL METANODOTTO

4.6.1 Avviamento e Fermata del Metanodotto

L'avviamento della condotta sottomarina sarà richiesto dopo il commissioning ed a seguito di ogni riparazione che richieda lo svuotamento della tubazione. La sequenza delle operazioni necessarie per l'avvio è tale da assicurare la messa in marcia in sicurezza della tubazione, eliminando l'aria e l'acqua eventualmente presente.

La procedura termina quando il metanodotto raggiunge le condizioni operative, le valvole di controllo ad entrambi i lati sono aperte ed il gas fluisce attraverso la tubazione.

Lo shut-down prevede il trattamento del gas nella condotta con il metanolo e la chiusura delle valvole di controllo di portata e successivamente l'arresto dei compressori.

4.6.2 Ispezione del Metanodotto

Verranno effettuati controlli ed ispezioni con frequenza tale da garantire la sicurezza e l'efficienza del metanodotto.

I controlli tipicamente previsti per le condotte sottomarine sono riassunti di seguito:

- controlli esterni:
 - ROV (Remote Operated Vehicle) survey,
 - route survey,
 - protezione catodica;
- controlli mediante pig:
 - misura dello spessore,
 - geometria della tubazione,
 - danni meccanici-deformazioni interne.

Le operazioni di ispezione esterna utilizzeranno appositi mezzi a controllo remoto (ROV). Per il lancio ed il ricevimento dei pig per i controlli periodici verranno utilizzate le infrastrutture presenti alle stazioni a terra.

Le ispezioni esterne sulla condotta sottomarina sono operazioni marine che vengono tipicamente condotte da uno specifico mezzo operativo (DVS, diving support vessel). Dal

mezzo di supporto è possibile operare i ROV che vengono utilizzati nel caso di ispezioni che richiedano contatto fisico con la tubazione e che sono equipaggiati con visori e bracci meccanici che permettono di operare procedure anche complesse. In funzione del tipo di analisi da effettuare sono disponibili specifici strumenti da installare sul ROV. Le attività tipiche sono le seguenti:

- localizzazione e identificazione della pipeline;
- ispezione visiva per la ricerca di danni esterni;
- verifica della copertura esterna della pipeline;
- monitoraggio e misura delle condizioni di spannino;
- misura del potenziale di protezione catodico;
- identificazione delle perdite.

Le ispezioni interne verranno effettuate utilizzando appositi pig intelligenti in grado di monitorare l'eventuale corrosione, lo stato del rivestimento, la geometria del tubo e gli spessori. In funzione del tipo di analisi verrà scelto un determinato tipo di pig. Si noti che le ispezioni possono essere condotte su tubazioni in esercizio utilizzando il gas naturale per la spinta dei pig.

In considerazione della brevità del tracciato on-shore (circa 3 km dall'approdo), le ispezioni con i PIG saranno comuni anche al tratto on-shore in quanto l'unica stazione scraper prevista sul tratto terrestre è il Terminale di Piombino.

Analogamente alla sezione sottomarina, anche per il tratto della condotta a terra saranno previste ispezioni periodiche lungo la linea per verificare eventuali alterazioni o situazioni di potenziale pericolo determinate, ad esempio, da lavori di terzi.

Al termine del ripristino ambientale, al fine di prevenire o mitigare eventuali fenomeni di mutazione dell'assetto morfologico e vegetazionale legati alla realizzazione del metanodotto, risulta inoltre opportuno effettuare le seguenti attività di controllo:

- ispezioni periodiche delle canalette ed eventualmente provvedere alle opere di manutenzione richieste;
- monitoraggio periodico dell'area in cui è localizzata la condotta in relazione ad eventuali fenomeni di instabilità del terreno, con particolare riguardo agli argini ed alle sponde dei fiumi;
- sopralluoghi periodici di controllo dell'evoluzione del ripristino dell'area interessata dagli interventi in modo da sviluppare appropriati e tempestivi piani di manutenzione.

4.6.3 Manutenzione del Metanodotto

In fase di ingegneria esecutiva verranno definite in dettaglio le procedure operative nel caso di necessità di operazioni di manutenzione e riparazione della condotta sottomarina. Le necessità sopravvenute determineranno la tempistica dell'intervento (Galsi, 2009a).

Per quanto riguarda le condotte sottomarine si potranno verificare:

- danni di lieve entità che non pregiudicano la sicurezza e la produzione (ad esempio danni al rivestimento esterno) e che necessitano un monitoraggio ed un intervento di manutenzione che può essere programmato nel tempo;
- danni che possono richiedere una variazione delle condizioni operative (ad esempio una lieve perdita) e che richiedono rapida azione di riparazione e danni che necessitano l'interruzione del servizio (come ad esempio una rottura di ampie dimensioni con fuoriuscita di gas e parziale riempimento della tubazione con acqua).

È opportuno sottolineare come le statistiche indichino che la rottura con interruzione del servizio è un fatto estremamente infrequente. Nel caso avvenga sarà necessario procedere alla depressurizzazione del metanodotto ed alla sostituzione della sezione di tubazione danneggiata. I mezzi coinvolti nella sostituzione saranno diversi in funzione della lunghezza del tratto da sostituire e della profondità. Nel caso di acque poco profonde l'operazione di riparazione consisterà nel sollevare la pipeline in modo da poter eliminare le sezioni danneggiate e sostituirla con una nuova saldandola a bordo del mezzo di posa.

In ottemperanza a quanto riportato nel DM 17/4/08, la gestione e l'esercizio del metanodotto in progetto, come in generale di tutta la rete dei metanodotti, saranno condotti in condizioni di efficienza, affidabilità e sicurezza. Le attività di controllo e di manutenzione saranno effettuate da un'apposita struttura organizzativa presente sul territorio interessato dall'opera, in grado di garantire, tra l'altro, un servizio di , reperibilità 24 h per tutti i giorni dell'anno.

Per il tratto della condotta a terra verranno effettuate attività di controllo e manutenzione della linea, al fine di garantire le condizioni di regolare operatività del sistema distributivo.

Dette attività hanno lo scopo di:

- verificare la funzionalità e il buono stato di conservazione della condotta, dei relativi impianti di linea, dei manufatti e della segnaletica; rilevare la presenza di gas nei cunicoli e nei tubi di protezione delle condotte stesse;
- accertare eventuali azioni di terzi che possano interessare le aree di rispetto delle condotte e le relative distanze di sicurezza (danni causati da attività di scavo, posa di manufatti, ecc. non conosciute/programmate);
- controllare sistematicamente l'efficienza della protezione catodica contro la corrosione della tubazione;
- verificare, tramite ispezioni periodiche lungo la linea l'insorgenza e prevenire situazioni collegate a eventi naturali che possono danneggiare la condotta.

La frequenza e le modalità di controllo della condotta saranno stabilite in base alle condizioni di progetto e di esercizio dell'opera stessa e alle caratteristiche del territorio attraversato (livello di antropizzazione, grado di stabilità dei terreni, ecc).

Saranno previste ispezioni periodiche lungo la linea on-shore effettuate per verificare l'insorgenza e prevenire situazioni collegate a eventi naturali che possono danneggiare la condotta e i danni causati da attività di scavo, posa di manufatti, ecc. non conosciute/programmate.

4.7 RIPRISTINO AMBIENTALE A FINE ESERCIZIO

La durata di un gasdotto è in funzione del sussistere dei requisiti tecnici e strategici che ne hanno motivato la realizzazione.

I parametri tecnici sono continuamente tenuti sotto controllo tramite l'effettuazione delle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, le quali garantiscono che il trasporto del gas avvenga in condizioni di sicurezza.

Qualora invece si valutino non più utilizzabili tubazione e relativi impianti per il trasporto del metano, alle condizioni di esercizio prefissate, gli stessi vengono messi fuori esercizio.

4.7.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

Per quanto riguarda la condotta sottomarina la procedura di messa fuori esercizio prevede di lasciare le condotte sul suolo/fondale. A fine esercizio le condotte saranno flussate con azoto per la bonifica. Dopo che si consumeranno gli anodi sacrificali la condotta di acciaio si consumerà gradualmente (Galsi, 2009a).

Per quanto riguarda l'alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque marine dovute alla dissoluzione degli anodi sacrificali si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 4.4.3 dell'Aggiornamento del Quadro di Riferimento Ambientale (Sezione D3).

Per quanto riguarda la condotta a terra, la dimissione della tubazione prevede una generalizzata effettiva rimozione della tubazione esistente ad eccezione di alcuni segmenti in cui detta operazione risulta, se non del tutto impraticabile, estremamente impattante in termini di effetti sull'ambiente socio-economico e naturale del territorio attraversato. Si prevede di non procedere alla rimozione della tubazione in corrispondenza di alcuni attraversamenti realizzati con tecniche trenchless. In tali segmenti, la tubazione lasciata nel sottosuolo sarà inertizzata, procedendo all'intasamento del cavo per mezzo di opportuni conglomerati cementizi a bassa resistenza meccanica o con miscele bentoniche, previa saldatura di appositi fondelli alle estremità degli stessi. La dimissione di una condotta, analogamente alla messa in opera di una nuova tubazione, prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea di progetto, avanzando progressivamente nel territorio; tali operazioni si articolano in una serie di attività simili a quelle necessarie alla messa in opera di una nuova tubazione.

4.7.2 Terminale di Piombino

Il linea generale, il piano di ripristino ambientale a fine esercizio, prevede la rimozione delle strutture del terminale ed il recupero della zona, con l'obiettivo di creare le condizioni che permettano, in un tempo ragionevole, il ripristino delle condizioni antecedenti l'installazione.

Le operazioni necessarie per il ripristino dell'area interessata dall'opera sono in sintesi:

- sospensione dell'esercizio del terminale;
- rimozione di tutte le sostanze, prodotti chimici, oli lubrificanti contenuti nelle apparecchiature, tubazioni e serbatoi presenti;
- smantellamento degli impianti e delle strutture presenti;
- demolizione degli edifici e delle strutture presenti;
- rimozione dei materiali di risulta, che verranno smaltiti in accordo alla normativa vigente;

- ripristino dell'area.

5 OTTIMIZZAZIONI PROGETTUALI E ALTERNATIVE

Le principali macro-alternative di tracciato esaminate in fase di studio di fattibilità sono descritte dettagliatamente nel volume introduttivo al SIA 2008 (Volume I) mentre le varianti minori apportate al tracciato in Toscana per ottimizzare il percorso o evitare aree critiche dal punto di vista tecnico ed ambientale o programmatico (Vincoli e Zonizzazione Urbanistica), esse sono descritte nel Capitolo 4 del Volume IX, Sezione IXb del SIA 2008.

Come già anticipato al Paragrafo 2.2, rispetto alla documentazione già presentata nel SIA del 2008 il progetto ha subito alcune modifiche sintetizzabili in:

- adeguamento del breve tratto di condotta a terra in modo da limitare per quanto possibile i tagli trasversali del reticolo idraulico superficiale;
- adattamento delle aree di impianto del Terminale di Piombino per effettuare il collegamento con la futura area di allaccio Snam Rete Gas.

Per quanto riguarda il tracciato on-shore del metanodotto si evidenzia che la soluzione attuale di tracciato limita le interferenze con il reticolo idrografico esistente, minimizzando l'attraversamento trasversale dei fossi presenti nella piana a ridosso dell'approdo e le interferenze con le attività agricole.

Per quanto riguarda l'interessamento del tracciato delle aree a pericolosità idraulica molto elevata (PIME) del PAI, il tracciato ricade interamente all'interno della perimetrazione di tali aree. Come è possibile verificare dalla Figura D1_10.4 del Quadro Programmatico (Sezione D1), la vasta estensione di tali aree non rende possibile varianti di tracciato che possano evitare o limitare l'attraversamento delle aree a pericolosità idraulica molto elevate.

Come evidenziato nella relazione "Relazione Idrogeologica" del metanodotto riportata in allegato nell'Appendice B del Quadro Ambientale a cui si rimanda per maggiori particolari, non si evidenziano comunque problematiche di compatibilità dell'opera con tali aree in quanto:

- le Norme di Piano indicano che la realizzazione di opere in tali aree è consentita nel rispetto delle condizioni di sicurezza idraulica e nel caso non ci sia aggravio di rischio per altre aree;
- la realizzazione del metanodotto è pienamente compatibile in quanto interrato:
 - il ripristino degli attraversamenti non pregiudica le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo idrografico esistente,
 - non si pregiudica o modifica l'equilibrio statico dei versanti perché il tracciato del gasdotto si sviluppa nelle aree inondabili dei tratti pianeggianti,
 - il tracciato non interferisce con interventi esistenti mirati alla riduzione o all'eliminazione del rischio idraulico,
 - i ripristini avverranno utilizzando lo stesso materiale di risulta in modo da ricostituire lo strato originario di terreno ed in particolar modo l'orizzonte pedogenetico, limitando quindi fenomeni di impermeabilizzazione del suolo,
 - l'intervento non comporta né incrementi né limitazioni delle aree inondabili.

Per quanto riguarda l'ubicazione del Terminale di Piombino che in parte ricade nell'area di rispetto della Riserva Naturale Orti Bottagone (circa 17,000 m²), occorre evidenziare che la presenza dei metanodotti esistenti Snam Rete Gas e la relativa fascia di inedificabilità (rispettivamente a Nord e a Ovest della stazione di lancio e ricevimento esistente) ha reso preferibile il posizionamento del Terminale a Sud dell'area Snam esistente.

6 INTERAZIONI CON L'AMBIENTE IN FASE DI CANTIERE

Con il termine “Interazioni con l’Ambiente ed il Territorio”, si intende includere sia l’utilizzo di materie prime e risorse sia le emissioni di materia in forma solida, liquida e gassosa, le emissioni acustiche che possono essere rilasciate verso l’ambiente esterno, nonché il traffico di mezzi.

6.1 EMISSIONI IN ATMOSFERA

6.1.1 Condotta Sottomarina

La realizzazione dello shore-approach, il varo e la posa della condotta sottomarina determineranno l’emissione di inquinanti dai mezzi navali e dalle macchine utilizzate per le operazioni, il cui numero è riportato nella tabella seguente.

Tabella 6.1: Mezzi Impiegati per la Costruzione della Condotta Sottomarina

Tipologia Mezzi	No. Mezzi	Potenza
Operazioni di Posa (in alti fondali)		
Nave Posatubi	1	70 MW
Rimorchiatore	1	7,500 kW
Nave Supporto	1	7,500 kW
Operazioni di Posa (in bassi fondali)		
Nave Posatubi	1	20.5 MW
Rimorchiatore	2	7,500 kW
Rimorchiatori per Campo Ancore	2	3,700 kW
Operazioni di Scavo/Interro (zona senza Posidonia – profondità > 30 m)		
Mezzo sottomarino tradizionale di post-trenching	1	-
Nave supporto mezzi scavo	1	10,000 kW
Rimorchiatore	1	7,500 kW
Operazioni di Scavo/Interro (zona con Posidonia - profondità < 30 m)		
Mezzo sottomarino di post-trenching per acque basse	1	-
Nave supporto mezzi scavo	1	10,000 kW
Rimorchiatori per Campo Ancore	1	3,700 kW
Operazioni di Ricoprimento (profondità > 30 m)		
Nave con “fall pipe”	1	12,000 kW
Rimorchiatore	1	7,500 kW
Bettoline trasporto ghiaia	2	7,500 kW
Operazioni di Ricoprimento (profondità < 30 m)		
Nave scaricamento laterale	1	7,500 kW
Bettolina trasporto ghiaia	1	7,500 kW
Rimorchiatori per Campo Ancore	1	3,700 kW

Realizzazione Shore-approach e Tiro della Condotta		
Mezzi Marini		
Nave Posatubi	1	20.5 MW
Rimorchiatore	1	7,500 kW
Rimorchiatore per Campo Ancore	2	3,700 kW
Mezzi Terrestri		
Escavatore	2	350 kW
Gru su cingolato	1	300 kW
Battipalo	1	200 kW

6.1.2 Metanodotto On-Shore

Le attività di posa in opera del metanodotto on-shore comporteranno lo sviluppo di polveri essenzialmente durante l'effettuazione dei movimenti terra per la preparazione dell'area di lavoro, per lo scavo della trincea, per la posa della tubazione, ecc..

Le emissioni di inquinanti in atmosfera tipici della combustione in fase di costruzione sono imputabili essenzialmente ai fumi di scarico delle macchine e dei mezzi pesanti impegnati in cantiere, quali autocarri per il trasporto materiali, escavatori, autobetoniere, gru, ecc..

Il numero massimo di principali mezzi pesanti impiegati per la realizzazione del tratto terrestre in Toscana del metanodotto Galsi (pari a circa di 3 km) è riportato nella tabella seguente (Saipem-Technip, 2009b).

Tabella 6.2: Mezzi Impiegati per la Costruzione del Metanodotto On-Shore

Mezzi Impiegati per Lavori Civili		
Tipologia Mezzi	No. Mezzi	Potenza
Ruspa	1	200 kW
Escavatore	4	350 kW
Escavatore con martellone	1	350 kW
Autocarro	1	350 kW
Mezzi Impiegati per Lavori Meccanici		
Tipologia Mezzi	No. Mezzi	Potenza
Sideboom	5	290 kW
Gru	1	300 kW
Motosaldatrice	1	10 kW
Pompa AP	1	100 kW
Compressore	1	60 kW
Autocisterna	1	350 kW
Autocarri	6	350 kW
Automezzi trasporto persone	1	190 kW

6.1.3 Terminale di Arrivo di Piombino

Come per la linea, le attività di costruzione del Terminale di arrivo a Piombino, comporteranno lo sviluppo di polveri essenzialmente riconducibili ai movimenti terra ed emissioni di inquinanti in atmosfera derivati dai gas di scarico dei mezzi.

Il numero di mezzi impiegati per la realizzazione del Terminale di Piombino è riportato nella tabella seguente. Tale numero è stato stimato sulla base dei dati relativi a cantieri organizzati per la realizzazione di impianti simili.

Tabella 6.3: Mezzi Impiegati per la Costruzione del Terminale di Piombino

Tipologia Mezzi	Numero di mezzi	Potenza (kW)
Escavatori cingolati	2	350
Autocarri	3	350
Autogru	2	300
Motosaldatrici	4	10
Autobetoniere	1	400
Pale cingolate	1	200
Vibratori a piastra	1	100
Compressori	1	60
Martello demolitore	1	100
Pompa per cls	1	50

6.2 EMISSIONI SONORE E VIBRAZIONI

6.2.1 Condotta Sottomarina

La produzione di emissioni sonore durante la fase di cantiere è connessa essenzialmente all'impiego dei mezzi navali per le attività di posa della condotta e alla realizzazione dello shore-approach (infissione del palancoato).

6.2.2 Metanodotto On-Shore

La produzione di emissioni sonore in fase di cantiere è connessa essenzialmente all'impiego usuale di macchine meccaniche di trasporto, sollevamento, movimentazione e costruzione.

6.2.3 Terminale di Arrivo di Piombino

Analogamente a quanto avviene per la linea, la produzione di emissioni sonore nella fase di cantiere per il Terminale di Arrivo di Piombino è connessa essenzialmente all'impiego usuale di mezzi pesanti.

Per quanto riguarda la potenziale generazione di vibrazioni, le attività di cantiere legate alla fase di preparazione dell'area rappresenta quella di maggior criticità per i possibili impatti sui ricettori nelle vicinanze delle aree operative.

6.3 PRELIEVI IDRICI

6.3.1 Condotta Sottomarina

I prelievi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili essenzialmente ai soli usi civili.

Le quantità relative sono stimate, sulla base di dati relativi a cantieri di opere simili per tipologia e dimensioni, come indicato nella tabella seguente.

Tabella 6.4: Prelievi Idrici Fase di Cantiere Condotta Sottomarina

Prelievi Idrici Fase di Cantiere	Modalità di Approvvigionamento	Quantità
Acqua per usi civili connessi alla presenza del personale addetto alla costruzione del metanodotto off-shore	Autobotti, reti acquedottistiche locali (cantiere a terra) Cisterne a bordo nave (cantiere lungo la rotta di posa)	12.5 m ³ /giorno ⁽¹⁾

Nota : 1) Quantità stimata ipotizzando un consumo idrico in fase di cantiere di 60 l/giorno per addetto e ipotizzando la presenza in cantiere mediamente di 200 addetti.

In fase di commissioning i prelievi idrici sono ricollegabili all'effettuazione della prova di collaudo idraulico della condotta. L'acqua da utilizzare per il collaudo sarà acqua di mare filtrata.

6.3.2 Metanodotto On-Shore

I prelievi idrici in fase di cantiere sono assolutamente trascurabili.

6.3.3 Terminale di Arrivo di Piombino

I prelievi idrici in fase di cantiere sono assolutamente trascurabili.

6.4 SCARICHI IDRICI

6.4.1 Condotta Sottomarina

Gli scarichi idrici in fase di cantiere per la condotta sottomarina sono ricollegabili essenzialmente ai soli usi civili. In particolare:

Tabella 6.5: Scarichi Idrici Fase di Cantiere Condotta Sottomarina

Scarichi Idrici Fase di Cantiere	Modalità di Scarico	Quantità
Reflui di origine civile connessi alla presenza del personale addetto alla costruzione del metanodotto off-shore	servizi igienici provvisori (servizi chimici) (cantieri a terra) Impianti di bordo (cantieri lungo la rotta di posa)	12.5 m ³ /giorno ⁽¹⁾

Nota : 1) Quantità stimata ipotizzando un consumo idrico in fase di cantiere di 60 l/giorno per addetto e ipotizzando la presenza in cantiere mediamente di 200 addetti.

Durante le attività di commissioning del metanodotto, gli scarichi idrici saranno collegati alla effettuazione del test idraulico. Come già indicato con riferimento ai prelievi, verrà adottato il principio di minimo spreco. Alla fine del test l'acqua verrà restituita al mare, previa verifica di compatibilità ambientale eventuale trattamento in accordo alle norme vigenti.

6.4.2 Metanodotto On-Shore

Gli scarichi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili essenzialmente agli usi civili e alle acque meteoriche e sono pertanto trascurabili.

6.4.3 Terminale di Arrivo di Piombino

Anche per il Terminale gli scarichi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili essenzialmente agli usi civili e alle acque meteoriche e pertanto trascurabili.

6.5 PRODUZIONE DI RIFIUTI

Si evidenzia che tutti i rifiuti saranno gestiti e smaltiti sempre nel rispetto della normativa vigente sia per le attività a mare sia per le attività a terra.

In Appendice A si riporta l'elenco riepilogativo delle discariche censite e regolarmente autorizzate dalla Regione Toscana e la relativa individuazione sulla cartografia.

6.5.1 Condotta Sottomarina

La produzione di rifiuti durante la realizzazione degli shore-approach e la presenza dei relativi cantieri a terra, consiste in (Saipem-Technip, 2009b):

- sedimenti marini eventualmente inquinati;
- olio lubrificante esausto;
- olio idraulico esausto;
- scarti di ferro;
- scarti di legname;
- scarti di polietilene;
- rifiuti solidi urbani.

In fase di collaudo della condotta la produzione di rifiuti è collegabile alle attività di lavaggio e pulizia della linea, che ne precedono l'entrata in funzione. Generalmente le quantità generate sono comunque di modesta entità.

6.5.2 Metanodotto On-Shore

La realizzazione della linea a terra determinerà una produzione di rifiuti sostanzialmente analoga per tipologia a quella stimata per la realizzazione della condotta sottomarina.

6.5.3 Terminale di Arrivo di Piombino

La realizzazione del Terminale di Piombino determinerà una produzione di rifiuti sostanzialmente analoga per tipologia a quella stimata per la realizzazione della condotta sottomarina.

6.6 UTILIZZO DI MATERIE PRIME E RISORSE NATURALI, CONSUMO DI SUOLO, TERRE E ROCCE DA SCAVO

6.6.1 Condotta Sottomarina

Per quanto riguarda la realizzazione dello shore-approach sono previste aree cantiere di estensione sia a terra che a mare, descritte in dettaglio al Paragrafo 4.1.1.

L'interramento della condotta in corrispondenza dell'approdo porterà ad una movimentazione di sedimenti durante la realizzazione dello shore-approach.

La posa della condotta in acque profonde avverrà invece mediante un mezzo dotato di sistema di posizionamento dinamico che non richiede l'utilizzo di ancore. Si noti che l'occupazione del fondale durante le operazioni di posa lungo la rotta sarà limitata al solo ingombro della condotta.

Nel caso in cui, dopo la posa, delle campate libere siano ancora esistenti e necessitino correzioni, sarà possibile intervenire sul fondale rimuovendo i picchi o spalle (con mezzi di scavo), oppure creando ulteriori punti di supporto a tali campate, ad esempio con l'uso di materassi.

Per quanto riguarda la condotta sottomarina all'interno del Golfo di Follonica si evidenzia che il tracciato a mare non interessa il Sito di Interesse Nazionale di Piombino, e quindi non attraversa direttamente aree marine individuate come potenzialmente contaminate. In caso ci fossero evidenze di contaminazione da parte dei sedimenti, si procederà alla rimozione del materiale di scavo ed alla eventuale loro bonifica. Tale materiale verrà quindi sostituito con del terreno adeguato per il ricoprimento della condotta.

Il personale addetto alle attività di realizzazione dell'opera a mare, stimato sulla base di dati relativi ad opere simili per tipologia e dimensioni, è ipotizzabile in circa 200 unità.

Nella seguente tabella sono sintetizzati i numeri di maggiore interesse (Galsi, 2009a).

Tabella 6.6: Utilizzo Materie Prime/Risorse – Attività a Mare e Approdi

Risorsa	Quantità
Occupazione fondale tratto interrato	133,100 m ²
Occupazione fondale tratto posato	264,800 m ²
Manodopera	200 unità (max)
Movimenti Sedimenti	300,000 m ³

6.6.2 Metanodotto On-Shore

Per la realizzazione del tratto terrestre del metanodotto sarà prevista una pista di lavoro lungo tutto in tracciato (circa 3 km) di 26 m.

In corrispondenza degli attraversamenti di infrastrutture stradali (Strada Provinciale della Base Geodetica), di corsi d'acqua, l'ampiezza della pista di lavoro potrà essere superiore al valore sopra riportato per evidenti esigenze di carattere operativo ed esecutivo e andrà ad occupare aree di cantiere provvisorie supplementari (si veda il Paragrafo 4.2.1.2).

Il personale addetto alle attività di costruzione, stimato sulla base di dati relativi a cantieri di opere simili per tipologia e dimensioni, è ipotizzabile in circa 30 unità per il cantiere di linea.

I movimenti terra per la preparazione della trincea per la posa della condotta sono pari a 4-6 m³ a m lineare.

Tutto il terreno scavato per la preparazione della trincea verrà successivamente riutilizzato per i riempimenti della trincea stessa; non è pertanto prevedibile terreno di risulta per cui procedere a smaltimento. Nel caso dovessero essere incontrati terreni interessati da contaminazione questi verranno smaltiti secondo le modalità e le procedure previste dalla normativa vigente.

Il consumo di materiali da costruzione, in particolare materiale granulare di riempimento fondo scavo, è stimato pari a circa 550 m³ (circa 1,000 t) per km di scavo.

In Appendice A si riporta l'elenco e l'individuazione sulla cartografia degli impianti di cava e delle aree con attività estrattiva di inerti, prossimi al tracciato in progetto, regolarmente autorizzati dalla Regione Toscana.

Una stima di massima dei quantitativi di materie prime e risorse naturali impiegate durante la realizzazione del metanodotto on-shore sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tabella 6.7: Utilizzo Materie Prime/Risorse - Fase di Realizzazione On-Shore

Risorsa	Quantità
Occupazione Area Pista di lavoro	78,000 m ²
Occupazione area allargamenti (totale)	14,800 m ²
Manodopera	30 addetti (max)
Movimenti Terra	18,000 m ³
Inerte	1,650 m ³

Nella tabella seguente è inoltre riportata la stima di materiale necessario per gli interventi di mitigazione e ripristino descritti in dettaglio al Paragrafo 4.4.2.

Tabella 6.8: Utilizzo Materie Prime/Risorse – Interventi di Mitigazione e Ripristino

Tipologia	Materiali	Quantità
Opere di sostegno e difesa idraulica	Palizzate	300 m
	Muri cellulari in legname	960 m
	Pietrame	304 m ³
Opere di regimazione delle acque superficiali	Fascinate	100 m
	Canalette in terra e/o pietrame	100 m

6.6.3 Terminale di Arrivo di Piombino

L'area impegnata durante le fasi di realizzazione del Terminale di Piombino ammonterà a circa 29,300 m². Il numero massimo di addetti alle attività di costruzione del terminale 30 addetti.

Una stima di larga massima della quantità di terre movimentate porta ad un valore comunque ampiamente cautelativo di circa 23,500 m³ (tale cifra tiene conto dei movimenti terra per la predisposizione del piano di posa delle strutture ed impianti e per la sistemazione superficiale finale).

Nella tabella seguente è presentata una stima dei quantitativi di suolo, terre e rocce da scavo che si prevede verranno interessati/movimentati durante le attività.

Tabella 6.9: Stima del Consumo di Suolo, Terre e Rocce da Scavo, Terminale di Piombino

Stima del Consumo di Suolo, Terre e Rocce da Scavo, Terminale di Piombino [Galsi, 2009b]	
Risorsa	Quantità
Occupazione di Suolo	29,300 m ²
Preparazione area e strade	8,318 m ³
Scavi per installazione equipment	15,798 m ³

Scavi per fondazioni edifici	1,119 m ³
Scavi per cavi e condotte	26,120 m ³

6.7 TRAFFICO MEZZI TERRESTRI E NAVALI

6.7.1 Condotta Sottomarina

Tutte le attività per la condotta sottomarina prevedono l'utilizzo di mezzi navali, la cui tipologia dipende dalle caratteristiche del lavoro in atto. In fase di cantiere l'interdizione sarà limitata intorno alle attività di realizzazione dello shore approach (durante le attività di tiro e posa sarà temporaneamente interdetta l'area intorno al campo ancore).

I dettagli dei mezzi utilizzati in fase di cantiere per la posa della condotta sottomarina e la realizzazione dello shore-approach sono descritti in dettaglio al Paragrafo 4.1.2.

6.7.2 Metanodotto On-Shore

In fase di costruzione del metanodotto l'incremento di traffico sulla rete stradale è ricollegabile a:

- mezzi per il trasporto dei materiali e del personale impegnato nelle attività di realizzazione dell'opera;
- attrezzature di cantiere (movimentazione terreni, posa tubazioni, ecc.).

In Tabella 6.2 (Paragrafo 6.1.2) sono stimati i mezzi utilizzati in fase di cantiere per la realizzazione del tratto terrestre della condotta. Il traffico indotto di mezzi pesanti per il tratto Toscana sarà principalmente riconducibile all'approvvigionamento delle barre (singoli tubi).

Ipotizzando che le barre raggiungano via mare il Porto di Piombino e siano provvisoriamente stoccate in un'area in prossimità del Porto, per la realizzazione del tratto on-shore sarà necessario il trasferimento di circa 250 barre nell'area di stoccaggio temporanea individuata in prossimità del Terminale di Piombino. Per tale trasferimento saranno necessari 83 transiti con automezzi pesanti. E' ipotizzabile che i transiti avverranno con una frequenza massima di 5 transiti/giorno.

6.7.3 Terminale di Arrivo di Piombino

Il numero di mezzi impiegati per la realizzazione del Terminale di Piombino è riportato nella Tabella 6.3 (Paragrafo 6.1.3).

Si prevede che il periodo di maggior movimentazione di mezzi sia connesso all'attività di preparazione dell'area e ai getti di calcestruzzo. Il traffico di mezzi terrestri in fase di costruzione è quantificato nella successiva tabella.

Tabella 6.10: Traffico di Mezzi in Fase di Realizzazione del Terminale

Attività	Traffico Stradale Massimo
Autobetoniere per trasporto cls	2 transiti/giorno (max)
Automezzi per trasporto materiali da costruzione	5 transiti/giorno (max)
Automezzi per trasporto personale	5 transiti/giorno (max)

di cantiere	
-------------	--

Tale numero è stato stimato sulla base dei dati relativi a cantieri organizzati per la realizzazione di impianti simili.

7 INTERAZIONI CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO

7.1 EMISSIONI IN ATMOSFERA

In condizioni di normale esercizio non si hanno emissioni in atmosfera.

7.2 EMISSIONI SONORE E VIBRAZIONI

7.2.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

In condizioni di normale esercizio le condotte non producono alcuna emissione sonora.

7.2.2 Terminale di Arrivo di Piombino

In fase di esercizio l'unica possibile fonte di rumore è costituita dal sistema di riduzione della pressione. La rumorosità prodotta dalle valvole del sistema (2 valvole in funzione poste in vasca a 2 m sotto il piano campagna) è, in condizioni di portata massima delle valvole, 45.6 dB(A) a 1 m (Galsi, 2009b).

Il Terminale non è caratterizzato da apparecchiature a cui è associata l'emissione di vibrazioni.

7.3 PRELIEVI IDRICI

7.3.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

In fase di esercizio delle condotte non sono previsti prelievi idrici.

7.3.2 Terminale di Arrivo di Piombino

Per quanto riguarda la fase di esercizio il Terminale di Piombino non sarà presidiato e quindi non sono previsti prelievi idrici.

7.4 SCARICHI IDRICI

7.4.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

Durante l'esercizio del metanodotto non sono previsti scarichi idrici.

7.4.2 Terminale di Arrivo di Piombino

Durante l'esercizio non sono previsti scarichi idrici in quanto il Terminale di Piombino non sarà presidiato.

7.5 PRODUZIONE DI RIFIUTI

7.5.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

In fase di esercizio ridotte quantità di rifiuti potranno essere prodotte dalle attività di manutenzione e pulizia periodica della linea.

7.5.2 Terminale di Arrivo di Piombino

I rifiuti prodotti durante la fase di esercizio del Terminale di Piombino derivano dalle diverse attività di manutenzione che verranno svolte al suo interno.

Nella tabella seguente si riportano i quantitativi medi annui di rifiuti prodotti previsti per il Terminale (Galsi, 2009b).

Tabella 7.1: Rifiuti prodotti durante l'Esercizio del Terminale di Piombino

Tipologia Rifiuto	Quantità [t/anno]
Olio esausto	0.1
Rifiuto per filtri e materiale di pulizia	0.1
Imballaggi	0.05

7.6 UTILIZZO DI MATERIE PRIME E RISORSE NATURALI, CONSUMO DI SUOLO

7.6.1 Condotta Sottomarina e Metanodotto a Terra

In fase di esercizio, l'occupazione di suolo sarà riferibile alle sole parti non interrato delle condotte sottomarine. L'occupazione di fondale sarà limitata al solo ingombro della condotta.

Per quanto riguarda il metanodotto a terra la costruzione e il mantenimento di un metanodotto sui fondi altrui sono legittimati da una servitù il cui esercizio, lasciate inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo di questi fondi, limita la fabbricazione nell'ambito di una fascia di asservimento a cavallo della condotta (servitù non aedificandi).

L'ampiezza di tale fascia varia in rapporto al diametro ed alla pressione di esercizio della linea. Nella seguente tabella ne sono evidenziate le dimensioni per la condotta in progetto.

Tabella 7.2: Servitù non Aedificandi

Servitù non Aedificandi	DN 800 (32")
Larghezza	62 m
Lunghezza	3,005 m

7.6.2 Terminale di Arrivo di Piombino

Nella tabella seguente si riportano i valori previsti di utilizzo di materie prime e risorse naturali, associati all'esercizio del terminale.

Tabella 7.3: Utilizzo Materie Prime/Risorse in Fase di Esercizio del Terminale

Materia Prima/Risorsa	Quantità
Cartucce filtranti	0.1 t/anno
Occupazione di suolo	29,300 m ²

7.7 TRAFFICO MEZZI TERRESTRI E NAVALI

In fase di esercizio il traffico è essenzialmente trascurabile in quanto ricollegabile allo spostamento degli addetti per le attività di manutenzione ed ispezione della linea e del Terminale di Arrivo a Piombino.

8 MISURE PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

Al fine di contenere quanto più possibile gli impatti sulle diverse componenti ambientali sono perseguibili una serie di accorgimenti tecnici e realizzativi come misure di mitigazione delle interferenze indotte dalla costruzione del metanodotto. Alcune di queste misure sono riferibili a tutte le fasi di realizzazione e sono di seguito riassunte:

- limitazione dell'interessamento per quanto possibile di territori o aree marine caratterizzati da fragilità ecologica (aree di pregio naturalistico con ecosistemi particolari);
- predisposizione di un piano di emergenza atto a fronteggiare l'eventualità di sversamenti accidentali di carburanti, lubrificanti e sostanze chimiche;
- minimizzazione dei tempi di accensione dei motori, con lo scopo di limitare al minimo necessario la produzione di fumi inquinanti;
- mantenimento dei mezzi in buone condizioni di manutenzione per una migliore efficienza e per evitare emissioni eccessive sia di fumi inquinanti che di rumore;
- previsione, per lo stoccaggio di carburanti, lubrificanti e sostanze chimiche pericolose, apposite aree di contenimento opportunamente protette e delimitate;
- controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi in tutte le aree di lavoro;
- principio di minimo spreco e ottimizzazione della risorsa idrica, anche se le quantità di acqua che si prevede di prelevare sono di entità contenuta durante tutte le operazioni di cantiere.

A integrazione di quanto sopra riportato nel seguito del paragrafo sono definite le misure mitigative specifiche per la posa della condotta sottomarina, la realizzazione del metanodotto on-shore e la costruzione e l'esercizio del Terminale di Arrivo di Piombino.

8.1 CONDOTTA SOTTOMARINA

La realizzazione della condotta sottomarina ed in particolare lo scavo della trincea e la fase di posa sul fondale potranno indurre i seguenti effetti sull'ambiente interessato:

- risospensione dei sedimenti ed aumento della torbidità delle acque;
- interferenze/danneggiamenti alle praterie di Posidonia;
- interferenze/danneggiamenti alle bioconcrezioni.

Di seguito sono descritte le principali misure progettuali che saranno adottate durante la posa della condotta sottomarina per la mitigazione degli impatti potenziali sopra citati.

8.1.1 Risospensione di Sedimenti e Aumento di Torbidità delle Acque

Durante lo scavo della trincea per la realizzazione dello shore-approach e durante la posa della condotta sottomarina si potrebbe generare una torbidità delle acque nell'area circostante la zona di posa dovuta ai materiali fini messi in sospensione e dispersi dalle correnti.

L'impatto sulla colonna d'acqua andrà confinato in tempi ristretti, soprattutto per non interferire con il fitoplancton; trattandosi di zone anche in mare aperto, la corrente non consentirà di stabilire una situazione stazionaria ed il moto ondoso potrebbe ricircolare materiale proveniente dal sedimento.

Le misure di mitigazione, previste in fase di realizzazione prevedono:

- l'infissione di un palancolato metallico fino a 2 m di profondità al fine di limitare fisicamente l'area di lavoro;
- l'installazione di teli di contenimento posizionati ai lati della trincea, qualora il sedimento prodotto dal reinterro della condotta andasse in circolo nella colonna d'acqua e rischiasse di depositarsi sulla prateria circostante (Galsi, 2009d);
- nel tratto in cui è stata rilevata la presenza di *Posidonia*, la limitazione della dispersione in fase di riempimento della trincea, grazie all'utilizzo di un sistema di scavo e reinterro brevettato (si veda in dettaglio quanto descritto al Paragrafo 4.1.2) che consente il ricoprimento della trincea appena scavata direttamente sul fondale a pochi metri di distanza sopra di essa.

8.1.2 Interferenze/Danneggiamenti alle Prateria di *Posidonia oceanica*

La posa della condotta sottomarina interessa un tratto caratterizzato dalla presenza di praterie di *Posidonia oceanica*. Le attività di costruzione verranno condotte in modo tale da minimizzare i rischi di impatto e si presterà la massima attenzione, in fase di realizzazione dell'opera, a non attivare le sorgenti di perturbazione.

8.1.2.1 Scavo e Rinterro

Nelle zone interessate da *Posidonia* le condotte verranno interrate; la trincea sarà realizzata dopo l'installazione della condotta (post-trenching). Come meglio descritto al Paragrafo 4.1.2 in tali zone è previsto l'impiego di un sistema brevettato (da terzi) che consente l'esecuzione di trincee di larghezza inferiore (13 m) rispetto a quella ottenibile con tradizionali metodi di dragaggio (40 m) minimizzando così l'impatto su di essa (Galsi, 2009a).

Le misure di mitigazione, potrebbero prevedere la limitazione del danneggiamento alla prateria attraverso un'opportuna individuazione del corridoio ottimale di posa, anche in seguito all'esecuzione di rilievi diretti in sito volti a definire la reale estensione della prateria nelle aree di progetto.

8.1.2.2 Ancoraggio Mezzi Marittimi e Linee di Ormeaggio della Nave Posatubi

Durante le operazioni di varo la nave posatubi e i mezzi di supporto alla macchina di scavo della trincea saranno mantenuti in posizione e fatti avanzare mediante l'installazione di un campo ancore costituito da 10-12 linee di ormeaggio opportunamente orientate.

La gestione e la movimentazione delle ancore e dei cavi di ormeaggio comporterà un'interazione/danneggiamento sulla prateria di *posidonia* a causa dell'impronta lasciata dalle ancore sul fondale marino e del trascinarsi delle linee di ancoraggio sul fondale durante l'avanzamento (sweeping).

Al fine di minimizzare e mitigare tali impatti il Progetto Galsi prevede (Galsi, 2009e):

- l'utilizzo di ancore di peso e dimensioni limitate;
- l'utilizzo della tipologia di ancore sopraccitata, unitamente alle condizioni meteomarine non impegnative previste per le aree di basso fondale, consente alla posatubi di mantenere la posizione senza la necessità di far fare "testa" all'ancora, quindi senza dover trascinare l'ancora sul fondale per garantirne la presa;
- l'utilizzo di procedure volte alla minimizzazione dello "sweeping" durante l'avanzamento della posatubi mediante tecniche sperimentate come ad esempio:
 - utilizzo di aree in cui la posidonia è meno presente,
 - modifica del piano di ormeggio e di riposizionamento ancore, volto a limitare sensibilmente gli angoli di strisciamento dei cavi sul fondo,
 - installazione sulle linee laterali di ormeggio, quelle cioè più soggette allo strisciamento, di opportuni galleggianti che interrompono la naturale catenaria del cavo e riducono al minimo il tratto di cavo che tocca il fondo (il contatto col fondale tuttavia non può essere annullato per consentire l'opportuna presa sul fondale),
 - indicativamente di poter limitare l'interazione cavo d'ormeggi o-fondale a circa 100 m in buone condizioni meteo,
 - di limitare il numero di ancore e linee di ormeggio in attività in presenza di buone condizioni meteomarine,
 - posizionamento delle linee di ormeggio di prua e di poppa in maniera tale da massimizzare l'allineamento con la rotta di avanzamento e minimizzando di conseguenza l'interazione e il danneggiamento della prateria.

Verranno inoltre poste in atto adeguate misure cautelative:

- gli ancoraggi di pontoni altri mezzi marittimi sulla prateria presente saranno minimizzati ovviamente nell'ambito di quanto possibile per garantire simultaneamente la sicurezza del personale e dei mezzi impiegati per i lavori;
- laddove possibile, l'ancoraggio dei mezzi potrebbe essere sostituito o affiancato dall'ormeggio su corpi morti opportunamente predisposti nelle radure eventualmente esistenti all'interno della prateria;

8.1.3 Interferenze/Danneggiamenti alle Bioconcrezioni

Durante le operazioni di varo, scavo e rinterro delle trincee e di tutte le attività connesse potranno aver luogo anche interazioni con habitat legati alla presenza di fondi duri sul fondale marino (biocenosi del coralligeno, bioconcrezioni in genere) (Galsi, 2009e).

Si evidenzia in generale che durante la progettazione di una condotta sottomarina, le fasi preliminari di studio geofisico sono fondamentalmente mirate alla precisa caratterizzazione della morfologia e natura del fondale (geomorfologia, sedimentologia, presenza di "geohazard" etc.). Tali campagne di rilevamento, che accompagnano tutta la fase di definizione della rotta del metanodotto ("routing"), consentono di definire la rotta definitiva solo dopo numerose variazioni e valutazioni delle alternative ("re-routing").

Nel progetto Galsi, il tracciato della condotta sottomarina è stato studiato e definito con l'obiettivo di evitare gli affioramenti rocciosi e organogeni di maggiore rilevanza, consentendo una minimizzazione se non il totale annullamento dell'impatto. Si evidenzia infatti che:

- sotto un punto di vista tecnico i substrati duri come gli affioramenti rocciosi e le aree di bioconcrezione comportano una maggiore difficoltà tecnica (creazione di campate libere, ricchi di rottura, lavorazioni e scavi più onerosi);
- sotto un punto di vista ambientale i substrati di fondo duro albergano popolamenti di elevato valore naturalistico e in virtù della loro relativa bassa frequenza sul fondale marino possono essere evitati mediante variazioni di tracciato.

8.2 METANODOTTO ON-SHORE

Nel seguito del paragrafo sono descritte le principali misure progettuali che saranno adottate per la mitigazione degli impatti connessi allo svolgimento delle seguenti fasi realizzative del metanodotto on-shore:

- installazione del cantiere e dei servizi;
- pulizia dell'area e preparazione della pista di lavoro;
- scavo della trincea;
- posa della tubazione;
- rinterro;
- ripristino ambientale.

8.2.1 Installazione del Cantiere e dei Servizi

Per quanto riguarda la fase di installazione del cantiere e dei servizi ad esso associati le principali misure mitigative che sarebbe opportuno adottare sono le seguenti:

- utilizzo di servizi igienici provvisori (servizi chimici) per tutti gli impianti igienico sanitari del cantiere, in modo da prevenire eventuali contaminazioni della risorsa idrica sia superficiale sia di falda;
- predisposizione di idonei sistemi di contenimento per le aree destinate ad ospitare il rifornimento dei mezzi o lo stoccaggio di sostanze chimiche pericolose;
- predisposizione di scoline di drenaggio per l'allontanamento delle acque meteoriche dall'area di lavoro e realizzazione se necessario di eventuali filtri per i sedimenti in presenza di corsi d'acqua significativi.

8.2.2 Pulizia dell'Area e Preparazione della Pista di Lavoro

La attività vere e proprie di cantieristica iniziano con la preparazione della pista di lavoro. Le misure mitigative che possono essere previste in questa fase sono finalizzate a limitare per quanto possibile il consumo di suolo attraverso le seguenti attività:

- localizzazione delle strutture di cantiere in aree già disturbate (quando possibile) o comunque utilizzare quanto più possibile aree vicine a piste già esistenti;

- massima riduzione di ogni modifica connessa con gli spazi di cantiere, strade e percorsi d'accesso, spazi di stoccaggio, ecc., relazionandola strettamente alle opere da realizzare, con il totale ripristino dell'area all'originario assetto una volta completati i lavori;
- compattazione dei suoli dell'area di lavoro prima dello scavo per limitare fenomeni di filtrazione e prevenire eventuali contaminazioni da sversamento accidentale;
- localizzazione delle aree di accesso all'area di cantiere il più lontano possibile da residenze private o aree di pregio ambientale;
- limitazione del traffico non strettamente necessario in modo da aggirare le aree sensibili;
- minimizzazione della ripulitura delle piazzole da vegetazione e da eventuali colture presenti;
- bagnatura delle gomme degli automezzi e umidificazione del terreno nelle aree di cantiere al fine di contenere quanto più possibile la produzione di polveri;
- bagnatura e copertura dei cumuli della terra di coltura con teli per evitare il dilavamento e la diffusione delle polveri dagli stessi.

8.2.3 Scavo della Trincea

Le principali misure di mitigazione degli impatti legate alla fase di scavo della trincea hanno lo scopo di prevenire situazione di alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque superficiali e sotterranee e di evitare eventuali interferenze con l'assetto idraulico del territorio. Di seguito si riporta un elenco di tutti i possibili accorgimenti tecnici operativi che è possibile adottare:

- esecuzione delle opere di scavo a regola d'arte, in modo da arrecare il minor disturbo possibile;
- esecuzione del dewatering della trincea per evitare che una eventuale contaminazione dell'ambiente, sia diretta che indiretta, da parte di sedimenti e scarichi si propaghi più velocemente attraverso le acque di ristagno nello scavo;
- mantenimento, quando possibile, degli strati medio-superficiali del manto vegetale nelle aree in cui la falda è molto vicina alla superficie;
- messa in opera di percorsi alternativi temporanei per la viabilità locale, in modo da rendere quanto più possibile contenuto il disturbo alla circolazione;
- previsione di due distinti stoccaggi temporanei per la parte superficiale di terreno (humus) e per quella più profonda.

Nel caso di attraversamento di terreni interessati da fenomeni pregressi di contaminazione, si provvederà alla loro rimozione e smaltimento secondo le modalità previste dalla normativa vigente e provvedere alla sostituzione degli stessi con materiali appositamente reperiti di analoghe caratteristiche.

8.2.4 Posa della Tubazione

In fase di posa della condotta è possibile mitigare gli impatti adottando le seguenti misure:

- impedimento o limitazione al transito dei mezzi di lavoro sui suoli rimossi o da rimuovere;

- bagnatura delle gomme degli automezzi da lavoro che circolano sulla pista adiacente lo scavo, per evitare la diffusione di polvere e controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi;
- umidificazione del terreno nelle aree di cantiere e dei cumuli di inerti per impedire l'emissione di polvere.

8.2.5 Rinterro

Durante la fase di copertura della trincea è di fondamentale importanza evitare l'alterazione dell'assetto morfo-dinamico dei terreni coinvolti. Le principali misure mitigative sono di seguito elencate:

- ricollocazione dell'humus ed il materiale di scavo nell'ordine originale per facilitare la rivegetazione;
- rivegetazione appena possibile della pista di lavoro per ripristinare il precedente equilibrio idrogeologico e per garantire un adeguato livello di stabilità nel medio e nel lungo termine;
- mantenimento sotto controllo dell drenaggio da aree coltivate in modo da evitare eventuali migrazioni di prodotti funzionali all'agricoltura;
- realizzazione di opportune canalette per facilitare e regolamentare il deflusso delle acque meteoriche contribuendo anche alla prevenzione dei fenomeni di erosione.

8.2.6 Gestione dei Rifiuti e Sistemi per la Prevenzione della Contaminazione del Terreno

All'interno delle aree logistiche dei cantieri dedicati alla realizzazione di attraversamenti fluviali e di opere in sotterraneo ed in corrispondenza delle sedi logistiche degli appaltatori, installate in aree industriali esistenti al di fuori delle aree di lavoro previste per la messa in opera della condotta, saranno apprestati dei cassoni metallici atti a contenere i seguenti rifiuti separati tra loro (Saipem-Technip, 2009b):

- olio lubrificante esausto;
- olio idraulico esausto;
- scarti di ferro;
- scarti di legname;
- scarti di polietilene;
- rifiuti solidi urbani.

Le attività di raccolta e di deposito temporaneo, saranno differenziate per tipologie di rifiuti, mantenendo la distinzione tra rifiuti urbani, rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti speciali pericolosi. All'interno del cantiere, le aree destinate al deposito temporaneo dovranno essere delimitate e attrezzate in modo tale da garantire la separazione tra rifiuti di tipologia differente; i rifiuti dovranno essere confezionati e sistemati in modo tale sia da evitare problemi di natura igienica e di sicurezza per il personale presente, sia di possibile inquinamento ambientale.

Un'apposita cartellonistica dovrà eventualmente evidenziare i rischi associati alle diverse tipologie di rifiuto e dovrà permettere di localizzare aree adibite al deposito di rifiuti di diversa natura e C.E.R. (Saipem-Technip, 2009b).

Le aree di stoccaggio dei rifiuti saranno differenziate tra area per rifiuti pericolosi e non. Tutti i rifiuti pericolosi devono essere stoccati in contenitori impermeabili ed ermetici fatti di materiale compatibile con il rifiuto pericoloso da stoccare. I contenitori devono avere etichette di avvertimento sulle quali è accuratamente descritto il loro contenuto, la denominazione chimica e commerciale, tipo e grado di pericolo, stato fisico, quantità e misure di emergenza da prendere nel caso sorgano problemi. Rifiuti pericolosi incompatibili non devono essere stoccati o trasportati nello stesso serbatoio. I rifiuti pericolosi non saranno stoccati in recipienti precedentemente usati per contenere altri rifiuti incompatibili, a meno che il recipiente non abbia subito un preventivo processo di decontaminazione. I rifiuti pericolosi saranno stoccati in zone di ricezione determinate con pavimento, tetto impermeabile e appropriato controllo del drenaggio; inoltre questi materiali di risulta devono essere stoccati in specifiche aree dedicate a questo scopo. I materiali devono essere stoccati in ordine e con una chiara ed identificabile etichetta (Saipem-Technip, 2009b).

L'art. 183 del D.Lgs 152/06 prevede di non tenere stoccati per più di 2 mesi i rifiuti pericolosi e non più di 3 mesi i non pericolosi, ed inoltre possono essere tenuti stoccati per 1 anno i rifiuti pericolosi con volume minore di 10 m³ ed i rifiuti non pericolosi con volume minore di 20 m³.

Agenti chimici e materiali non compatibili non devono essere stoccati in aree di contenimento comuni o nello stesso contenitore; reattivi, infiammabili, acidi corrosivi, e chemicals corrosivi e caustici devono essere stoccati ognuno in aree separate (Saipem-Technip, 2009b).

Per quanto riguarda infine lo stoccaggio di gasolio e oli saranno previsti bacini di contenimento dei serbatoi all'interno delle aree cantiere. Le operazioni di rabbocco e rifornimento avverranno solo all'interno di tali aree per evitare sbandamenti in luoghi non controllati (Saipem-technip, 2009b).

Le misure di prevenzione che verranno intraprese onde limitare le fonti di rischio quali il rifornimento dei mezzi operativi e di trasporto, la manutenzione ordinaria dei mezzi meccanici e la rottura improvvisa dei circuiti oleodinamici delle macchine operatrici saranno le seguenti (Saipem-Technip, 2009b):

- effettuare tutte le operazioni di manutenzione dei mezzi adibiti ai servizi logistici presso la sede logistica dell'appaltatore;
- effettuare eventuali interventi di manutenzione straordinaria dei mezzi operativi in aree ricavate nell'ambito dell'area di passaggio adeguatamente predisposte (superficie piana, ricoperta con teli impermeabili di adeguato spessore e delimitata da sponde di contenimento);
- il rifornimento dei mezzi operativi dovrà avvenire nell'ambito della fascia di lavoro, con l'utilizzo di piccoli autocarri dotati di serbatoi e di attrezzature necessarie per evitare sversamenti, quali teli impermeabili di adeguato spessore ed appositi kit in materiale assorbente;
- le attività di rifornimento e manutenzione dei mezzi operativi saranno effettuate in aree idonee, lontane da ambienti ecologicamente sensibili, corsi d'acqua e canali irrigui per evitare il rischio di eventuali contaminazioni accidentali delle acque;

- controllare giornalmente i circuiti oleodinamici delle macchine.

8.2.7 Ripristino Morfologico

I ripristini morfologici hanno lo scopo di restituire alle aree interessate dai lavori di posa della condotta la configurazione morfologica che avevano prima dell'avvio dei lavori. Tali interventi sono necessari al fine di:

- consentire una corretta regimazione delle acque;
- assicurare la stabilità dei suoli;
- evitare l'insorgere di fenomeni di erosione;
- consentire il successivo impianto di specie vegetali (ripristini vegetazionali).

La descrizione delle principali aree oggetto di ripristino è riportata in dettaglio al Paragrafo 4.4.2.1.

8.2.8 Ripristino Ambientale

La previsione di adeguati interventi di ripristino vegetazionale, finalizzati ad avviare i processi di ricostruzione della copertura vegetale antecedente alla realizzazione dell'opera, consente di accelerare l'insediamento della fitocenosi ed annullare nel tempo gli effetti negativi indotti dalla rimozione della vegetazione originaria.

Tali interventi verranno effettuati con riferimento alle caratteristiche botanico-vegetazionali dell'area interessata dai lavori. In tal modo la qualità della vegetazione esistente lungo il tracciato del metanodotto verrà alterata solo provvisoriamente e limitatamente alla pista di lavoro; non verrà, inoltre, arrecato alcun danno permanente alla fauna.

Di seguito si riporta un elenco delle possibili azioni da eseguire a fine lavori in modo da ripristinare le aree attraversate:

- riqualificazione ambientale dell'area ad opera ultimata, attraverso interventi di pulizia, di ripristino vegetazionale, etc.;
- utilizzo di specie vegetali caratterizzanti la fitocenosi circostante e preesistenti nella fascia di lavoro per evitare la diffusione di specie non autoctone durante le operazioni di ripristino;
- controllo della qualità dei suoli usati per la rivegetazione;
- monitoraggio dell'evoluzione della rivegetazione avendo cura di controllare l'eventuale sviluppo di formazioni vegetali nocive o indesiderate;
- provvedere alla immediata rivegetazione, possibilmente con specie autoctone, dell'area di intervento una volta completati i lavori di messa in sicurezza e ripristino dei suoli disturbati;
- ove necessario saranno distribuiti sulla superficie da rinverdire terreni con caratteristiche chimico-fisiche idonee alla piantumazione;
- a seconda delle situazioni verrà effettuata la messa a dimora di piante provenienti da vivai oppure si procederà alla semina e alla copertura del seme;

- utilizzo di una tinteggiatura adeguata per le strutture e le relative recinzioni a servizio del metanodotto (stazione di riduzione, ecc.);
- localizzazione delle strutture di servizio in posizione defilata o prossimi a macchie vegetali di mascheramento, ove sia possibile e compatibilmente con le norme di sicurezza.

Al termine del ripristino ambientale al fine di prevenire o mitigare eventuali fenomeni di mutazione dell'assetto morfologico e vegetazionale legati alla realizzazione del metanodotto risulta opportuno anche in fase di esercizio effettuare le seguenti attività di controllo:

- monitoraggio periodico dell'area in cui è localizzata la condotta in relazione ad eventuali fenomeni di instabilità del terreno, con particolare riguardo agli argini ed alle sponde dei canali;
- sopralluoghi periodici di controllo dell'evoluzione del ripristino dell'area interessata dagli interventi in modo da sviluppare appropriati e tempestivi piani di manutenzione.

8.3 TERMINALE DI ARRIVO DI PIOMBINO

Per quanto riguarda l'apertura del cantiere del Terminale di Piombino si porranno in atto i medesimi accorgimenti previsti per i cantieri della linea; occorre inoltre evidenziare che verranno posti in essere i seguenti accorgimenti.

8.3.1.1 Ottimizzazione del Progetto Architettonico

Il Terminale è stato oggetto di uno specifico studio di inserimento paesaggistico; la scelta dei colori e delle caratteristiche architettoniche delle parti in vista sono state individuate in modo che possano inserirsi armonicamente nel contesto paesaggistico del sito, compatibilmente con i vincoli stabiliti dalla normativa di sicurezza e con le esigenze d'efficienza e funzionalità dell'impianto.

Valutazioni specifiche sono contenute nella Relazione Paesaggistica, cui si rimanda (D'Appolonia, Rapporto 07-377-H29).

8.3.1.2 Sistemi per la Prevenzione della Contaminazione del Terreno

Le apparecchiature contenenti oli di lubrificazione e/o gli additivi chimici verranno posti in locali chiusi. Le acque di lavaggio e gli eventuali sversamenti accidentali di oli verranno raccolti in apposite vasche di accumulo per poi essere scaricati a mezzo di botti spurgo e smaltiti in impianti autorizzati secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

8.3.1.3 Altri Accorgimenti Progettuali

Oltre a quanto sopra descritto, si è provveduto a definire circuiti separati per il sistemi/reti di drenaggio delle acque.

9 MISURE DI MONITORAGGIO

9.1 SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA

Qualche mese prima della posa sarà eseguita un'indagine di dettaglio del fondo marino (pre-lay route survey) per verificare lo stato della rotta e pianificare interventi se necessario.

La pre-lay route survey è inoltre accompagnata da una caratterizzazione delle condizioni ambientali di partenza volta inoltre all'identificazione delle aree da adibire all'installazione delle linee di ormeggio per la nave posatubi. Tale indagine verrà condotta mediante:

- indagini strumentali Multi Beam e indagini dirette;
- analisi chimico fisiche delle acque;
- analisi della trasparenza delle acque.

Durante la posa, la posizione della condotta viene continuamente monitorata, tutti i dati di posa (tensioni di tiro, qualità di saldature) vengono controllati ed anche la geometria e le deformazioni del tubo tramite dei PIG speciali inseriti nello stesso. Normalmente un ROV con fotocamera fornisce un'immagine visiva del tubo al punto di contatto con il fondo (Galsi, 2009d).

Le attività di cantiere saranno costantemente ispezionate sul campo ad opera del responsabile ambientale che verificherà, visivamente, in particolar modo l'andamento della torbidità nella colonna d'acqua e l'eventuale presenza accidentale di oli e idrocarburi in superficie (Galsi, 2009d)..

In accordo con le autorità competenti (area, frequenza, disposizione dei punti di campionamento) verranno realizzati monitoraggi chimico-fisici delle acque mediante sonda multiparametrica. I parametri da analizzare in sito previsti sono (Galsi, 2009d):

- pH;
- Temperatura;
- Ossigeno disciolto;
- Torbidità.

In laboratorio verranno analizzati (Galsi, 2009d):.

- Colore;
- DQO;
- DBO5;
- SST;
- Idrocarburi totali;
- Oli dispersi.

Saranno inoltre messi in atto (Galsi, 2009d):

- un monitoraggio della sedimentazione nelle aree circostanti e gli effetti sulle biocenosi di fondo in maniera tale da definire il limite di tolleranza della torbidità accettabile (Galsi, 2009a). Con cadenza trimestrale saranno condotti analisi su campioni di sedimento superficiale (materia organica, PCB, metalli pesanti);
- indagini strumentali con Multi Beam nelle aree di posa della condotta e nelle aree adibite agli ancoraggi;
- monitoraggio diretto dell'ecosistema bentonico con particolare attenzione alla *Posidonia oceanica*, attraverso l'indagine in immersione e con controllo ROV;
- monitoraggio delle biocenosi marine: benthos, plancton, microbiologico, vertebrati;
- monitoraggio dei parametri meteoceanografici: vento, condizioni meteo marine, visibilità, eventi inusuali.

In ultimo, dopo la posa sarà compiuta un'ulteriore indagine di dettaglio del fondo marino (post-lay route survey) per verificare lo stato della condotta e pianificare interventi se necessario (Galsi, 2009d).

Il piano di monitoraggi ambientale a lavori ultimati prevede la realizzazione di due campagne di controllo stagionali (Inverno-Estate) fino al raggiungimento delle condizioni ecologiche di equilibrio precedenti alla posa del metanodotto, per un massimo di 5 anni (Galsi, 2009d).

Ogni anno verrà effettuata una indagine visiva sulla prateria di posidonia in corrispondenza della trincea al fine di valutarne la ricrescita. Il monitoraggio delle reimpianto della prateria sarà effettuato annualmente per 5 anni successivi al reimpianto al fine di valutarne l'efficacia a lungo termine (Galsi, 2009d).

Al terzo anno sarà effettuata un'indagine strumentale con Multi Beam nelle aree di posa della condotta e nelle aree adibite agli ancoraggi (Galsi, 2009d).

Per quanto riguarda le misure di monitoraggio in fase di esercizio della sezione sottomarina Sardegna-Toscana si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 4.6.2.

9.2 SEZIONE ON-SHORE TOSCANA

In fase di cantiere ed in fase di esercizio, sia per il metanodotto on-shore sia per il Terminale di Arrivo a Piombino, non sono previste misure di monitoraggio.

10 ANALISI DEI MALFUNZIONAMENTI E DEGLI SCENARI INCIDENTALI

10.1 SEZIONE SOTTOMARINA SARDEGNA-TOSCANA

Qualche mese prima della posa sarà eseguita un'indagine di dettaglio del fondo marino (pre-lay route survey) per verificare lo stato della rotta e pianificare interventi se necessario, perciò non si prevedono incidenti dovuti alla scelta della rotta (Galsi, 2009a).

Durante la posa della condotta potrebbero verificarsi due differenti tipologie di incidenti con danneggiamento delle condotte. Tali eventi, descritti nel seguito, sono comunque molto rari se la posa viene eseguita a regola d'arte. La gara di appalto per l'aggiudicazione del contratto di posa prevederà la definizione di tutte le misure di sicurezza necessarie per evitare questi eventi.

10.1.1 Collasso del Tubo senza Rottura

Il collasso del tubo senza la rottura dello stesso viene segnalato direttamente tramite la strumentazione di bordo sulla stessa nave posa-tubi e l'operazione di posa viene fermata immediatamente.

Nel caso di profondità fino a 350 m il tubo viene tirato a bordo per mezzo dei 'tensionatori' (e verricelli) fino a quando il tratto danneggiato è completamente recuperato e rimosso. Nuovi tubi vengono poi saldati all'estremità integra della condotta e le operazioni di posa riprendono nella modalità normale. Tali operazioni sono eseguite senza l'ausilio di mezzi o materiali ulteriori (Galsi, 2009a).

Nel caso di fondali più profondi, dove la nave posa tubi non ha la capacità di recupero del tubo danneggiato, quest'ultimo dovrà essere abbandonato sul fondo tramite una testa d'abbandono. La riparazione avviene come descritto al paragrafo seguente come per il caso del tubo riempito con acqua (Galsi, 2009a).

10.1.2 Collasso del Tubo con Rottura e Riempimento del Tubo d'Acqua

Quando si verifica tale incidente i dati sono prelevati dalla stessa nave posa-tubi che registra un notevole incremento del carico sul 'tensionatore' e l'operazione di posa viene fermata. Il tubo viene abbandonato sul fondo tramite una testa d'abbandono saldata a fine tubo e verricelli. Le normali procedure di riparazione sono (Galsi, 2009a):

- sospensione delle operazioni di posa della condotta;
- ispezione con ROV per confermare la rottura;
- conferma che il recupero diretto non è possibile;
- saldatura di emergenza della testa di abbandono a fine tubo;
- connessione del cavo dell'argano e posa della condotta sul fondo;
- lavaggio a getto della condotta dalla spiaggia alla testa di abbandono;
- taglio della sezione di condotta danneggiata;

- installazione di una testa di recupero/drenaggio utilizzando attrezzi per il recupero di condotte in acque profonde;
- connessione del cavo dell'argano alla testa di recupero;
- svuotamento della condotta utilizzando un sistema di emergenza ad aria compressa;
- depressurizzazione della condotta;
- recupero della condotta in superficie;
- preparazione della fine della condotta per la ripresa della posa della condotta;
- ripresa della posa della condotta.

Riguardo il malfunzionamento dei mezzi di posa/trasporto impiegati dal contraffittista durante i lavori, saranno eseguiti interventi dal contraffittista stesso secondo le proprie modalità, i piani di emergenza del contraffittista saranno approvati prima che i mezzi vengano utilizzati (Galsi, 2009a).

Per quanto riguarda l'analisi dei malfunzionamenti e degli eventi incidentali in fase di esercizio della sezione sottomarina Sardegna-Toscana si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 4.6.3.

10.2 SEZIONE ON-SHORE TOSCANA

10.2.1 Metanodotto On-Shore

Per quanto riguarda il cantiere a terra, in fase di ingegneria esecutiva verrà emesso il Piano di Sicurezza e Coordinamento che prevede che i servizi di emergenza siano organizzati in maniera comune, coerente ed unitaria, tenendo conto che devono essere adeguati per garantire la priorità del servizio al cantiere per la durata dei lavori e la copertura dei turni lavorativi.

Il Piano di Emergenza di dettaglio per le attività di costruzione sarà emesso dall'impresa aggiudicataria. In via indicativa il piano di emergenza dovrà contenere almeno i capitoli seguenti:

- individuazione e classificazione delle emergenze;
- organizzazione e pianificazione dell'emergenza (organigramma con nomi, sistemi di allarme e comunicazione, numeri di emergenza, esercitazioni ed addestramento previsti);
- organizzazione e pianificazione del fermolavori e dell'evacuazione in emergenza da rischio naturale o generato in cantiere;
- organizzazione e pianificazione della lotta e spegnimento incendi;
- organizzazione e pianificazione del primo soccorso (che dovrà prevedere tra l'altro una adeguata conoscenza della gravità delle urgenze e quindi dei mezzi da utilizzare per intervenire).

Per quanto riguarda i possibili sversamenti accidentali di sostanze liquide, si precisa che detti eventi sono imputabili solo ai mezzi operativi, di assistenza e di soccorso circolanti lungo l'area di lavoro (pista) e che il rischio di accadimento degli stessi è comunque basso in considerazione della tipologia di attività previste in cantiere.

Si evidenzia che durante la costruzione, le imprese appaltatrici hanno la responsabilità di adottare tutti gli accorgimenti atti a prevenire l'inquinamento dei suolo e del sottosuolo. Al riguardo saranno attivate tutte le opportune misure per contenere, recuperare e rimuovere la sostanza versata con opportuni assorbitori, come di seguito specificato:

- bloccare o tamponare la fuoriuscita del liquido;
- circoscrivere la zona inquinata con assorbenti in dotazione (prodotti granulari in caso di intervento su suolo);
- completare le operazioni di assorbimento sul resto della superficie contaminata;
- rimozione del materiale contaminato, stoccaggio temporaneo su un telo assorbente con delimitazione e identificazione dell'area;
- smaltimento dei reflui liquidi prodotti in questa fase da parte di una ditta autorizzata, attenendosi alle normative vigenti in materia.

Al termine dei lavori, l'area di cantiere risulterà libera e ripulita da ogni tipo di materiale residuo eventualmente rimasto sul terreno.

Per quanto riguarda l'analisi dei malfunzionamenti e degli eventi incidentali in fase di esercizio della condotta a terra si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 4.6.3.

10.2.2 Terminale di Arrivo a Piombino

Per quanto riguarda le misure di emergenza adottate in fase di cantiere si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 10.2.1 per la linea a terra.

In fase di esercizio il Terminale di Arrivo a Piombino ha due livelli di pressione di progetto meccanico: le apparecchiature e le tubazioni dall'ingresso al terminale fino alle valvole di regolazione sono progettate per una pressione di 200 bar, mentre a valle delle valvole di regolazione la pressione di progetto è di 75 bar. L'eventuale malfunzionamento ipotizzabile è l'incremento della pressione che possa raggiungere le condizioni di progetto meccanico nell'eventualità di una chiusura non prevista del sistema di trasporto gas (Galsi, 2009b).

Per la parte progettata a 200 bar (trappola di ricevimento PIG in ingresso a Piombino e valvole di regolazione della pressione), non è previsto alcun sistema di protezione in quanto tale valore di pressione non è raggiungibile dai compressori di Olbia, e quindi è intrinsecamente sicura. La parte progettata a 75 bar è protetta da un eventuale incremento non desiderato della pressione dal sistema di controllo della pressione, che prevede due valvole di regolazione poste in serie, ciascuna mossa da una fonte di energia diversa (aria/elettricità) (Galsi, 2009b). Per gli inconvenienti sopra descritti non si prevede alcuno sfiato all'aria; per ripristinare la pressione operativa sarà sufficiente attendere il ritorno in servizio del sistema di trasporto gas e quindi scaricare man mano verso le utenze finali (Galsi, 2009b).

La necessità di sfiatare a vent è richiesta per manutenzione alle seguenti apparecchiature (Galsi, 2009b):

- trappole di arrivo e di lancio;
- valvole di regolazione;
- misuratori di portata.

Per ciascuna delle apparecchiature indicate, la procedura di intervento prevede di intercettare le stesse a monte ed a valle e quindi procedere alla depressurizzazione verso il vent fino all'esaurimento del gas intrappolato. La quantità massima di gas da espellere per intervento di manutenzione è rappresentata dalla copertura della trappola di ricevimento PIG (800 Sm³). Gli interventi di manutenzione hanno una frequenza stimabile in un intervallo ogni 3 anni (Galsi, 2009b)

L'operazione di manutenzione descritta sopra viene eseguita manualmente in loco dagli operatori e pertanto è da escludere l'eventuale possibilità di incendio.

In ultimo l'impianto non prevede presenza di liquidi, se non quelli relativi allo stoccaggio di diesel per il gruppo elettrogeno, per il quale è previsto un adeguato sistema di contenimento secondo la normativa vigente (Galsi, 2009b).

11 ANALISI DI RISCHIO DELLA CONDOTTA

La joint venture JPKenny-Sofregaz ha effettuato per conto di Galsi S.p.A. l'analisi di rischio di tutte le sezioni della condotta dell'intero progetto Galsi (JPKenny-Sofregaz, 2009). Si riporta nel seguito il riassunto delle conclusioni di tale studio per la quotaparte della condotta Sardegna-Toscana e relativo approdo.

I rischi potenziali associati al funzionamento ed all'installazione del sistema di condotte del progetto in esame sono stati identificati e strutturati nei seguenti tipi di rischio (JPKenny-Sofregaz, 2009):

- rischi di processo, temperatura e flusso;
- corrosione;
- rischi di funzionamento e manutenzione;
- rischi ambientali;
- interferenze con terzi;
- difetti di costruzione/ difetti di lavorazione;
- rischi di costruzione.

Per ogni rischio individuato, sono stati utilizzati i database PARLOC 2001 e EGIG per stimare la frequenza di danno. In alcuni casi si è preferito stimare il danno utilizzando modelli matematici piuttosto che l'estrapolazione dai dati storici. Successivamente all'identificazione dei rischi ed all'analisi della frequenza, gli effetti sono stati valutati in accordo con le categorie di danno DNV. Avendo stimato la frequenza e gli effetti per ciascun rischio identificato, i rischi sono stati calcolati e stimati in previsione dei requisiti di accettabilità di rischio di progetto (JPKenny-Sofregaz, 2009).

Si riassumono nel seguito i rischi stimati.

11.1 IDENTIFICAZIONE DEI RISCHI

11.1.1 Geohazard

La Figura D2_11.1 riassume la stima del rischio potenziale di geohazard lungo il tracciato sottomarino Sardegna-Toscana in termini di (JPKenny-Sofregaz, 2009):

- movimenti di materiale;
- faglie;
- effetti idrologici;
- gas idrati (clarati);
- effetto tsunami;
- effetti dei terremoti;
- liquefazione.

Tutti i rischi in termini di geohazard sono stimati come basso (verde) o non attualmente attivi (grigio) con le seguenti eccezioni (JPKenny-Sofregaz, 2009):

- effetti idrologici nella forma di mobilità del fondo (KP 8) sulla Piattaforma Continentale di Olbia, ed erosione (KP 68- KP185) che si estende sopra la Piattaforma Continentale di Olbia, il Bacino della Corsica e la Scarpata Continentale di Piombino;
- effetti di liquefazione nella forma di effetti di terremoti indotti (accelerazione) (KP68) sulla Scarpata Continentale di Olbia.

Sull'intero tracciato non è stata identificata o confermata la presenza di gas idrati (clatrati).

11.1.2 Rischi da Traffico Marittimo

Sono stati analizzati i seguenti rischi da traffico marittimo (JPKenny-Sofregaz, 2009):

- incaglio di navi;
- navi in affondamento;
- ancoraggio tradizionale;
- trascinamento di ancore;
- caduta di oggetti.

Le zone sottocosta sono le sezioni della condotta maggiormente colpite dai rischi da traffico marittimo.

I rischi associati all'incaglio delle navi ed alle navi in affondamento sono stati stimati come bassi (JPKenny-Sofregaz, 2009).

L'ancoraggio tradizionale è stato analizzato per le aree sottocosta ed è stato stimato che il rischio è molto alto per l'area di Piombino; ciò è dovuto alle esistenti aree di ancoraggio vicino al tracciato della condotta. Nella tabella seguente è mostrato il rischio associato all'ancoraggio tradizionale.

Tabella 11.1: Risultati del Rischio-Ancoraggio Tradizionale, Piombino

Categoria di Intensità del Rischio	Descrizione	Classificazione della Probabilità				
		A	B	C	D	E
		Frequente	Ragionevolmente possibile	Occasionale	Remoto	Estremamente improbabile
I	Catastrofico		Ancoraggio tradizionale a Piombino			
II	Critico					
III	Marginale					
IV	Trascurabile					

Considerando l'alto rischio di ancoraggio sono state considerate misure di riduzione del rischio (RRM) (JPKenny-Sofregaz, 2009).

Il rischio associato al trascinamento di ancore è considerato moderato per il tratto di condotta posata sul fondo nella zona sottocosta di Piombino, come mostrato nella tabella seguente.

Tabella 11.2 Risultati del Rischio-Trascinamento di Ancore, Piombino

Categoria di Intensità del Rischio	Descrizione	Classificazione della Probabilità				
		A	B	C	D	E
		Frequente	Ragionevolmente possibile	Occasionale	Remoto	Estremamente improbabile
I	Catastrofico				Ancoraggio di Emergenza a Piombino	
II	Critico					
III	Marginale					
IV	Trascurabile					

Considerando il rischio moderato relativamente al trascinamento delle ancore sono state considerate misure di riduzione del rischio (RRM) (JPKenny-Sofregaz, 2009).

Riguardo la caduta di oggetti come ancore, containers, macchine, etc., il rischio è stato stimato come basso (JPKenny-Sofregaz, 2009).

11.1.3 Rischi da Attività di Pesca

È stato stimato il rischio dovuto alla pesca a strascico; sono state analizzate la frequenza e gli effetti legati alla collisione, all'accosto ed all'aggancio. È stato valutato che il progetto ha tenuto conto in maniera adeguata di tali aspetti e quindi il rischio legato alle attività di pesca a strascico è considerato basso (JPKenny-Sofregaz, 2009).

11.1.4 Rischi Generici

Il rischio generico considerato per le condotte sottomarine e terrestri comprende il rischio dovuto alla corrosione interna, esterna ed alle imperfezioni dei materiali. Sulla base del progetto e della scelta del materiale si stima che gli standard industriali per la progettazione delle condotte assicureranno un rischio generico basso (JPKenny-Sofregaz, 2009).

11.1.5 Malfunzionamenti in Esercizio

Sono stati stimati i rischi in esercizio da malfunzionamenti. Questi includono i malfunzionamenti delle operazioni in esercizio, una manutenzione insufficiente delle condotte e/o l'esercizio della condotta al di fuori delle operazioni pianificate legate ad esempio alla formazione di idrato. Sono state valutate queste ed altre condizioni di malfunzionamenti e si è concluso che, sulla base del progetto attuale, il rischio relativo per le condotte è basso (JPKenny-Sofregaz, 2009).

11.1.6 Rischi in Fase di Costruzione

Le attività di costruzione per loro natura comportano alto rischio, perciò è importante una prima gestione dei rischi da costruzione. L'analisi di rischio ha identificato i seguenti principali rischi in fase di costruzione (JPKenny-Sofregaz, 2009):

- idoneità e disponibilità delle navi posa-tubi: poche navi sono in grado di costruire la sezione in acque profonde della condotta, quindi una prima valutazione è importante per ridurre il rischio nella programmazione;
- l'imprevisto nella posa è da considerarsi un rischio tradizionale e comune e quindi è considerato un basso rischio;
- test idraulico ed eduazione: la complessità associata al test idraulico delle condotte ed ai vincoli/controlli portano tale rischio ad un alto livello, principalmente dovuto al rischio nella programmazione;
- inflessioni, incluso rottura con allagamento della condotta (wet buckle) e rotturasenza ingresso di acqua (dry buckle). Il rischio associato è medio;
- ostacoli sul fondo: questo è considerato un rischio relativamente comune e quindi è valutato come basso;
- costruzione a terra: le attività di realizzazione a terra comprendono attività tradizionali di costruzione di condotte ed impianti e quindi tale rischio non è considerato alto, ma piuttosto un rischio medio con necessità di pianificazione accurata.

11.1.7 Rischi Relativi All'approdo

L'approdo di Piombino è stato studiato in modo tale da identificare tutti i differenti rischi per la condotta. Sono stati individuati un certo numero di rischi medi ed alti, i quali possono essere gestiti e controllati attraverso la progettazione ed i sistemi di controllo delle operazioni (JPKenny-Sofregaz, 2009).

11.1.8 Il Principio ALARP

Dove le analisi di rischio di base hanno individuato un rischio non accettabile, le misure di riduzione del rischio (RRM) sono state utilizzate per determinare la migliore misura di mitigazione richiesta, in modo tale da ridurre i rischi ad un livello di rischio accettabile (condizioni ALARP, as low as reasonable practical).

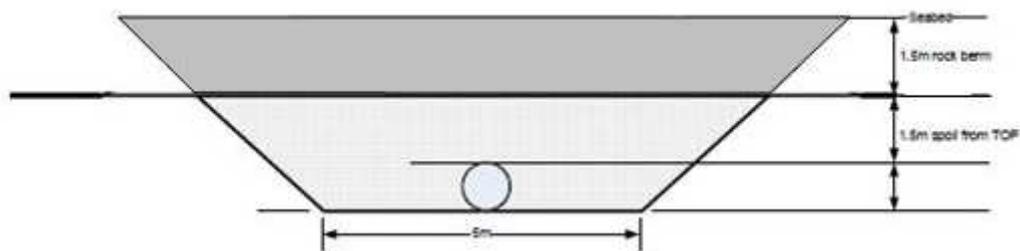
Il rischio di base per l'ancoraggio tradizionale ed il trascinamento di ancore, come mostrato nelle Tabelle 11.1 ed 11.2 è risultato non accettabile, in accordo con i requisiti di progettazione del rischio.

Per ridurre il rischio alle condizioni "ALARP" sono state valutate le seguenti misure di riduzione del rischio (JPKenny-Sofregaz, 2009):

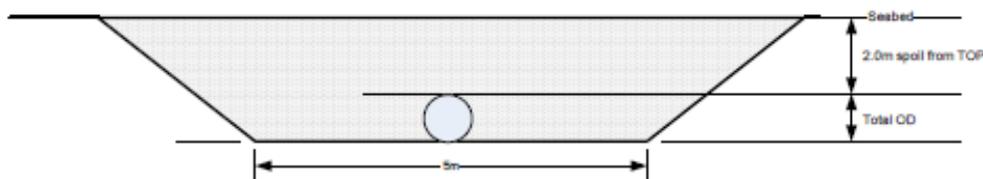
- RRM 5: estensione della zona di esclusione;
- RRM 6: spostamento o rimozione degli esistenti posti d'ormeggio per le ancore;
- RRM 12: scavo parziale delle sezioni della condotta;
- RRM 13: scavo parziale e protezione in roccia.

Per il tratto sottocosta a Piombino vengono fatte le seguenti raccomandazioni:

- spostamento o rimozione degli esistenti posti d'ormeggio per le ancore B, C5 e C4;
- applicare il profilo mostrato nella figura seguente per il tratto dal KP 264 al KP 274.3;



- applicare il profilo mostrato nella figura seguente per il tratto dal KP 274.3 al KP 275.3.



Implementando la lista di RRM individuate sopra, si stima che tutti i rischi da traffico marittimo raggiungano le condizioni “ALARP”. Il rischio di base si modifica come nelle tabelle seguenti (JPKenny-Sofregaz, 2009).

Tabella 11.3 Rischio Ancoraggio Tradizionale con RRM Implementate, Piombino

Categoria di Intensità del Rischio	Descrizione	Classificazione della Probabilità				
		A	B	C	D	E
		Frequente	Ragionevolmente possibile	Occasionale	Remoto	Estremamente improbabile
I	Catastrofico					Ancoraggio tradizionale a Piombino
II	Critico					
III	Marginale					
IV	Trascurabile					

**Tabella 11.4 Rischio Trascinamento di Ancore con RRM Implementate,
Piombino**

Categoria di Intensità del Rischio	Descrizione	Classificazione della Probabilità				
		A	B	C	D	E
		Frequente	Ragionevolmente possibile	Occasionale	Remoto	Estremamente improbabile
I	Catastrofico					
II	Critico					Ancoraggio di Emergenza a Piombino
III	Marginale					
IV	Trascurabile					

FRT/CHV/CSM/PAR/RC: ol

RIFERIMENTI

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006, *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica*, RAMOGE pub (ISBN No. 2-905540-30-3): 1-202.

Diviacco e Coppo, 2006, *Atlante degli Habitat Marini della Liguria, Regione Liguria*. (ISBN No. 88-89104-20-1):1-205

Fugro, 2008a, “Galsi Detailed Marine Survey, Gas Pipeline Project, Algeria to Italy via Sardinia, Northern Route – Sardinia to Mainland Italy, Integrated Data Report”, Doc. No. 70502/09B (2), Rev. 2, 28 Novembre 2008.

Fugro, 2008b, “Galsi Detailed Marine Survey, Gas Pipeline Project, Algeria to Italy via Sardinia, Landfall Piombino, Italy, Geotechnical Report”, Doc. No. 70502/07D (3), Rev. 3, 3 Dicembre 2008.

Fugro, 2008c, “Galsi Detailed Marine Survey, Gas Pipeline Project, Algeria to Italy via Sardinia, Nearshore Piombino, Italy, Geotechnical Report”, Doc. No. 70502/05D (3), Rev. 3, 11 Dicembre 2008.

Galsi, 2009a, “Elaborati di Progetto”, Dicembre 2009.

Galsi, 2009b, *Aggiornamento degli Elaborati di Progetto del Terminale di Piombino e Comunicazioni*.

Galsi, 2009c, “RE: Nota attraversamento cavi sottomarini”, comunicazione via mail, 24 Novembre 2009.

Galsi, 2009d, “FW: POsidonia”, comunicazione via mail, 20 Novembre 2009.

Galsi, 2009e, “FW: Effetti Ancore Posidonia”, comunicazione via mail, 26 Novembre 2009.

Provincia di Livorno, 2009, “Ripristino Morfologico del Sistema Dunale e Retrodunale del Golfo di Follonica – Progetto Preliminare”

Saipem-Technip, 2009a, “Gasdotto Algeria-Sardegna-Italia (Galsi), Condotta a Terra Tratto Toscana, Progetto di Base, Relazione Tecnica”, Doc. No. SPC. 500-LA-E-83065, Rev. 1, Ottobre 2009.

Saipem-Technip, 2009b, “Gasdotto Algeria-Sardegna-Italia (Galsi), Condotta a Terra Tratto Toscana, Documentazione per Integrazioni allo Studio di Impatto Ambientale”, Doc. No. SPC. 500-LA-E-83301, Rev. 1, Ottobre 2009.

Sofregaz, 2009, “General Plot Plan Piombino – Unit 800 Receiving Terminal”, Drg. No. 800.L.0.0002, Rev A2 – 19 Ottobre 2009.

JKenny-Sofregaz, “GALSI Gas Pipeline Project, Cathodic Protection Design”, Doc. No. 030-P-3-0338, Rev. 00.

JKenny-Sofregaz, 2009, “Gas Pipeline Project Algeria to Italy via Sardinia, Risk Assessment”, Doc. No. 000-G-3-12, Rev. 2, Maggio 2009.

Eric I. Paling, Mike van Keulen, Karen Wheeler, Jim Philips, Roger Dyhrberg, "Mechanical seagrass transplantation in Western Australia", *Ecological Engineering* 16 (2001) 331-339.

Eric I. Paling, Mike van Keulen, Karen Wheeler, Jim Philips, Roger Dyhrberg, Des A. Lord, "Improving mechanical seagrass transplantation", *Ecological Engineering* 18 (2001) 107-113.