	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 1 di 44	Rev. 1

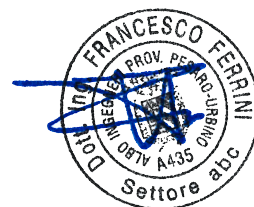
Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

EMERGENZA GAS



INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, N. 50) FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

**APPRODO COSTIERO A PUNTA MARINA DEL COLLEGAMENTO ONSHORE / OFFSHORE
DA REALIZZARE CON MICROTUNNEL**

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA





0	Emissione per permessi	V.Barcaglioni	A.Gigliotti	M.Begini	06/07/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 2 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Metanodotto di collegamento alla rete nazionale gasdotti	4
1.2	Scopo del Documento	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI	8
3.1	Generalità	8
3.2	Definizione del tracciato	8
4	INDAGIDI GEOGNOSTICHE	9
4.1	Contesto geolitologico area costiera	9
4.2	Topografia area costiera	9
4.3	Indagini geofisiche area costiera	10
4.4	Indagini geotecniche esistenti	11
4.5	Indagini geofisiche tratto a mare	12
4.6	Inquadramento geologico batimetrico e geomorfologico dell'opera	13
4.7	Sintesi delle caratteristiche litologiche dei terreni di trivellazione.	13
5	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA	15
5.1	Caratteristiche della metodologia "microtunnel"	15
5.2	Sistema di riferimento di progetto	16
5.3	Dati progettuali dell'opera	17
5.4	Dati geotecnici assunti	19
5.5	Stima delle forze di spinta	19
5.6	Sequenza delle fasi operative di approdo costiero	22
5.6.1	Realizzazione del microtunnel	22
5.6.2	Tiro della condotta	23
5.6.3	Intasamento del microtunnel	24
5.6.4	Ripristini	25

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 3 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

6	DESCRIZIONE DEI REQUISITI TECNICI DI PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL MICROTUNNEL	26
6.1	Preparazione del cantiere a terra	26
6.2	Pozzo di spinta	27
6.3	Realizzazione del tunnel	28
6.3.1	Materiale di scavo del microtunnel	29
6.3.2	Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)	29
6.3.3	Impianto di produzione dei fanghi di perforazione	29
6.3.4	Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento	29
6.3.5	Recupero delle apparecchiature di spinta, sigillatura ed impermeabilizzazione dei giunti	30
6.4	Scavo in mare per recupero Testa di Perforazione	30
6.4.1	Caratteristiche dello scavo di recupero della fresa	30
6.5	Tubi di protezione prefabbricati in cemento armato e giunti di tenuta idraulica	31
6.6	Gestione dei fluidi di perforazione	32
6.7	Smobilitazione dell'area di cantiere a terra	33
7	DESCRIZIONE DEI REQUISITI TECNICI DI PROGETTO PER L'INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA	34
7.1	Predisposizione Area di Cantiere a Terra	34
7.2	Predisposizione del Sistema di Tiro	34
7.3	Predisposizione dell'Area di Ingresso MT Lato Mare	36
7.4	Ripristino della Zona di Imbocco del MT Lato Mare	37
7.5	Ripristino delle Aree di Cantiere a Terra	38
8	ELENCO DELLE ATTREZZATURE DA COSTRUZIONE	40
8.1	Realizzazione Microtunnel	40
8.2	Installazione Condotta all'Interno il Microtunnel	41
9	CONCLUSIONI	43
10	ALLEGATI	44

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 4 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, la Società Snam FSRU Italia, controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), intende sottoporre l'istanza autorizzativa per l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) da ormeggiarsi in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (c.d. Progetto FSRU Ravenna) e delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.

Il progetto di Snam FSRU Italia ricomprende le opere necessarie alla connessione con la Rete Nazionale Gasdotti e che saranno realizzate dalla Società Snam Rete Gas. Tali opere sono considerate, ai fini della presente istanza, opere connesse e funzionali all'esercizio della FSRU.

L'FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL), rigassificarlo e trasferirlo in una nuova condotta che lo convoglierà nel punto di connessione alla Rete Gasdotti posto a circa 42 km dal punto di ormeggio presso la piattaforma esistente offshore Petra.

L'FSRU sarà rifornita ad intervalli regolari (5/7 giorni) da metaniere di taglia variabile e sarà anche in grado di rifornire a sua volta metaniere di piccola/media taglia (metaniere Small Scale LNG).

L'FSRU assicurerà un flusso annuo di almeno 5 miliardi di standard metri cubi di gas naturale equivalente a circa un sesto della quantità di gas naturale oggi importata dalla Russia.

La qualità del gas liquido gestito dalla FSRU dipenderà dalle fonti di approvvigionamento internazionali, pertanto il gas vaporizzato andrà analizzato ed eventualmente corretto per portarlo alle condizioni di trasporto richieste dalla Rete Nazionale. Le apparecchiature ed i sistemi dedicati a tale gestione (correzione indice di Wobbe) sono stati previsti in un impianto dedicato posto in prossimità dell'impianto di filtraggio e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna).



L'ormeggio della FSRU presso la piattaforma Petra prevede l'adeguamento della struttura esistente per tener conto che l'ormeggio della FSRU presso la piattaforma sarà permanente, che i mezzi navali coinvolti hanno degli ingombri maggiori e che quindi occorreranno maggiori spazi per accomodare le nuove parti impiantistiche.

Le condotte che attualmente collegano la piattaforma Petra con il deposito costiero (due condotte DN 550(22") non sono interessate dall'intervento progettuale perché le verifiche condotte hanno mostrato l'incompatibilità con le condizioni di trasporto del gas naturale in uscita dalla FSRU.

L'entrata in esercizio del Progetto FSRU Ravenna è previsto non oltre **settembre 2024** con l'obiettivo di anticiparla a luglio 2024.

1.1 Metanodotto di collegamento alla rete nazionale gasdotti

Il metanodotto DN 650 (26") DP 100 bar in progetto ha origine dalla FSRU che sarà ancorata al Terminale P.I.R., al largo di Ravenna, posto a circa 8,5 km dalla costa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 5 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

La condotta, dopo aver percorso il tratto offshore, raggiunge la terraferma, dove è previsto il punto di connessione tra la parte a terra e la parte a mare. Il punto di connessione è previsto all'interno dell'esistente area dell'impianto PIR, nella zona di Puntamarina, in prossimità della spiaggia. La soluzione di progetto selezionata per l'esecuzione dell'approdo costiero è quella mediante microtunnel con tubi in cemento armato.

Il punto dell'approdo a terra è stato selezionato durante la fase preliminare di fattibilità, la cui posizione finale è ricaduta all'interno dell'esistente area dell'impianto PIR nella zona di Puntamarina, in quanto caratterizzata dall'assenza di richiesta di Concessioni del Demanio Marittimo e dalla presenza di un'esistente area tecnologica (impianto PIR) che verrà utilizzata durante le attività di costruzione dell'approdo costiero (microtunnel).

Come detto precedentemente, il punto dell'approdo costiero individuato, permette inoltre di consolidare un corridoio tecnologico esistente a mare.

Oltre alla condotta da 26" è prevista l'installazione di un cavo per il telecontrollo, da parte del dispacciamento Snam, di una delle due 26" valvole SDV posizionate sul nuovo pontile a mare.

Tale cavo consentirà il controllo da remoto di una delle due valvole SDV, mentre l'altra sarà controllata direttamente dalla FSRU. Nel tratto a mare, il cavo sarà installato in parallelo alla nuova condotta, ad una distanza non inferiore a 50m circa e sarà interrato per circa 1m.

Prima dell'entrata nel microtunnel il cavo si avvicinerà alla nuova condotta da 26" e proseguirà quindi all'interno del microtunnel, quindi arriverà fino all'impianto a terra.

1.2 Scopo del Documento

Questo documento descrive i dati di progetto, i requisiti funzionali e i vincoli ambientali, sulla base dei quali si identifica la metodologia di costruzione, funzionamento e manutenzione del microtunnel di lunghezza circa 1,3 km per l'approdo costiero del metanodotto a mare (sealine) DN 650 (26") DP 100 bar e del relativo cavo telecomando (TCL).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la progettazione del tratto a terra sono state prese in considerazione le norme e disposizioni di legge vigenti, costituite dalle seguenti normative:



- *D.M. 17 aprile 2008* del Ministero dello Sviluppo Economico – Regola Tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8;

ESPROPRI

- *D.P.R. 08 giugno 2001, n. 327* – Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità;

AMBIENTE

- *R.D. 08 maggio 1904, n. 368* – Testo unico sulle bonifiche delle paludi e dei terreni paludosi;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 6 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

- *R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267* - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani;
- *D. Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42* – Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 06 luglio 2002, n. 137;
- *D. Lgs. 03 aprile 2006, n. 152* – Norme in materia ambientale;
- *D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4* - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- *D.M. 161/2012* – Gestione delle Terre e Rocce da scavo;
- *D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120* – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo.

INTERFERENZE

- *D.P.R. 11 luglio 1980, n. 753* – Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
- *D.M. 03 agosto 1981* del Ministero dei Trasporti – Distanza minima da osservarsi nelle costruzioni di edifici o manufatti nei confronti delle officine e degli impianti delle FF.S.;
- *Circolare 04 luglio 1990, n. 1282* dell'Ente FF.S. – Condizioni generali tecnico/amministrative regolanti i rapporti tra l'ente Ferrovie dello Stato e la SNAM in materia di attraversamenti e parallelismi di linee ferroviarie e relative pertinenze mediante oleodotti, gasdotti, metanodotti ed altre condutture ad essi assimilabili;
- *Decreto 04 aprile 2014* del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti–Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto;

IMPIANTI


- *R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775* - Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici;
- *D.M. 22 gennaio 2008, n. 37* – Norme per la sicurezza degli impianti;

STRADE

- *R.D. 08 dicembre 1933, n. 1740* – Tutela delle strade;
- *D. Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i.* - Nuovo Codice della strada;
- *D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495* – Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della strada;
- *D. Lgs. 10 settembre 1993, n. 360* – Disposizioni correttive e integrative del codice della strada;

OPERE IDRAULICHE

- *R.D. 25 luglio 1904, n. 523* – Testo unico sulle opere idrauliche;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 7 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

STRUTTURE

- *L. 05 novembre 1971, n. 1086* – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- *L. 02 febbraio 1974, n. 64* – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- *D.M. 11 marzo 1988* del Ministero dei Lavori Pubblici - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e prescrizioni per progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni;
- *D.M. 14 febbraio 1992* del Ministero dei Lavori Pubblici - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- *D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380* – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- *O.P.C.M. del 20 marzo 2003, n. 3274* – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- *D.M. 17 gennaio 2018* – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- *Circolare 21 gennaio 2019 n.7* – Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

CAVE

- *L. 04 marzo 1958, n. 198 e D.P.R. 09 aprile 1959, n. 128* – Cave e miniere;



AREE MILITARI

- *D.lgs 15 marzo 2010, n. 66* – Codice dell'ordinamento militare;
- *D.P.R. 720/79* – Regolamento per l'esecuzione della L. 898/76;

SICUREZZA

- *L. 03 agosto 2007, n. 123* – Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia;
- *D. Lgs. 09 aprile 2008, n. 81* – Attuazione dell'articolo 1 della legge 03 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

L'opera è stata perciò progettata e sarà realizzata, in conformità alle suddette Leggi ed in conformità alla normalizzazione interna Snam Rete Gas, che recepisce i contenuti delle specifiche tecniche nazionali ed internazionali:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 8 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

3 CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI

3.1 Generalità

Il presente studio è relativo alla progettazione delle opere di scavo per l'approdo costiero della condotta offshore di collegamento tra l'unità FSRU e la condotta a terra.

La progettazione ha dovuto tenere conto dei seguenti requisiti di installazione a mare:

1. Allineamento del microtunnel con la rotta della condotta offshore per evitare curve durante il tiro della condotta a terra;
2. Punto di uscita del microtunnel ad una quota di fondale minima di -7m LAT per permettere l'avvicinamento di una nave posatubi;

3.2 Definizione del tracciato



Il processo di definizione del tracciato del microtunnel ha comportato una rigorosa e attenta operazione di verifica progettuale, attraverso l'analisi di tutte le particolari criticità legate alla sua realizzazione e alla successiva gestione dell'opera, ma anche all'ambiente in cui essa stessa si inserisce. Sulla base dei dati cartografici e di tutte le informazioni raccolte sul territorio durante le varie attività di ricognizione sia a terra che a mare, si è giunti a definire una direttrice di tracciato in grado di garantire il rispetto dei dati e dei criteri progettuali elencati nel precedente paragrafo.

In dettaglio, alla definizione del tracciato del microtunnel si è giunti dopo aver proceduto ad eseguire le seguenti operazioni:

- analisi dei punti fissi di inizio e fine del tracciato ed individuazione del corridoio esistente;
- acquisizione delle carte geologiche per classificare, lungo il tracciato prescelto, i litotipi presenti e individuare le eventuali zone sensibili;
- reperimento della documentazione inerente i vincoli (ambientali, archeologici, ecc.) per individuare le zone tutelate;
- reperimento di informazioni concernenti eventuali opere pubbliche future (strade, ferrovie, impianti eolici, ecc.);
- effettuazione di sopralluoghi nell'area di cantiere a terra e verifica del tracciato anche dal punto di vista geofisico e delle interferenze con infrastrutture esistenti.

In particolare, la topografia a terra e la campagna geofisica lungo il tracciato ha dato modo di acquisire le necessarie conoscenze su:

- le batimetrie del fondale;
- situazione geologica e geomorfologica superficiale;
- la presenza dei sottoservizi che interferiscono col tracciato;
- l'area di pertinenza alla Capitaneria di Porto e la sua cantierizzazione;
- la tipologia di scavi e i ripristini dell'uscita in mare del microtunnel.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 9 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

4 INDAGIDI GEOGNOSTICHE

La natura del terreno riveste un'importanza primaria per la fattibilità dell'attraversamento soprattutto in relazione alla sua stessa variabilità litologica lungo il profilo di trivellazione, alla tipologia della fresa di perforazione adottata e infine al diametro del tunnel.

Relativamente ai terreni di trivellazione, la fattibilità è in generale rapportabile, più che alla loro natura litologica in quanto tale, alla variabilità litologica lungo il profilo di trivellazione ed in caso di terreni sciolti, alla presenza di inclusi lapidei.

Con lo scopo di caratterizzare i terreni lungo il tracciato di progetto, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche per mezzo di indagini indirette e di sondaggi a carotaggio continuo.

In particolare sono state già eseguite a terra le seguenti indagini:

- Topografia nell'area interessata dal progetto a terra, inclusa l'area ricadente nella spiaggia antistante la proprietà di pertinenza alla Capitaneria di Porto.
- Indagini geofisiche con metodo georadar e magnetico all'interno del piazzale in gestione da parte della Capitaneria di Porto e nella spiaggia antistante.

A mare la campagna geofisica marina ha incluso le seguenti indagini:


- rilievo batimetrico MBES per determinare le profondità d'acqua e il livello del mare medio;
- • rilievo sidescan sonar SSS per determinare la tipologia del sedimento, la sua consistenza e le forme di fondo;
- • rilievo magnetometrico MAG per determinare la presenza di ostacoli naturali o artificiali al fondo mare, incluse strutture posate o interrato, in integrazione al rilievo sidescan e batimetrico;
- • rilievo sub-bottom profiler SBP per determinare la stratigrafia delle formazioni sedimentarie superficiali.

4.1 Contesto geolitologico area costiera

L'area di progetto ricade al margine orientale della Pianura Padana. Rientra nel Foglio 223 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:25.000 (Progetto CARG). I terreni sono costituiti da depositi di spiaggia emersa, costituiti da sabbie da fini a grossolane con rari ciottoli, nel settore più orientale, prossimo alla battigia. Verso ovest, si osserva la presenza di depositi eolici di duna costiera, costituite da sabbie medio-fini ben classate, in gran parte interessata da alterazioni antropiche recenti. L'area del piazzale di pertinenza alla Capitaneria di Porto, è interessata dalla presenza di depositi di riporto eterogranulari, con mobilitazione della duna preesistente. Il livello di falda è da considerarsi prossimo alla quota 0.0, per cui la profondità della stessa è crescente con la quota di indagine, che tende a crescere allontanandosi dalla linea di riva.

4.2 Topografia area costiera

I dati rilevati dalla topografia sono stati sovrapposti alla immagine del drone e riportati nella Figura 4-1.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 10 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

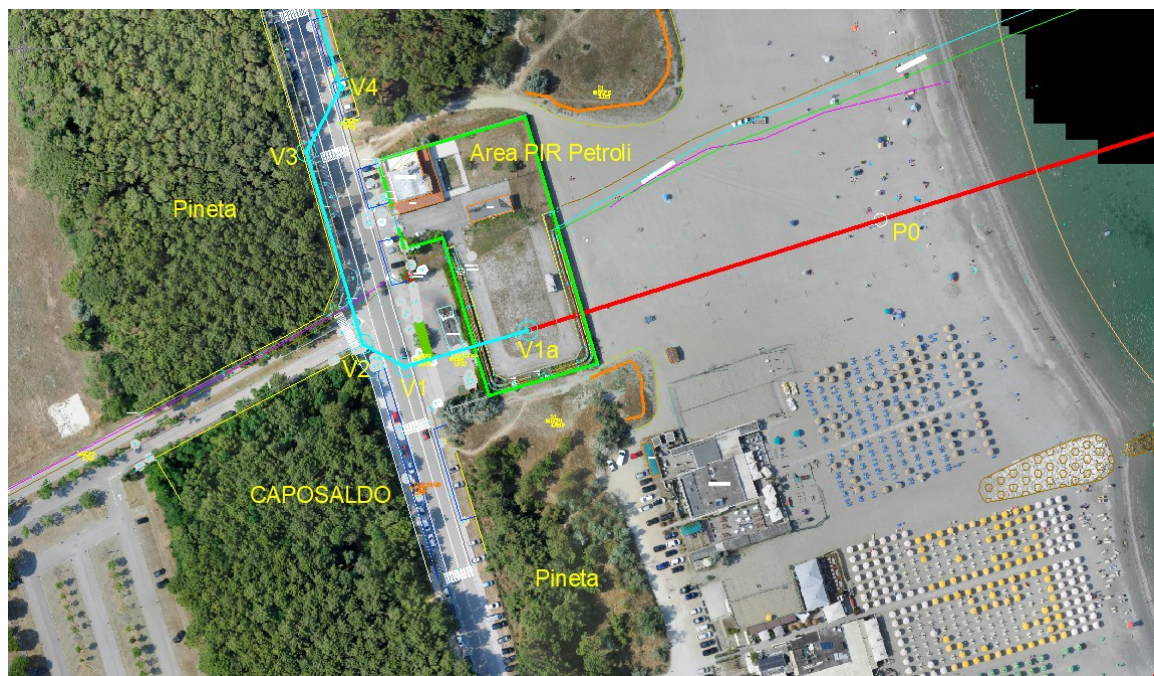



Figura 4-1 Topografia e immagine drone

Dalla foto si nota la linea gialla che indica il livello del mare al mattino, mentre l'immagine del drone è stata presa il pomeriggio, mostrando quindi una differenza della linea di costa dovuta all'escursione di marea giornaliera.

4.3 Indagini geofisiche area costiera

All'interno dell'area privata di pertinenza alla Capitaneria di Porto e in quasi tutta l'area ricadente nella spiaggia antistante sono state eseguite delle indagini geofisiche con metodologie integrate (elettromagnetico impulsivo o georadar e magnetico in configurazione gradiometrica), al fine di individuare la presenza di condotte metalliche, e più in generale dei sottoservizi, presenti nel tratto di spiaggia e nell'immediato entroterra, interessati dal tracciato del microtunnel.

La Figura 4-2 sotto riportata mostra i risultati della indagine magnetometrica con la individuazione dei sottoservizi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 11 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

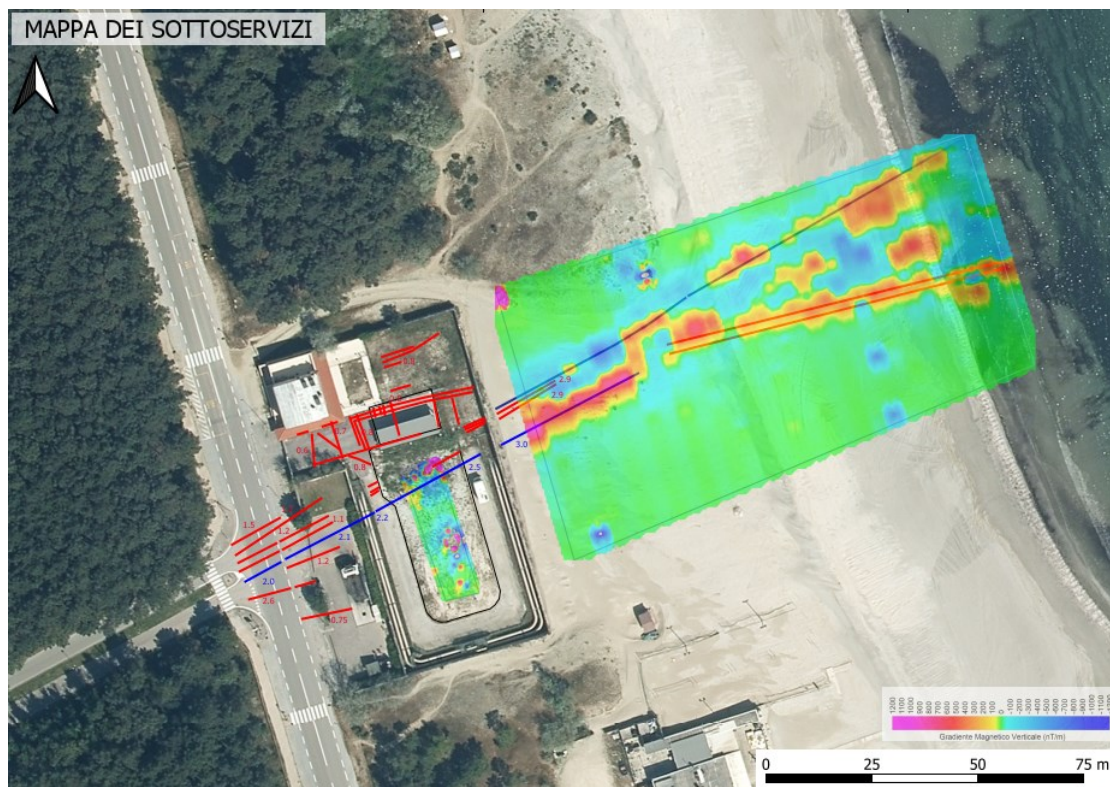




Figura 4-2 Mappa Gradiente Magnetico con individuazione delle condotte metalliche

4.4 Indagini geotecniche esistenti

Nell'area di approdo costiero di Punta Marina sono stati effettuati in passato due carotaggi a rotazione, nominati con S1 e S2 fino ad una profondità di circa 6m. Inoltre lungo le condotte sottomarine SAROM di collegamento al terminale PIR, sono stati effettuati altri carotaggi a vibrazione fino ad una profondità di circa 5m.

Da tali sondaggi è stata ricostruita una sezione geologica i cui risultati sono riportati nelle seguenti immagini:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 12 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

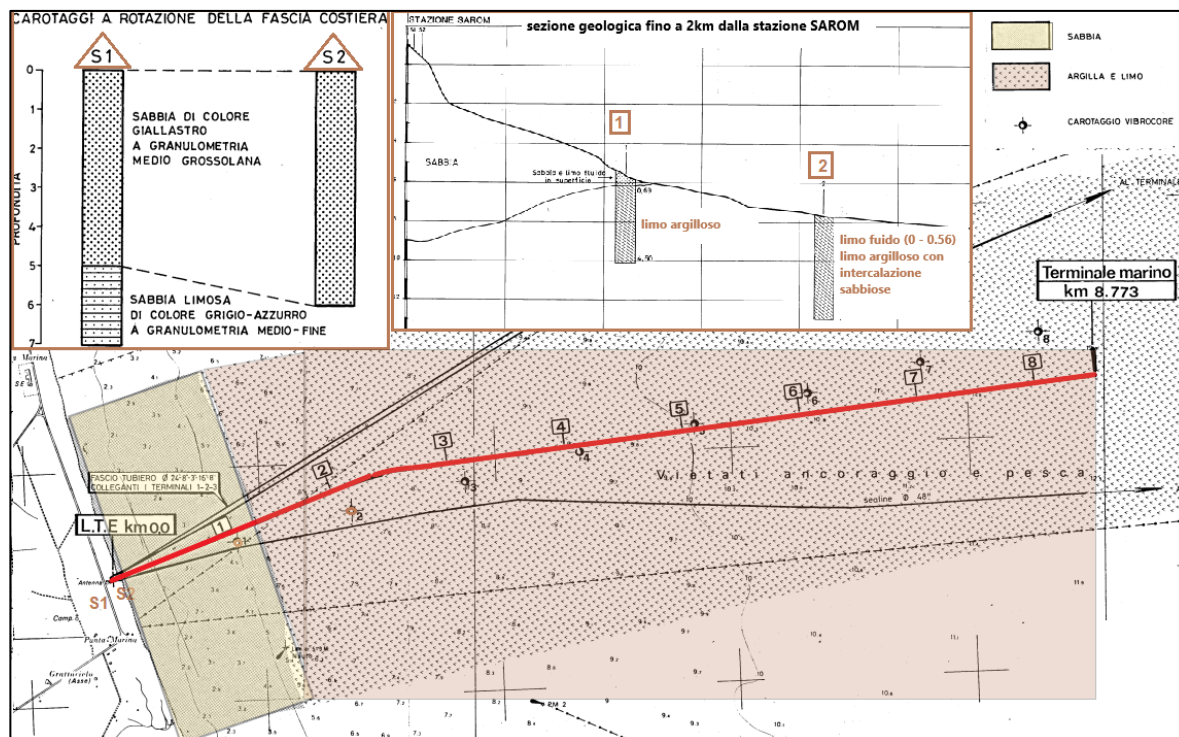


Figura 4-3 Carta Geotecnica, 1984 - Oleodotto Ravenna Porto Tolle

4.5 Indagini geofisiche tratto a mare

Per quanto riguarda il tratto di area interessato dal microtunnel il profilo del fondo marino degrada per circa 1000m con una pendenza costante dello 0.47% fino alla batimetrica -7.5m per poi scendere con una pendenza inferiore allo 0.1% per i restanti 7000m fino a raggiungere la batimetrica massima di -13.60 in corrispondenza della piattaforma PIR

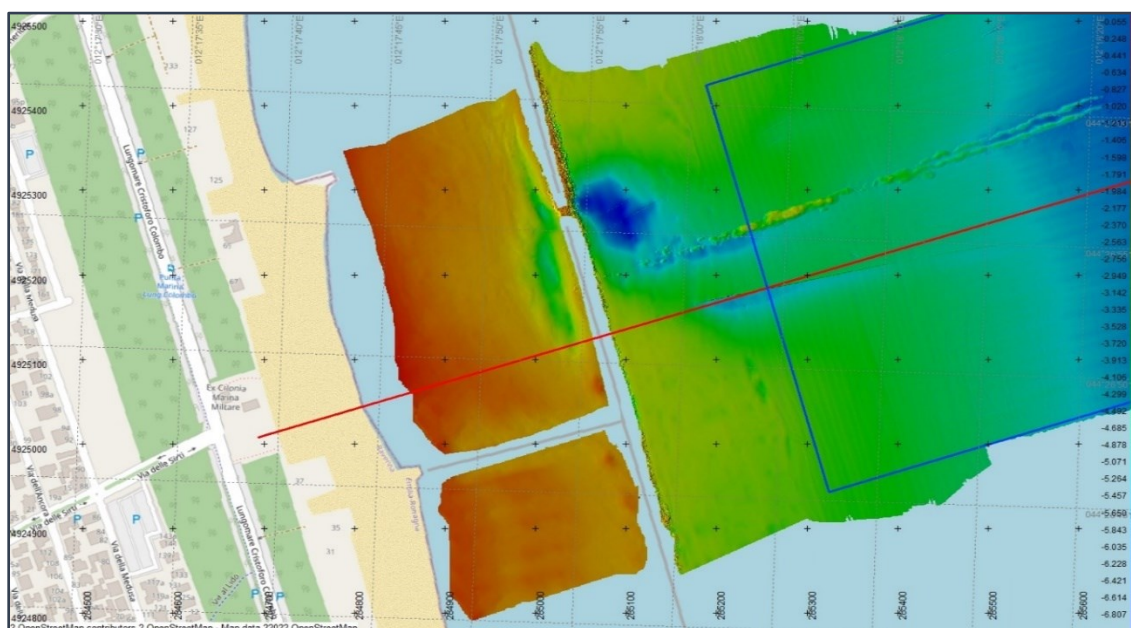




Figura 4-4 – DTM MBES dell'area di approdo costiero

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 13 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

Dal punto di vista morfologico, partendo dal lato mare della scogliera e procedendo verso il PIR sono state individuate cinque diverse condotte (vedi Figura 4-5).

Quattro si trovano nella parte Nord del corridoio di indagine e non interferiscono col tracciato proposto.

Due di queste sopra citate risultano essere completamente coperte da uno strato di materiale inerte (rock dumping), per un tratto di circa 600m dalla scogliera per poi scomparire sotto al sedimento. La quinta condotta che si trova più a sud delle altre, è visibile per qualche centinaio di metri dalla scogliera per poi scomparire dai tracciati SSS perché interrata.

Incrociando i dati delle carte nautiche e le informazioni di progetti esistenti quest'ultima risulterebbe essere il 48" che collega il terminale SARM4, ed attraversa il tracciato di progetto a circa 420m dalla linea di costa.

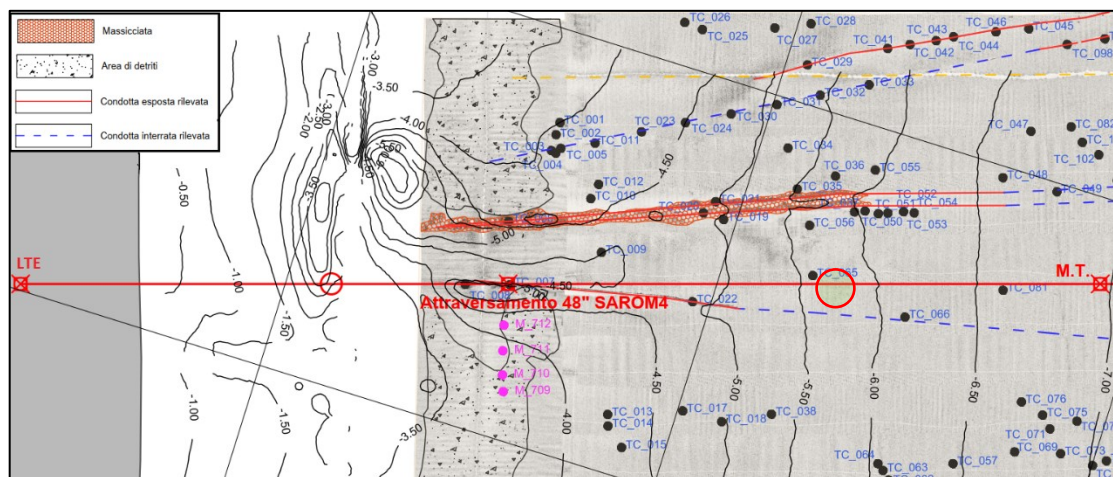


Figura 4-5 – Mosaico SSS dell'area di approdo costiero

Procedendo dalla scogliera verso il largo per un tratto di lunghezza pari a circa 3km il corridoio presenta un'omogeneità nel sedimento.

4.6 Inquadramento geologico batimetrico e geomorfologico dell'opera


Per quanto riguarda l'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'opera in progetto, si rimanda alla Relazione geologica n. REL-CGB-E-35070.

4.7 Sintesi delle caratteristiche litologiche dei terreni di trivellazione.

In base alle informazioni attualmente disponibili possiamo sintetizzare il terreno come segue:

Tratto onshore: presenza di terreni sciolti con prevalenza di sabbie fino a profondità superiori ai 5 metri. Sotto i 5m sabbie limose. Falda superficiale.


Tratto offshore: presenza superficiale di uno strato di sabbia che si riduce progressivamente quando ci si allontana dalla costa. A circa 1km dalla costa i fondali

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 14 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

superficiali diventano di natura limosa con presenza di detriti di natura bioclastici al terminale PIR.

E' in corso la campagna geotecnica offshore, dalle informazioni e analisi finora eseguite, i terreni indagati sono perfettamente compatibili con la realizzazione dell'opera in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 15 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

5 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

5.1 Caratteristiche della metodologia "microtunnel"

Il Microtunnelling, è una tecnologia no dig che permette la posa in sotterraneo di tubazioni senza la necessità di realizzare scavi in trincea.

La tecnologia di attraversamento tramite microtunnel si basa sull'avanzamento di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di perforazione puntuale o a sezione piena; l'azione di avanzamento è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella posizione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel.

I martinetti sono montati su di un telaio meccanico che viene posizionato contro un muro in c.a. costruito all'uopo all'interno del pozzo di spinta.

Il pozzo di spinta e il tipo di testata di trivellazione vengono selezionati in base alla natura del terreno.

Nella figura seguente è riportato, a titolo indicativo, uno schema della disposizione degli equipaggiamenti e delle attrezzature utilizzate durante la costruzione di un microtunnel

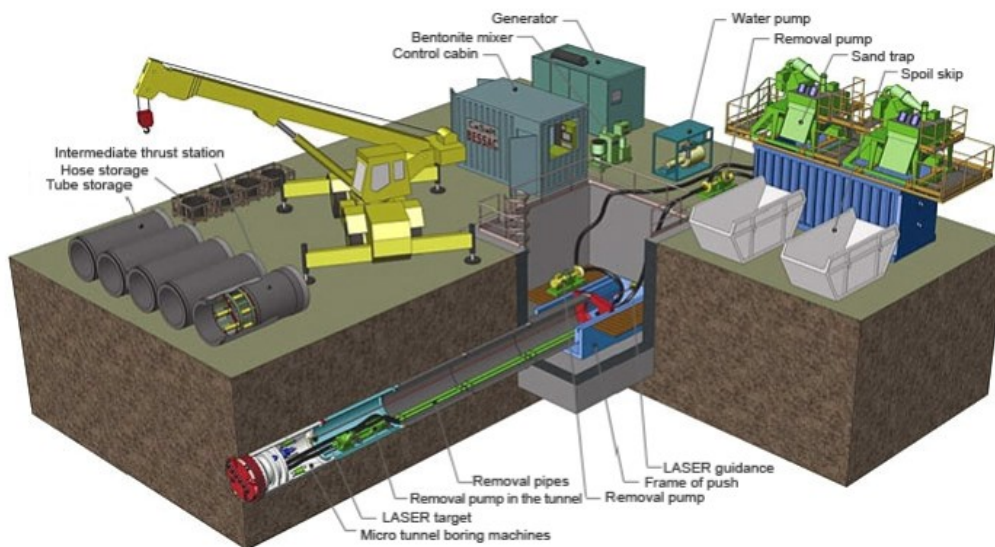


Figura 5-1 Schema dell'area e dei mezzi di cantiere con tecnologia Microtunneling

Nel caso specifico i lavori saranno eseguiti completamente sotto falda e sotto battente idrostatico del mare, pertanto la testa di trivellazione dovrà essere progettata a tenuta idraulica, e la fresa "a bilanciamento" delle pressioni idrostatiche esterne con giunti di tenuta idraulica tra gli elementi tubolari posati (vedi Figura 5-2).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 16 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

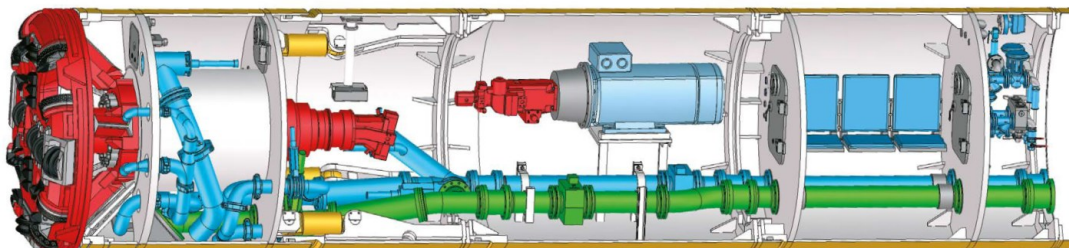


Figura 5-2 Tipo di fresa a scudo chiuso a smarino idraulico tipo serie AVN (da Herrenknecht website)

Il sistema opportunamente dimensionato nel suo insieme, consentirà di realizzare di tunnel (anche curvilineo) con collocazione immediata del rivestimento definitivo, di raggiungere notevoli lunghezze di trivellazione utilizzando stazioni di spinta intermedie, il controllo sulla direzione del tunnel in qualsiasi fase di avanzamento, il controllo remoto della testata di trivellazione, l'impermeabilizzazione e la stabilità del cavo e del fronte di scavo in tutte le fasi di lavoro, l'utilizzo di miscele bentonitiche lubrificanti per ridurre gli attriti fra il terreno ed il tubo di rivestimento ed infine la possibilità di eseguire eventuali iniezioni di malte sui terreni di perforazione nella fase finale dei lavori (vedi Figura 5-3).

L'insieme di queste caratteristiche ed il corretto utilizzo delle attrezzature consentiranno di ottenere una pressoché assenza di cedimenti nel terreno e delle alterazioni nel regime di filtrazione.





Figura 5-3 Fase di scavo del microtunnel con uscita in mare

5.2 Sistema di riferimento di progetto

Il Sistema di Riferimento della campagna di rilevamento è WGS84 UTM Zone 33N (EPSG code=32633).

Il rilievo batimetrico è stato corretto in fase post-processing utilizzando le tabelle di marea di Marina di Ravenna. La restituzione del dato rilevato dovrà essere effettuata in LAT.

Saranno utilizzate unità del Sistema Internazionale (SI), in particolare per le unità lineari il metro internazionale (m), per le unità angolari il grado (°).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 17 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

5.3 Dati progettuali dell'opera

Il tratto di condotta DN650 a mare parte ai piedi della piattaforma PIR (KP 0.0 alla flangia tra lo spool e la condotta) e termina all'interno del pozzo di spinta del microtunnel alla progressiva KP 8.377.

Il tunnel in progetto invece segue una progressiva diversa, individuata con l'abbreviazione PT, e parte dal pozzo di spinta (PT 0.0 alla parete interna del pozzo) e termina nello scavo di recupero della testa fresante al PT 1289.7, dove il fondale marino si trova alla quota di -7.00m s.l.m.m.

Nella tabella seguente sono riportate le coordinate dei punti principali del tracciato del microtunnel:

DATI DEL TRACCIATO			
PUNTI	COORDINATE		PT (m)
	Est (m)	Nord (m)	
Fine 26" tratto mare (V1a)	284693.76	4925007.63	-10.35
Entrata MT	284703.64	4925010.72	0.00
Attraversamento 48" SAROM4	285258.232	4925184.137	518.3
Uscita MT	285944.059	4925398.595	1289.7

Tabella 5.2 – Dati dei tubi del tunnel



Il punto d'ingresso del tunnel è situato a quota di -5.70m s.l.m.m riferito all'estradosso del tunnel, all'interno dell'area privata denominata PIR Petroli, di pertinenza alla Capitaneria di Porto.

La parte offshore termina dentro lo scavo in mare al PT 1289.7 m alla quota di -11.35 m s.l.m.m.

Il dislivello tra l'ingresso e l'uscita del microtunnel è pari a 5.67 m riferito all'estradosso superiore del tubo in cemento armato. Il punto più profondo del tracciato si trova alla progressiva PT 0.787 ad una profondità pari a -15.68m s.l.m.m. riferito all'estradosso superiore del tubo, con una copertura massima di 10.91m.

La scelta del punto di uscita del profilo longitudinale del microtunnel è stata fatta per rispettare i seguenti requisiti di installazione della condotta a mare:

1. Allineamento del microtunnel con la rotta della condotta offshore per evitare curve durante il tiro a terra della condotta DN650;
2. Punto di uscita del microtunnel ad una quota di fondale minima di -7m LAT per permettere l'avvicinamento di una nave posatubi;

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 18 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

I parametri di progetto del tracciato del tracciato del microtunnel sono indicati nella Tab. 5.2:

DATI TRACCIATO TUNNEL		
Pendenza tratto d'entrata	-	1.35%
Tratto iniziale rettilineo	m	669.3
Raggio minimo di perforazione	m	10 000
Tratto curvilineo	m	235.8
Pendenza tratto in uscita	-	1.00%
Tratto finale rettilineo	m	384.5
Lunghezza totale del tunnel	m	1289.7
Quota estradosso MT in entrata	m	-5.70
Quota estradosso MT in uscita	m	-11.35

Tabella 5.2 – Principali parametri preliminari del Microtunnel


Il microtunnel attraversa la spiaggia antistante l'area PIR, con una copertura di sicurezza maggiore di 6.5 m.

L'ultimo tratto di circa 150m del profilo del microtunnel la copertura è inferiore ai 6.5m, per tanto potrebbero essere necessari degli interventi di stabilizzazione del terreno antistante e un appesantimento dei conci.

I dati del tubo di rivestimento del tunnel sono indicati nella Tab. 5.2:

DATI TUBI IN C.A.			
Diametro esterno	D_{e_tun}	2.50	m
Diametro interno	D_{i_tun}	2.00	m
Lunghezza tubi in c.a.	l	2.35	m
Spessore del tunnel	s	0.25	m
Area esterna del tunnel	A_{e_tun}	4.909	m ²
Area del foro	A_{i_foro}	6.158	m ²
Interapedine	gap	0.150	m
Materiale del tunnel	Cemento armato		
Peso specifico calcestruzzo	γ_{cls}	24.5	kN/m ³
coeff. di poisson tubo	ν_{cls}	0.1	-
Peso del tubo vuoto	W_{aria}	43.30	kN/m
Spinta di galleggiamento	b	49.09	kN/m
Peso del tubo vuoto	W_{sub}	-5.79	kN/m

Tabella 5.2 – Dati dei tubi del tunnel

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 19 di 44	REL-AT-E-35103 Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

5.4 Dati geotecnici assunti

Per le definizioni delle resistenze generate dall'attrito tra tubo e terreno sono stati assunti i seguenti parametri geotecnici:

DATI TERRENO			
Peso specifico Terreno	γ_t	20.0	kN/m ³
Peso specifico Terreno sotto falda	γ'_t	10.0	kN/m ³
Peso specifico dell acqua di mare	γ_w	10.0	kN/m ³
Angolo di attrito interno	ϕ	30.0	°
coeff. di attrito terreno	$\tan(\delta/2)$	0.27	-
Modulus elastico del terreno	E'	30.0	MPa
coeff. di poisson tubo terreno	ν_s	0.35	-
Coesione terreno	c_s	10.0	kPa

Tabella 5.2 – Dati geotecnici del terreno (assunti)

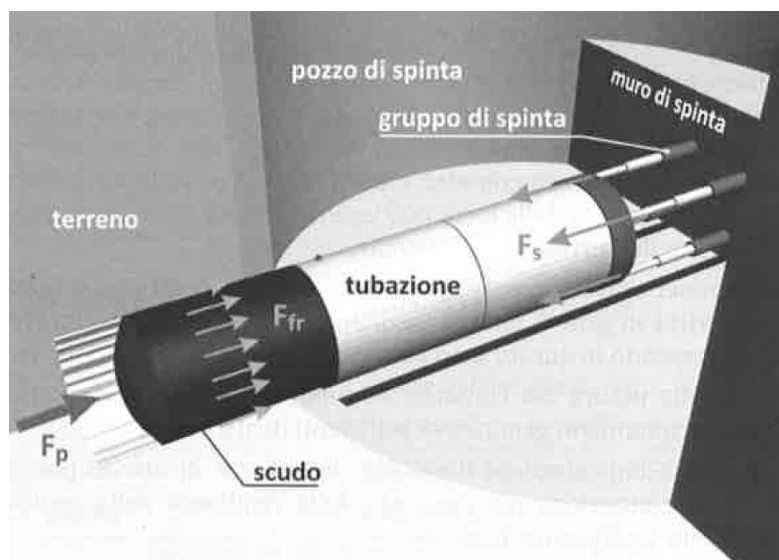
5.5 Stima delle forze di spinta


Uno dei parametri fondamentali per il dimensionamento di un'installazione con microtunneling è la spinta **F_s** che è necessario applicare coassialmente alla colonna di conchi che costituiscono il microtunnel in fase di installazione.

La forza totale generata dal sistema di spinta con eventuali moduli intermedi viene equilibrata dalla resistenza **F_p** che il terreno esercita sul fronte di perforazione e dalla risultante delle forze di attrito **F_{fr}** che si generano lungo la superficie esterna della tubazione a contatto col terreno. In formula:

$$F_s = F_p + F_{fr}$$

La forza **F_p** esercitata sul fronte di perforazione dipende dalla natura del terreno dalle pressioni del fango e dal tipo di utensili montati sulla testa di perforazione.



	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 20 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

Figura 5-4 Sistema di forze per il calcolo delle spinte

In genere i dati di pressione degli utensili e del fango li gestisce l'operatore della macchina di perforazione. Per questa stima di massima, sono stati utilizzati valori di bibliografia:

$$F_p = (p_{ut} + p_{sl}) \frac{\pi D_e^2}{4}$$

P_{ut} = pressione di contatto utensile – terreno (vedi f_p della Figura 5-5)

P_{sl} = pressione del fango di scavo (carico verticale del terreno più 30kPa)

D_e = diametro esterno della testa di perforazione

	Terreno sabbioso	Terreno sabbioso-ghiaioso	Terreno argilloso
Valore massimo di f_p	1800 kPa	2300 kPa	800 kPa
Media dei valori massimi di f_p	1000 kPa	1700 kPa	600 kPa

Figura 5-5 Pressione utensile suggeriti da FSTT (2010)

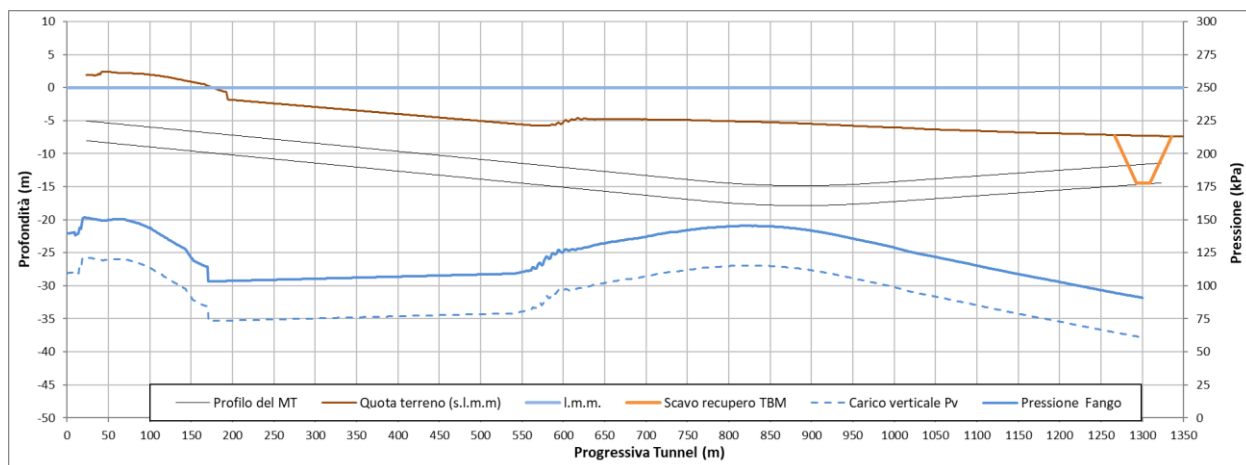


Figura 5-6 Pressione dei fanghi di perforazione (P_{sl})

Per il calcolo della resistenza generata dalle forze di attrito, è necessario capire gli effetti di contatto tra il tubo, il terreno e il fango di perforazione.

In mancanza di una caratterizzazione geotecnica del terreno lungo il tracciato, due ipotesi sono state fatte per stabilire il range probabile di resistenza totale generata dall'interazione tra il tunnel e il terreno.

Una volta disponibili i dati del suolo e ricostruita la sezione geologica potrà essere individuato il tipo di modello più attendibile alla situazione specifica di progetto.

Le ipotesi fatte per questa fase di progetto sono:

- 1) il tunnel scavato è autoportante e la condotta striscia lungo una sezione di contatto in funzione del suo stesso peso;
- 2) l'intercapedine è completamente riempito di fango (argilla e detriti) e il tunnel è in contatto con tutta la superficie esterna della condotta.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 21 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

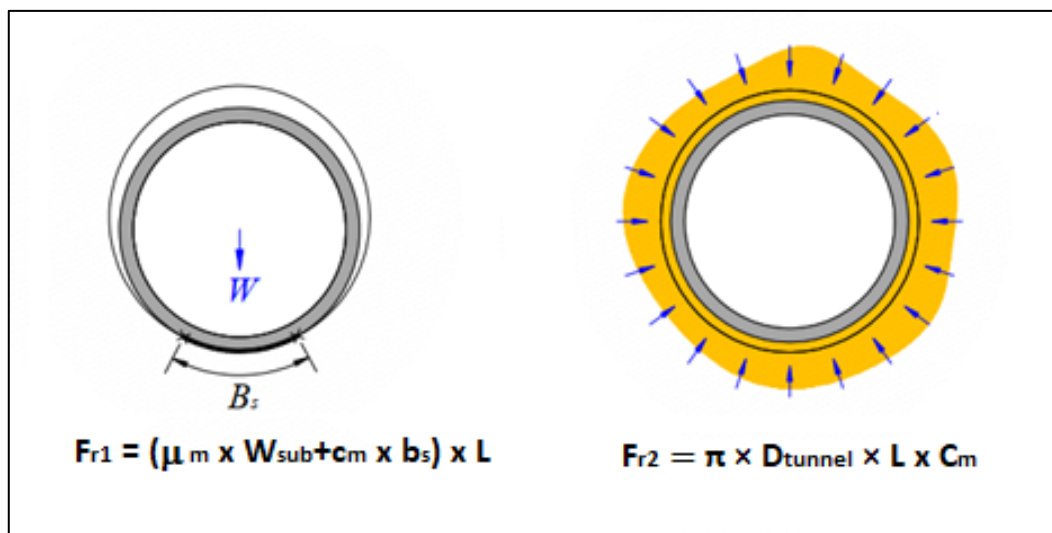


Figura 5-7 Ipotesi di modelli di interazione tubo - foro

Le forze di spinta necessarie per l'avanzamento del tunnel sono:

DATI TRIVELLAZIONE			
Pressione utensili e sforzi in testa	f _p	1000	kPa
Bilanciamento pressione del fango	P _f	30	kPa
Pressione massima del fango	P _{sl}	152	kPa
Resistenza circonferenziale attritiva	c _m	2	kPa
Attrito tubo fango	μ _m	0.2	-
Superficie di contatto herziana	b _s	0.144	m
Forza contatto frontale	F _p	5678	kN
Forza attritiva di spinta - Ipotesi 1	F _{r1}	2542.1	kN
Forza attritiva di spinta – Ipotesi 2	F _{r2}	24504.4	kN
Spinta totale Ipotesi 1	F_{p1}	7445.5	kN
Spinta totale Ipotesi 2	F_{p1}	26098.2	kN

Tabella 5.2 – Spinta totale per avanzamento del microtunnel

La seconda ipotesi restituisce una stima della forza di attrito lungo le pareti del microtunnel più alta rispetto alla prima ipotesi di tunnel autoportante, pertanto a vantaggio di sicurezza, viene presa **F_{r2}** per il calcolo della spinta totale massima richiesta dal sistema. Poiché la compressione sui conci risulterebbe eccessiva, si raccomanda di utilizzare stazioni intermedie di spinta.

Con un numero di 12 stazioni intermedie (una ogni 100m di tubazione) si riduce il carico sui conci a circa 7500kN.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 22 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

FORZA DI SPINTA MASSIMA			
Spinta totale senza stazioni intermedie	$F_s = F_p + F_{r2}$	7445.5	kN
		759.2	t
N di stazioni di spinta	n	12	-
Spinta totale con stazioni intermedie	$F_{s_ridotta} = F_p + F_{r2}/n$	7379.5	kN
		752.5	t

Tabella 5.2 – Spinta totale con stazioni intermedie

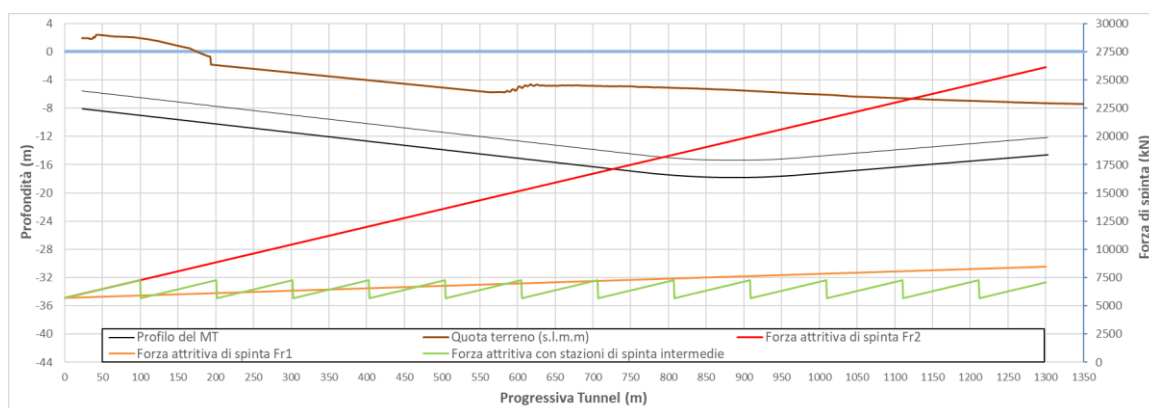


Figura 5-8 Distribuzione delle forze di spinta lungo il tracciato (F_p)

5.6 Sequenza delle fasi operative di approdo costiero

Le fasi operative principali per la realizzazione dell'approdo costiero del tratto di condotta offshore col metodo del microtunnel sono tre:

1. Realizzazione del microtunnel
2. Installazione della condotta offshore;
3. Intasamento del tunnel;
4. Ripristino delle aree di lavoro allo stato originale

5.6.1 Realizzazione del microtunnel

Di seguito la sequenza delle attività principali previste per la metodologia di costruzione del microtunnel.

- Realizzazione e predisposizione della postazione di spinta con un unico “pozzo di spinta” a terra.
- Realizzazione della postazione a mare per il recupero della testa fresante che prevede uno scavo adeguato alle dimensioni della testa fresante e dei moduli di sgancio.
- Scavo del microtunnel tramite avanzamento della testa fresante, reso possibile dalla aggiunta di elementi tubolari in cemento armato alla catenaria di spinta. Lo scavo è guidato da un sistema laser che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali errori di traiettoria.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 23 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

- Disarmo del microtunnel a fine perforazione (recupero dei circuiti e delle attrezzature di trivellazione dall'interno del tunnel, sigillatura dei giunti tra gli elementi tubolari in cemento armato, collegamenti di irrigidimento per gli anelli di estremità lato offshore).
- Predisposizione all'interno del tunnel di tubi per il circuito idraulico di intasamento e del cavo messaggero (di collegamento per l'aggancio del cavo di tiro della condotta offshore).
- Allagamento del microtunnel e della postazione di spinta con acqua marina.
- Recupero della fresa (ancoraggio della chiatta di recupero, aggancio della testa con mezzi subacquei, recupero del materiale con la gru predisposta sulla chiatta).
- Chiusura temporanea del tunnel e messa in sicurezza della postazione a mare fino alla successiva fase di tiro della condotta.



5.6.2 Tiro della condotta

Questa fase prevede l'inserimento del tubo di linea DN 650 (26") nel microtunnel. L'installazione della condotta sarà eseguita tirando la tubazione dalla postazione di spinta all'interno dell'area PIR tramite un argano che permetterà il varo da nave posatubi. L'intercapedine tra tubo di linea e rivestimento del tunnel in questo caso rimarrà allagata dall'acqua di mare.

Le principali sequenze operative, a meno di particolari scelte adottate dall'installatore off-shore, saranno le seguenti:

- installazione del sistema di tiro a terra della condotta (testa di tiro), costituito da verricello lineare e relativi blocchi di ancoraggio. Il sistema deve essere installato nei pressi della buca di spinta del micro-tunnelling per permettere il tiro della stringa di tubo all'interno di esso sulla spiaggia
- posizionamento della nave posa-tubi a basso pescaggio ad una distanza di circa 500 m dal punto di uscita del microtunnel;
- ancoraggio della nave posa-tubi in posizione con la "rampa di varo" allineata sulla rotta di progetto della condotta da posare;
- Predisposizione di una bell-mouth sulla faccia terminale del tunnel installata con l'ausilio di sommozzatori.
- Recupero del cavo messaggero dai sommozzatori e collegamento con il cavo di tiro.
- Tiro a terra del cavo di tiro.



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 24 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

- Collegamento del cavo di tiro con la testata di tiro presso la nave posatubi.
- Posizionamento e ancoraggio della nave posatubi (nel tratto prossimo alla costa, sarà utilizzata una nave adeguata per lavorazioni in bassi fondali).
- Operazioni di tiro da terra (operazioni di tiro, saldatura, controlli e varo nell'ambito delle modalità costruttive adottate dall'installatore off-shore).
- assemblaggio dei giunti di linea a bordo della nave posa-tubi (la stringa è munita alla sua estremità, lato costa, di idonea testa di tiro dotata di pad-eye per connessione con il cavo di tiro).
- via via che la stringa sarà assemblata, si procederà al tiro fino all'arrivo a terra della testa di tiro. In questa fase la nave posa-tubi sarà fissa in posizione e solo successivamente procederà con il varo normale verso il largo.
- Insieme alla condotta da 26" è prevista l'installazione di un cavo per il telecontrollo (TCL) che verrà fascettato insieme al 26" per poi essere tirato all'interno del microtunnel in un'unica soluzione;
- La fase di tiro della condotta termina quando la testa di tiro raggiunge il pozzetto di entrata a terra del microtunnel.
- Terminata questa fase sarà possibile abbandonare l'estremità del cavo TCL (con una lunghezza extra), che sarà recuperata sul mezzo navale predisposto a completare la posa del cavo.

Nell'area di cantiere a terra saranno costruiti sistemi di ancoraggio e pareti per contrastare la forza di tiro, basi di appoggio, verricello lineare, nonché pulegge e relativi blocchi di ancoraggio.



La lunghezza di tiro necessaria è funzione della profondità del fondale raggiungibile con diverse tipologie di mezzi posa-tubi. Preliminarmente il mezzo di varo si posizionerà a circa 500m per eseguire un tiro di una stringa lunga circa 1.800m.

5.6.3 Intasamento del microtunnel

Questa fase prevede l'iniezione di una malta cementizia per riempire completamente il microtunnel e sigillare la condotta da 26" al suo interno.

Le principali sequenze operative, a meno di particolari scelte adottate dall'appaltatore, saranno le seguenti:

- All'interno del tunnel saranno installati tubi in PE, tutti di lunghezza diversa per creare punti di iniezione a distanze diverse. L'esperienza di progetti precedenti ha dimostrato che sarà sufficiente un punto di iniezione ogni 100 m. Tali tubi saranno installati dopo che le linee del tunnel (cavi, tubi flessibili e condutture di circuito dei fanghi) saranno state rimosse dal tunnel e prima che la TBM sia stata recuperata.
- Completate la fase di tiro della condotta da 26", ad entrambe le estremità del tunnel saranno costruite delle paratie per impedire il deflusso della malta in uscita dal tunnel.
- Le due paratie dovranno essere dimensionate per resistere alle pressioni agenti durante lo svuotamento dell'acqua e riempimento con malta:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 25 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103



- La pressione massima esercitata sulla paratia esterna lato mare si applicherà dopo lo svuotamento del tunnel (pompaggio dell'acqua), sulla quale si eserciterà una pressione pari alla pressione idrostatica dell'acqua di mare (10kN/m^3) alla profondità del punto di uscita ($p_e = 13.85\text{m} \times 10\text{kN/m}^3 = 138.5\text{ kPa}$).
- La pressione massima esercitata sulla paratia interna lato mare durante l'iniezione di malta sarà pari alla differenza tra la quota delle pompe di iniezione e la quota dell'asse del tunnel in uscita per il peso specifico della malta (13kN/m^3) $P_i = (2.0 + 13.85)\text{ m} \times 13\text{ kN/m}^3 = 206\text{ kPa}$.
- L'impianto di alimentazione della miscela verrà posizionato in prossimità della stazione di partenza. Si inizierà a pompare la miscela nel tubo andando ad intasare, sempre fino a rifiuto, le parti sezionate del tunnel.

I tubi di iniezione e le pompe di iniezione saranno progettati per una pressione di esercizio di 10 bar PE PN10. I tubi di iniezione saranno posizionati nella parte altrà dell'intradosso del tunnel per evitare interferenze con la condotta da 26" durante il tiro. I tubi di iniezione verranno trascinati nel tunnel e saranno tenuti in posizione da controventi imbullonati nella parete del tunnel.

5.6.4 Ripristini

La fase finale per la realizzazione dell'approdo costiero del tratto di condotta offshore posata nel tunnel prevede le seguenti attività:

- Collegamenti della condotta con la linea onshore (demolizione parziale della parete posteriore del pozzo, scavi, saldature delle curve di risalita, controlli delle saldature, fasciature, ecc.).
- Ripristini e recupero ambientale dell'area cantiere offshore (Smobilitazione mezzi navali e rinterro degli scavi, ripristino morfologico delle aree, ripristini ambientali).
- Ripristini e recupero ambientale dell'area cantiere onshore (Smobilitazione cantiere e rinterro delle postazioni di trivellazione, Ripristino morfologico delle aree, Ripristini ambientali).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 26 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

6 DESCRIZIONE DEI REQUISITI TECNICI DI PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL MICROTUNNEL

6.1 Preparazione del cantiere a terra

Il cantiere di costruzione per il microtunnel e per le successive operazioni di installazione della condotta offshore sarà posizionato interamente a terra, nell'ambito dell'area individuata nell'elaborato grafico di progetto **Allegato 1**: (Figura 6-1).

L'area di cantiere disponibile è limitata a **3700 m²**, pertanto è stata valutata la disponibilità di un'ulteriore area di **2000 m²** nei pressi del parcheggio scambiatore di viale Trieste.

Nel caso specifico, l'area strettamente legata alla costruzione del microtunnel dovrà comprendere le aree destinate a: pozzo di spinta, autogrù, cabina controllo e gruppi elettrogeni, stoccaggio tubi, container logistici, unità trattamento fanghi, stoccaggio materiale di scavo e transito dei mezzi. Il resto dei materiali verrà trasportato in base alla programmazione giornaliera dall'ulteriore area di stoccaggio),

La stessa area sarà utilizzata durante le operazioni di varo della condotta all'interno del microtunnel e intasamento.

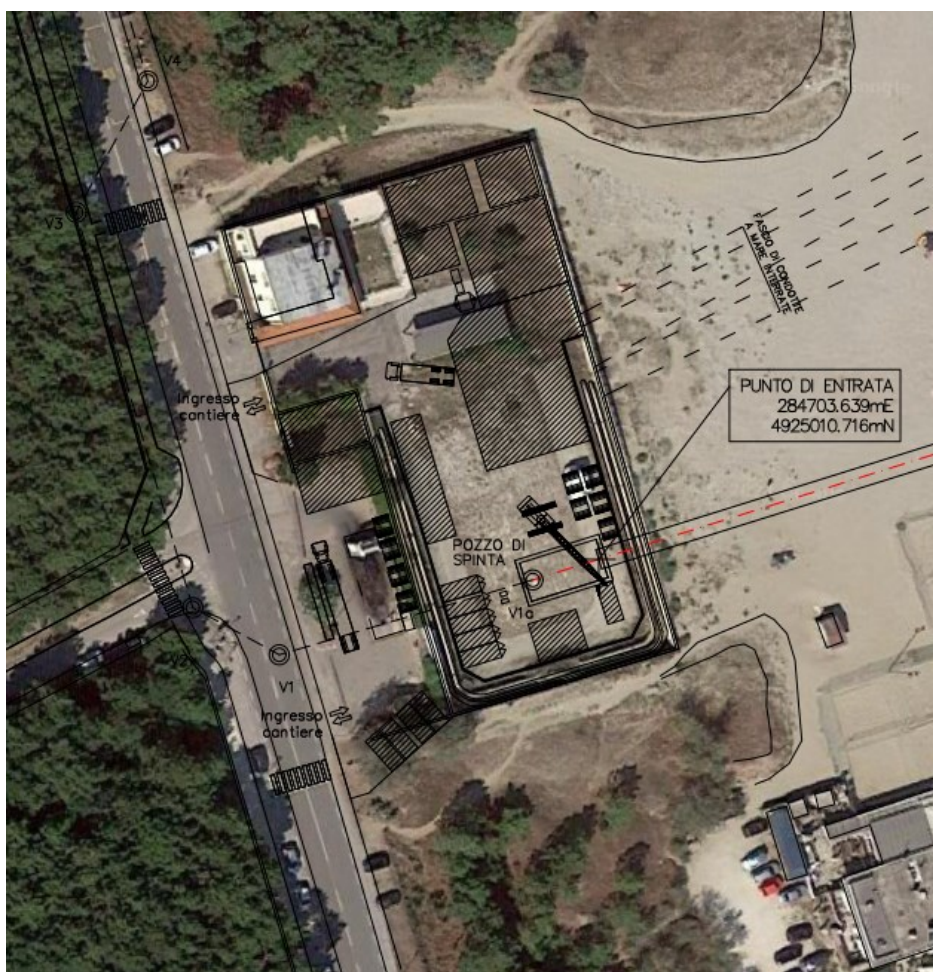



Figura 6-1 Area di lavoro del microtunnel a Punta Marina. In rosso il metanodotto in progetto

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 27 di 44	REL-AT-E-35103 Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

L'esatta organizzazione interna del cantiere e l'esistenza di accessi idonei al transito dei mezzi d'opera, verrà valutata attentamente in fase di progetto di dettaglio del microtunnel.

6.2 Pozzo di spinta

Le dimensioni del pozzo di spinta dipendono dalle dimensioni della macchina di perforazione, del blocco di spinta e della testa fresante. Il pozzo di spinta può essere circolare o rettangolare. Le pareti del pozzo di spinta devono essere progettate per resistere alle forze di spinta (preliminarmente stimate al paragrafo 5.5) e costituire un piano di lavoro stabile e asciutto.

Data la presenza di una falda superficiale, saranno richiesti dei lavori di drenaggio dell'area della postazione di spinta, per l'abbassamento temporaneo del livello di falda.

Si passerà quindi alla realizzazione delle strutture di contenimento delle pareti della postazione di spinta, ed allo scavo del terreno all'interno del pozzo.

Le dimensioni preliminari del pozzo di spinta adeguate alle dimensioni del sistema di spinta sono:

- lunghezza 12 m (*dimensione interna*)
- larghezza 6 m (*dimensione interna*)
- profondità di fondo pozzo 10.45 m dal piano campagna
- Volume totale circa **1000** m³

Il materiale proveniente dallo scavo sarà temporaneamente stoccato in uno spazio confinato ed eventualmente riutilizzato per le attività di ripristino del sito al termine dei lavori.


Arrivati alla quota stabilita verranno gettate le platee in calcestruzzo di fondo pozzo.

A questo punto sarà possibile interrompere il drenaggio dell'area e permettere il ristabilirsi del naturale livello di falda. Infine saranno preparate le opere complementari (muro di spinta, foro di ingresso della fresa, pozzetti di aggettamento dell'acqua dal fondo pozzo, scale e altri dispositivi di sicurezza per il personale).

A questo punto è possibile installare tutte le apparecchiature nel pozzo di spinta.

In funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno esistente, si valuterà nelle successive fasi della progettazione, la necessità di realizzare interventi di stabilizzazione del terreno per la costruzione del pozzo e delle pareti del tunnel.

La parete di spinta verrà dimensionata durante la fase di progetto esecutivo in base ai requisiti di progetto.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 28 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

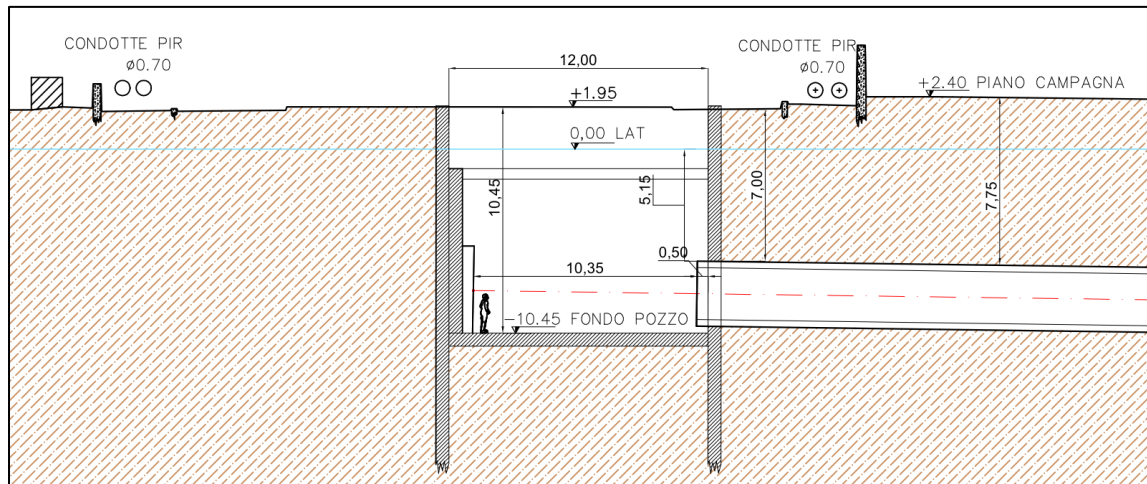


Figura 6-2 Sezione preliminare del pozzo di spinta

6.3 Realizzazione del tunnel

L'opera in microtunnel consiste nella realizzazione di un tunnel di diametro esterno dell'ordine di 3,0 m, mediante trivellazione con macchina di perforazione (Tunnel Boring Machine" – TBM) teleguidata, basata sull'avanzamento di uno scudo cilindrico cui è applicato frontalmente un sistema di scavo.

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

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

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

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

Quando la TBM ha raggiunto la posizione finale prevista, in corrispondenza del pozzo di uscita a mare, la TBM viene recuperata da mezzi marini (vedi Figura 6-3).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 29 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103



Figura 6-3 Recupero della fresa meccanica a mare

6.3.1 Materiale di scavo del microtunnel

Il materiale rimosso dal fronte di scavo mediante un circuito idraulico, con l'ausilio di una miscela bentonitica che lo manterrà in sospensione, sarà trasportato all'unità di separazione e trattamento. Il materiale di scavo sarà temporaneamente disposto in un'apposita area all'interno del cantiere.

Per la costruzione del microtunnel si può stimare la produzione di circa **8000 m³** di terreno di scavo.

La miscela bentonitica recuperata a fine perforazione ed il terreno di scavo saranno conferiti presso un sito autorizzato al loro trattamento e/o stoccaggio.

6.3.2 Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)

L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato sarà effettuata in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema dovrà quindi essere provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione.



6.3.3 Impianto di produzione dei fanghi di perforazione

Dovrà essere predisposto in cantiere un impianto di produzione di fanghi bentonitici (o miscele a base di polimeri) necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.

L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

6.3.4 Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento

Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento dovranno essere effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			NQ/R22178	
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 30 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

6.3.5 Recupero delle apparecchiature di spinta, sigillatura ed impermeabilizzazione dei giunti

Una volta raggiunta la progressiva finale al PT 1290, si procederà al recupero delle apparecchiature di spinta, delle pompe e del sistema di smarino dal pozzo di partenza, liberandone così lo spazio per permettere l'accesso all'interno del tunnel.

A questo punto sarà possibile procedere alla sigillatura dei giunti con malta tixotropica, in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti. Quest'ultima caratteristica è necessaria per agevolare la successiva fase di inserimento della tubazione di linea nel tunnel.

La sigillatura dei giunti viene eseguita anche quando sia necessario realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, oltre a quella offerta dal giunto.

6.4 Scavo in mare per recupero Testa di Perforazione

All'uscita a mare del microtunnel si deve scavare una trincea temporanea, avente lo scopo di garantire il recupero della Testa di Perforazione.

La buca per il recupero in mare della TBM dovrà essere realizzata con dimensioni sufficienti per effettuare le operazioni di sganciamento, sollevamento e rimozione della fresa. Tali operazioni potranno essere effettuate da una chiatta provvista di gru e dei sistemi per lo scavo della trincea di recupero.

Una volta raggiunta la progressiva finale del microtunnel PT 1290, si procederà con il recupero della testa fresante aspirando i sedimenti fino alla messa in luce dell'intera testa fresante e di 2 o 3 tubi in cemento armato.

Tali operazioni saranno effettuate da una chiatta provvista di gru e dei sistemi per lo scavo della trincea e della buca di recupero e con l'ausilio di sommozzatori esperti.

Una fase importante del recupero della fresa è l'allagamento del tunnel. Si provvederà infatti a riempire il tunnel dal cantiere a terra con acqua di mare in modo da controbilanciare le pressioni esterne e permettere il recupero in sicurezza della testa fresante.

Prima dell'allagamento del microtunnel, all'interno del pozzo di spinta verrà installato un argano di rinvio comprensivo degli strumenti di controllo necessari all'installazione della condotta DN 650 (26"). All'interno del tunnel sarà installato anche un cavo messaggero per il collegamento del cavo di tiro principale. (vedi para. 7).

Ultimate le procedure per il recupero della testa di perforazione, il tunnel verrà temporaneamente chiuso e messo in sicurezza fino alla successiva fase di installazione della tubazione DN 650 (26") (in funzione della programmazione finale dei lavori).

6.4.1 Caratteristiche dello scavo di recupero della fresa

Le dimensioni preliminari dello scavo per il recupero della macchina nel punto di uscita sono:

- Profondità del fondo 6.9 m *(da verificare con risultati della campagna geotecnica)*
- Pendenza scarpate 15° *(da verificare con risultati della campagna geotecnica)*
- Lunghezza fondo scavo 17 m

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 31 di 44	REL-AT-E-35103 Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

- Larghezza fondo scavo 6 m
- Materiale scavato **10.000 m³** (circa)

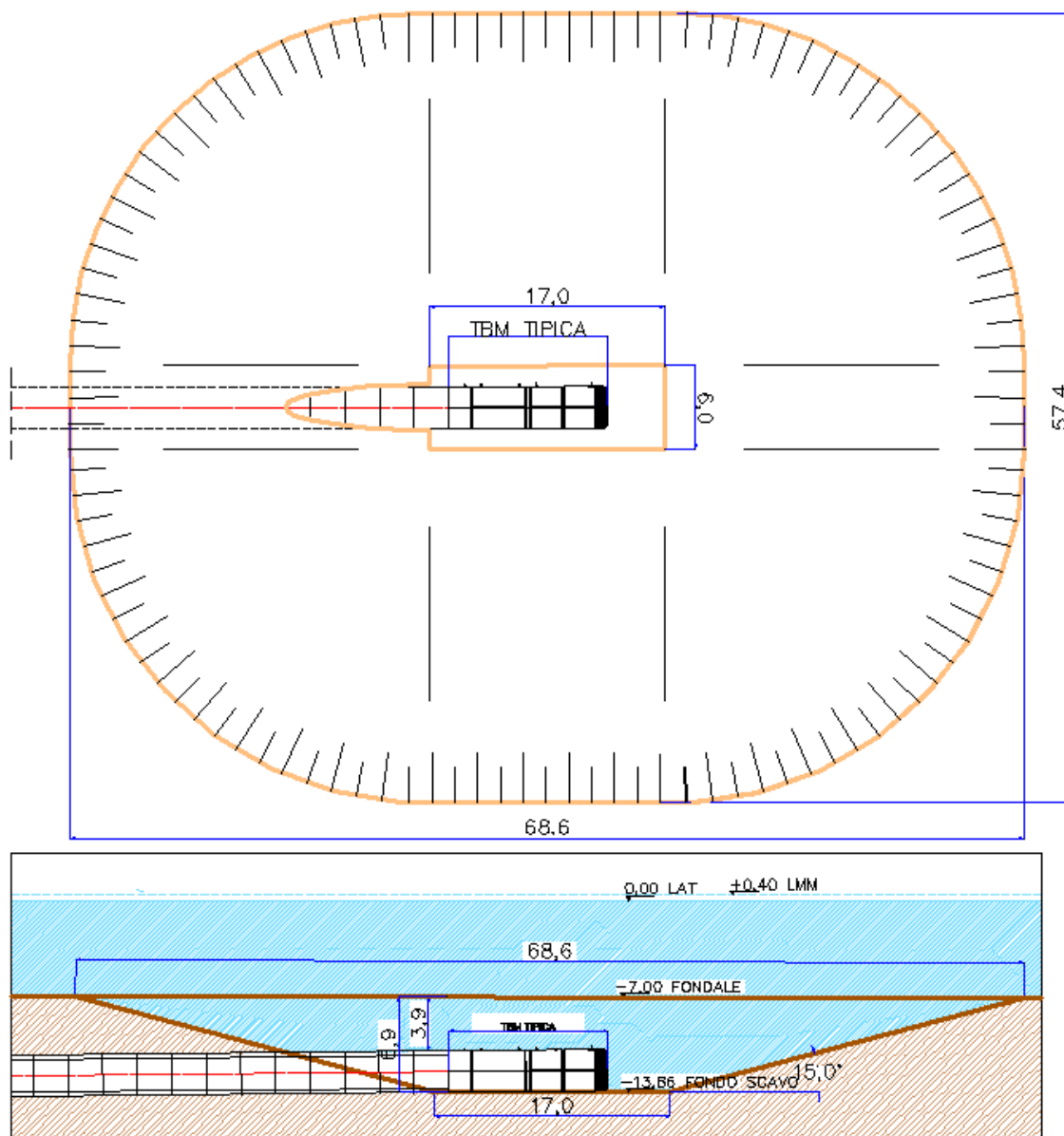




Figura 6-4 Pianta e sezione di scavo per il recupero della macchina di perforazione

6.5 Tubi di protezione prefabbricati in cemento armato e giunti di tenuta idraulica

Gli elementi tubolari installati saranno in cemento armato prefabbricati in stabilimento, con un diametro interno esterno di 2500 mm e con elevate caratteristiche di resistenza. Saranno provvisti di valvole di non-ritorno per la lubrificazione laterale e con giunti di tenuta idraulica che certifichino una tenuta di almeno 2 bar.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 32 di 44	Rev. 0
REL-AT-E-35103				

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

Le giunzioni tra tubi adiacenti saranno di caratteristiche tali da consentire la deviazione angolare dell'asse del microtunnel e mantenere la tenuta idraulica. L'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto dovrà essere assicurata durante tutte le fasi realizzative per rendere ispezionabile il tunnel.

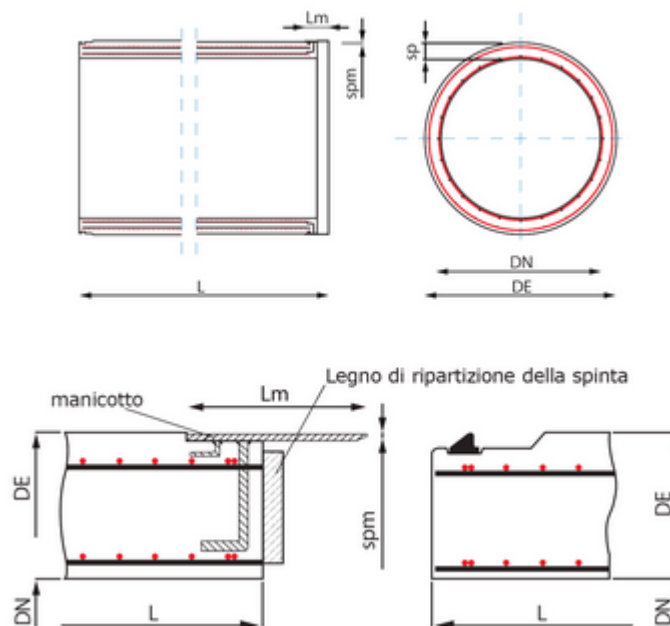


Figura 6-5 Esempio di tubi per posa in spinta in cemento armato

Nell'estremità del tunnel lato mare, negli ultimi 50 m, gli elementi tubolari saranno collegati saldamente dall'interno del tunnel al fine di ridurre al minimo le irregolarità di centramento e di supportare gli sforzi nella fase di allagamento del tunnel. Quest'ultima caratteristica è necessaria per agevolare la successiva fase di inserimento della tubazione di linea nel tunnel.


La sezione finale del microtunnel, risulterà parzialmente scoperta o con poca copertura, durante gli scavi per liberare completamente la TBM dal terreno circostante. Poiché il peso dei tubi in cemento armato è di 43.3 kN/m contro una spinta idrostatica di galleggiamento pari a 49.09 kN/m, tale sezione di condotta potrebbe avere problemi di stabilità verticale.

Pertanto per evitare il galleggiamento, gli ultimi elementi tubolari di estremità dovranno anche essere appesantiti con un sistema che garantisca un incremento di peso lineare di almeno 10kN/m.

Lo schema preliminare e il profilo dell'approdo del microtunnel sono riportati nell'elaborato grafico in **Allegato 1**: DIS-AT-B-31503 Approdo costiero con microtunnel.

6.6 Gestione dei fluidi di perforazione

Il consumo di acqua, utilizzata principalmente per il trasporto dello smarino del tunnel, è stimato nell'ordine dei **20.000 m³** con l'incertezza derivante dallo stato delle particolari condizioni del suolo e delle potenziali perdite di fango dovute a possibili fessurazioni

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 33 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

presenti nel terreno. Questa stima include il volume dei fanghi e i volumi relativamente inferiori associati al fango di lubrificazione.



Il materiale di scavo proveniente dal tunnel verrà miscelato con un fluido di trasporto e completamente recuperato e pompato attraverso la condotta dei fanghi verso la superficie e all'interno del dissabbiatore.

Qui il materiale sarà sottoposto a vagliatura, per la separazione del materiale grosso e fine dal fluido trasportatore con granulometrie superiori a 50 micron. Il materiale solido separato verrà scaricato in un contenitore per i fanghi o, ove possibile, direttamente in un camion per il trasporto a smaltimento secondo le normative vigenti.

Con la metodologia di "microtunnelling" la dispersione dei fanghi di perforazione in mare è praticamente trascurabile.

6.7 Smobilitazione dell'area di cantiere a terra

Al termine dei lavori di realizzazione del microtunnel, si procederà alle operazioni di recupero delle attrezzature di cantiere e sistemazione dell'area per la fase successiva di tiro della condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 34 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

7 DESCRIZIONE DEI REQUISITI TECNICI DI PROGETTO PER L' INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA

7.1 Predisposizione Area di Cantiere a Terra

Il cantiere per le operazioni di varo della condotta in MT, come anticipato al para. 6.1, sarà collocato nell' area individuata nell'elaborato grafico di progetto **Allegato 1**: (Figura 6-1). Tale area è sufficientemente ampia ed adeguata ad accogliere macchinari, opere ed attrezzature necessarie al tiro della condotta quali:



- argano di tiro, di tipo lineare o tradizionale a tamburo (a seconda della metodologia selezionata dall'Appaltatore);
- basamento dell'argano di tiro;
- sistema di ancoraggio dell'argano di tiro;
- centralina idraulica dell'argano;
- serbatoio gasolio;
- mezzo di sollevamento (autogrù);
- bobina/e di raccolta del cavo di tiro (argano di raccolta);
- gruppi elettrogeni;
- container logistici.

7.2 Predisposizione del Sistema di Tiro

L'argano di tiro troverà posto all'esterno del pozzo di spinta del MT. Data la configurazione degli spazi disponibili, si ipotizza che il macchinario non potrà essere collocato in linea con il pozzo, bensì collocato lateralmente al pozzo di spinta, ed opererà per mezzo di un sistema di deviazioni del cavo di tiro realizzati mediante pulegge ancorate al manufatto del pozzo stesso.

La slitta dell'argano sarà quindi posizionata su di una superficie regolare e livellata o di un basamento (es: solettone di "magrone" o ghiaia compattata) predisposti allo scopo. Alla slitta verrà agganciato il sistema di ancoraggio. Solitamente questo viene realizzato per mezzo di palancole battute alle spalle del macchinario, o con interrimento di un elemento tubolare di grande diametro, o altro. Il tutto sarà opportunamente dimensionato per resistere alle forze di tiro in gioco durante il varo.

Ad ogni modo, quanto descritto rappresenta una ipotesi realistica per il sistema di tiro utilizzato per il varo, ma resta sempre facoltà ed onere dell'Appaltatore studiare e definire la metodologia e le apparecchiature che ritiene più opportune per il compimento delle operazioni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 35 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

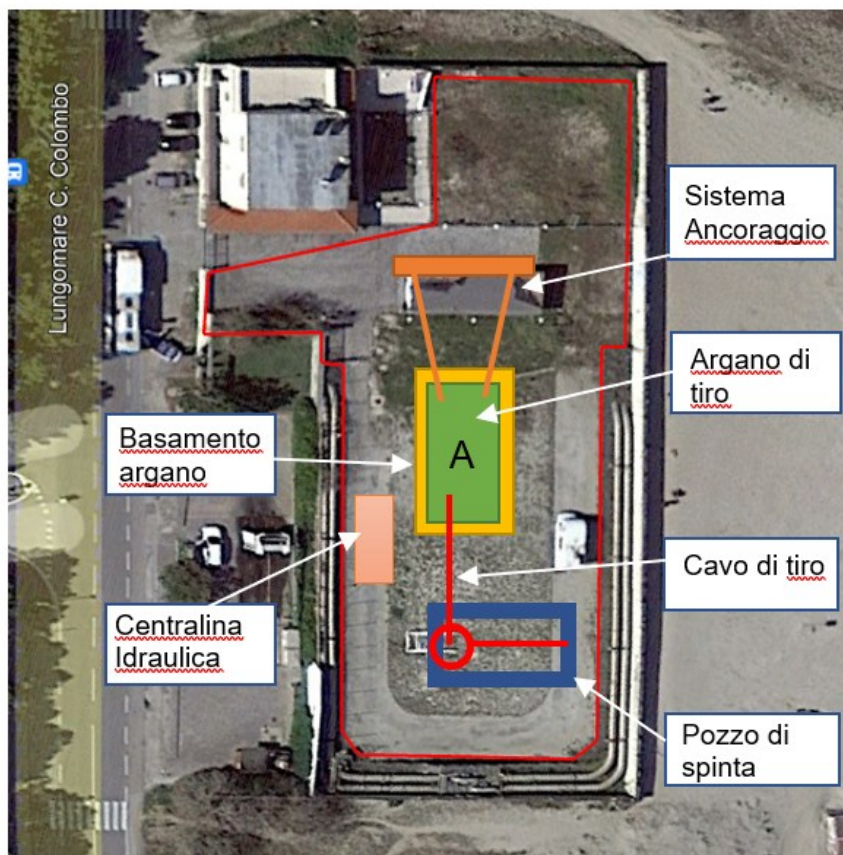


Figura 7-1 Schema del sistema di tiro con argano

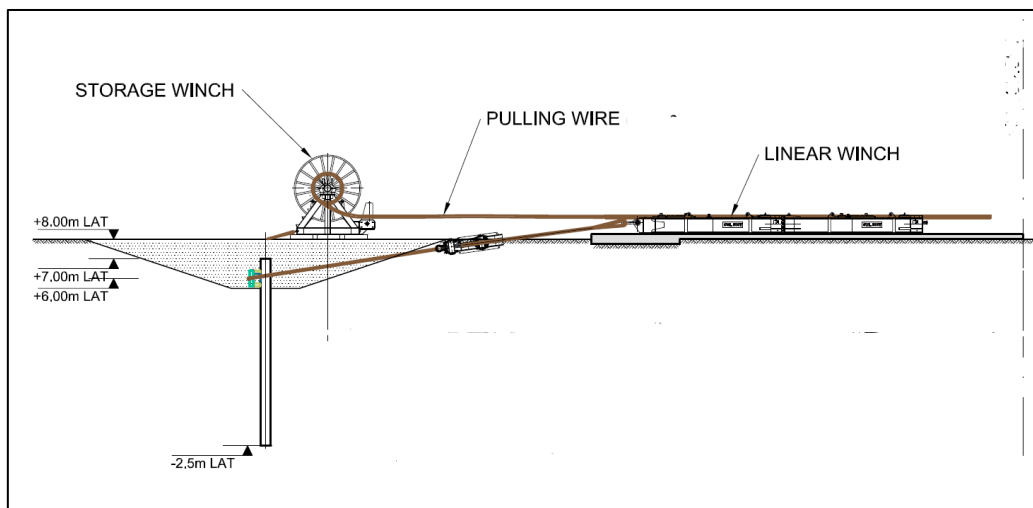




Figura 7-2 Esempio di Sistema di ancoraggio argano con palancole e funi di collegamento

L'esatta organizzazione interna del cantiere verrà valutata attentamente in fase di progetto di dettaglio del varo, e in base alle modalità operative e macchinari selezionati dall'Appaltatore.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 36 di 44	Rev. 0
REL-AT-E-35103				

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

7.3 Predisposizione dell'Area di Ingresso MT Lato Mare

All'imbocco del microtunnel lato mare, saranno eseguiti degli ulteriori scavi, andando ad allargare la buca già realizzata per il recupero della testa fresante, e conferendo al fondo marino una configurazione tale da creare una sezione di transizione per raccordare il profilo del fondo scavo del microtunnel con il profilo del fondo marino, al fine di mantenere nei limiti di accettabilità lo stato tensionale della condotta. L'area interessata dallo scavo sarà di circa 50m x 300m con il lato lungo parallelo al tracciato, per un volume di scavo stimato pari a **25.000m³**

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

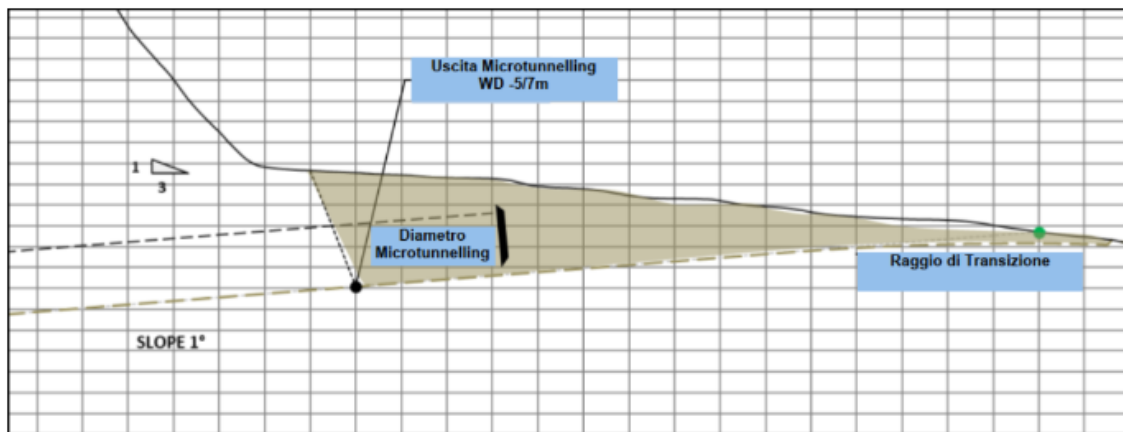


Figura 7-3 Esempio di pre-scavo all'Uscita del Microtunnel

Inoltre, all'imbocco del MT sarà predisposto una "Bell-Mouth" sul cilindro in cemento armato terminale, con lo scopo di facilitare l'ingresso della testa di varo durante il suo avanzamento.

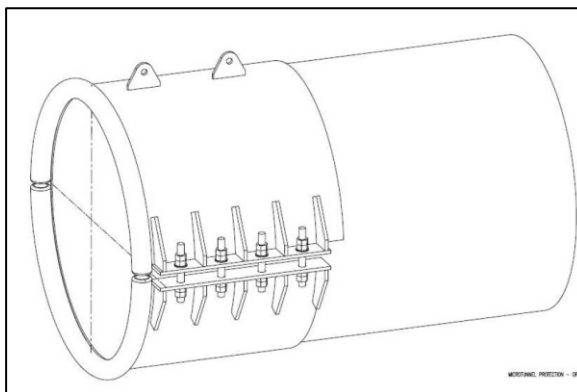



Figura 7-4 Esempio di Bell-Mouth posizionato all'Uscita del Microtunnel

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 37 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

7.4 Ripristino della Zona di Imbocco del MT Lato Mare

Al termine delle operazioni di varo si provvederà al ripristino dell'area sottomarina di uscita del MT, che richiederà come minimo:

- La rimozione della struttura Bell-Mouth;
- La realizzazione del tappo di chiusura del MT, o installazione di una grata di chiusura;
- Il ricoprimento della tubazione in corrispondenza dell'imbocco con ghiaia, mediante sistema "fall pipe" o con scarico con benna mordente;

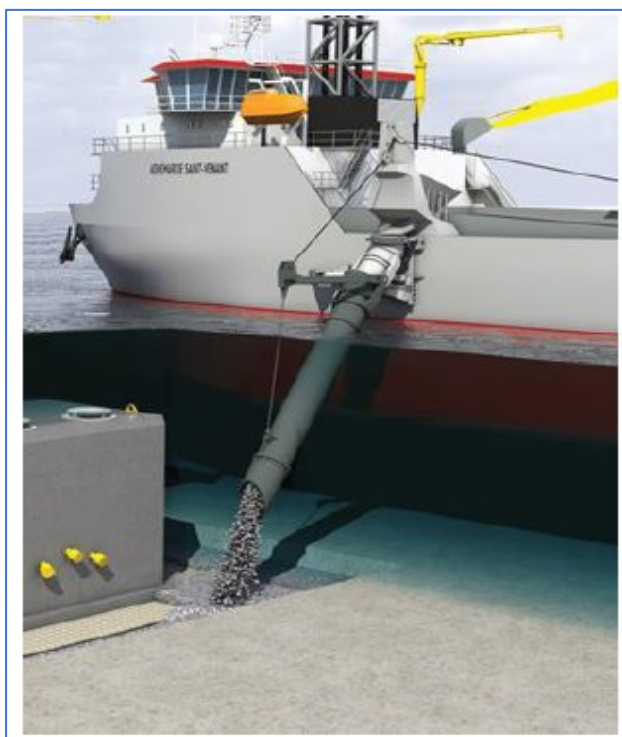




Figura 7-5 Esempio di Sistema di riempimento con "Fall Pipe"

- Il riempimento dello scavo realizzato nell'area di imbocco e ripristino del profilo naturale del fondo marino con materiale selezionato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 38 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

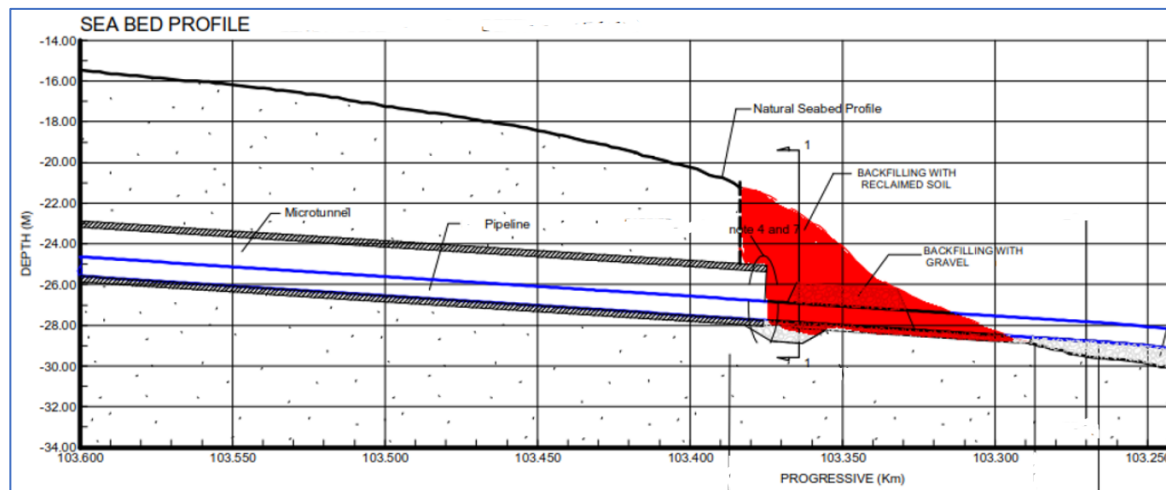


Figura 7-6 Esempio di riempimento e ripristino del profilo naturale del fondo all'uscita del MT

7.5 Ripristino delle Aree di Cantiere a Terra



Al termine dei lavori si provvederà al ripristino delle aree di cantiere e come minimo alla:

- rimozione dell'acqua dal pozzo di spinta;
- rimozione delle strutture di varo dal pozzo (es: pulegge, carpenterie, ecc..);
- realizzazione del tappo di chiusura del MT, all'uscita dello stesso, con sacchetti sabbia cemento;





Figura 7-7 Esempio di tappo di chiusura del MT

- demolizione parziale della parte sommitale delle pareti del pozzo ed interrimento del pozzo;
- demolizione del basamento dell'argano e rimozione del sistema di ancoraggio dell'argano (es: palancolato infisso);
- smobilitazione delle strutture e apparecchiature accessorie ai lavori (es: container uffici, di servizio, officina ecc..)
- ripristino morfologico del piano di campagna e rinterro del pozzo;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 39 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

- ripristino dello strato superficiale di terreno e livellamento dell'area cantiere, riportando lo strato di humus accantonato al momento dell'inizio lavori e ripristinando le opere di drenaggio superficiali delle acque (scoline, canalette, ecc.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 40 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

8 ELENCO DELLE ATTREZZATURE DA COSTRUZIONE


8.1 Realizzazione Microtunnel

Per l'esecuzione dei lavori di approdo a Ravenna descritti nei paragrafi precedenti, sono state preliminarmente stimate le seguenti attrezzature / mezzi principali per la sola realizzazione del Microtunnel.

Nella tabella 6-5 viene riportata una stima preliminare delle attrezzature e dei mezzi impiegati per la realizzazione del microtunnel.

FASI LAVORATIVE	MEZZI / ATTREZZATURA	DURATA
Preparazione del sito	n.1 gru mobile cingolata n.1 pianale trasporto tubi n.3 camion trasporto scavi n.1 Escavatore n.2 pompe per smarino n.1 unità trattamento fanghi n.1 Serbatoio carburante mobile n.2 Gruppo elettrogeno 450 kVA n.2 contenitori scorta fango n.2 Officina n.3 contenitori di stoccaggio n.1 mensa	2 mesi
Installazione della macchina di perforazione (TBM) ed esecuzione del tunnel	n.1 cabina di controllo fresa n.1 fresa meccanica (e.g. AVND2000AB, lunghezza 7.5m, diametro esterno 2.425m, peso 38ton) > n. 13 stazioni intermedie di spinta; n.1 verricello;	4,5 mesi
Lavori di scavo a mare	n.1 draga aspirante con frese n.1 chiatta a tramoggia n.1 nave di supporto per immersioni n.1 nave di trasporto equipaggio	1 mese
Assistenza a mare per il recupero della macchina TBM	n.1 pontone con gru da 90t n.1 centralina idraulica n.1 Nave di supporto con attrezzatura ausiliaria per le immersioni n.1 nave equipaggio	1 mese
Ripristini (lato terra)	n.1 pala gommata n.2 escavatori cingolati n.2 camion	1 mese

Tabella 8-1 – Lista attrezzature per microtunnel

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 41 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103


Il numero dei mezzi utilizzati per lo smaltimento dei terreni di scavo e per l'approvvigionamento dei materiali di costruzione è in dipendenza delle produzioni giornaliere (avanzamento dello scavo del tunnel) che saranno realizzate. Ipotizzando un avanzamento medio giornaliero di 10 m, realizzato usualmente per opere di questo tipo, si possono stimare 3 camion per lo smaltimento del terreno di scavo e 1 camion per il trasporto dei conci in c.a. per la costruzione del tunnel. A questi mezzi vanno aggiunti quelli adibiti ai servizi logistici (trasporto personale, rifornimento gruppi elettrogeni, ecc.).

Tutte le imbarcazioni, il personale e le attrezzature necessarie per il recupero della fresa, il mantenimento dello scavo, i lavori di posa della condotta e di riempimento devono operare simultaneamente e fino al completamento delle attività.

8.2 Installazione Condotta all'Interno il Microtunnel

L'installazione del tratto di condotta all'interno del microtunnel, fa parte delle attività in mare e delle attrezzature che metterà in campo l'installatore offshore.


FASI LAVORATIVE	MEZZI / ATTREZZATURA	DURATA
Preparazione del sito	n.1 gru mobile cingolata n.1 camion trasporto scavi n.1 escavatore n.1 serbatoio carburante mobile n.1 battipalo n.2 gruppo elettrogeno 450 kVA n.1 officina n. 1 betoniera	10 giorni
Installazione della condotta (lato terra)	n.1 argano (lineare o tamburo) n.1 centralina idraulica n.1 autogrù n.1 serbatoio carburante n.1 argano di servizio per recupero cavo messaggero n.1 generatore	10 giorni
Installazione della condotta (lato mare)	n.1 nave posatubi n.1 pontone per movimentazione tubi	10 giorni
Lavori di scavo a mare	n.1 draga aspirante con frese n.1 chiatta a tramoggia n.1 nave di supporto per immersioni n.1 nave per trasporto equipaggio	15 giorni
Assistenza a mare	n.2 rimorchiatori n.1 nave di supporto con attrezzatura ausiliaria per le immersioni	1 mese

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 42 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

FASI LAVORATIVE	MEZZI / ATTREZZATURA	DURATA
Ripristini (lato mare)	n.1 chiatta a tramoggia n.1 escavatore con benna mordente n.1 sistema "Fall pipe"	1 mese
Ripristini (lato terra)	n.1 pala gommata n.2 escavatori cingolati n.2 camion	1 mese

Tabella 8-2 – Lista attrezzature per varo in microtunnel

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 43 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

9 CONCLUSIONI



Da quanto descritto nei paragrafi precedenti si possono riassumere le considerazioni riportate di seguito.

Per quanto riguarda le caratteristiche morfologiche, litologiche e del substrato superficiale dell'area interessata dall'opera e riportate in dettaglio nella sezione 4 si evidenzia che:

- Il cantiere a terra e i primi 100m del tracciato del microtunnel sono ubicati in un'area costiera caratterizzata da dune sabbiose,
- il resto del tracciato interessa un fondale marino pianeggiante, costituito da depositi prevalentemente alluvionali, limoso-argillosi, sabbiosi e limoso-sabbiosi;
- la superficie piezometrica in prossimità del pozzo di spinta è stata rilevata a livello del mare e quindi molto superficiale;
- i terreni interessati dal microtunnel in progetto (prevalentemente sabbie e limi sabbiosi) fanno ritenere idoneo il loro scavo attraverso l'impiego del sistema microtunnel con l'utilizzo di uno scudo a sezione integrale a bilanciamento di pressione;

Per quanto riguarda i requisiti tecnici descritti al paragrafo 6 si evidenzia:

- la necessità di ricorrere ad un sistema microtunnelling idraulicamente confinato (pozzo a tenuta idraulica, giunti di tenuta idraulica tra gli anelli prefabbricati, utilizzo di una fresa a bilanciamento di pressione esterna);
- la necessità di adottare una fresa integrale con cutters adeguati per scavi in terreni sabbiosi e limosi e con l'equipaggiamento idoneo per il suo recupero a mare, una volta concluse le operazioni d'avanzamento;
- la necessità di avere stazioni un numero di stazioni intermedie di spinta (almeno una ogni 100m di tubazione) per ridurre il carico di compressione sui conci a meno di 10000kN.
- L'area di cantiere a terra è limitata a 3700m², con un ulteriore area di deposito e stoccaggio materiali di 2000m², il cantiere occuperà un'area di circa 5700 m².
- il traffico generato dal cantiere durante la fase di realizzazione del microtunnel è il più intenso, ed è costituito prevalentemente dai mezzi logistici e dai mezzi per il trasporto dei conci in c.a. e del terreno di scavo; questi ultimi sono valutabili mediamente in 4 unità giornaliere;
- Per il pozzo di spinta e il completamento del microtunnel è stata stimata la produzione di circa 12000 m³ di terreno di scavo da gestire a terra. Per il recupero della testa fresante all'uscita del microtunnel altri 10000 m³ di scavo saranno prodotti e gestiti in mare.
- Tutti i materiali di risulta non riutilizzati per il progetto saranno conferiti presso un sito autorizzato al loro trattamento e/o stoccaggio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AT-E-35103	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 44 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5103

10 ALLEGATI

1. **Allegato 1:** DIS-AT-B-31503 Approdo costiero con microtunnel