
	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 1 di 16	Rev. 0



Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

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

COMPATIBILITA' ATTRAVERSAMENTO PINETA DI PUNTA MARINA
IN MICROTUNNEL RISPETTO ALLE CONDIZIONI
IDROGEOLOGICHE PRESENTI




0	Emissione per Permessi	V. Rago	G. Vecchio	M. Begini	20/09/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 2 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
3	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO	3
4	L'INTRUSIONE SALINA	5
4.1	Monitoraggio dell'intrusione salina nelle Aree Costiere di Ravenna	5
5	ATTRAVERSAMENTO DELLA PINETA CON TECNOLOGIA TRENCHLESS (MICROTUNNEL)	9
5.1	Metodologia di attraversamento	9
5.2	Potenziali interferenze con il cuneo salino	13
5.3	Proposta di monitoraggio cuneo salino	15
6	CONCLUSIONI	15

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 3 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

1 INTRODUZIONE

Il presente studio ha lo scopo di verificare la compatibilità idrogeologica riguardante la realizzazione del microtunnel per l'attraversamento della Pineta di Punta Marina, nell'ambito del progetto "Emergenza Gas Incremento di Capacità di Rigassificazione (DL 17.05.2022 N.50) FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti".

Si andranno quindi ad analizzare le condizioni idrogeologiche che caratterizzano la zona in esame e le eventuali interazioni della realizzazione del microtunnel con l'acquifero presente.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art. 5 del D.L. 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 la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione al largo di Ravenna (c.d. Progetto FSRU Ravenna) tramite l'ormeggio permanente di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.



L'FSRU avrà una capacità di rigassificazione annuale di circa 5 miliardi di standard metri cubi di gas naturale, equivalente a circa un sesto della quantità di gas naturale oggi importata dalla Russia. L'FSRU ha uno stoccaggio nominale di 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL), e sarà in grado di ricevere, rigassificare il GNL e trasferirlo in una nuova condotta che lo convoglierà nel punto di connessione alla Rete Gasdotti, posto in adiacenza all'impianto Snam Rete Gas di Ravenna n. 693.

3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

Il microtunnel in progetto interferisce la zona delle Pinete Costiere Ravennati, le quali costituiscono una delle maggiori aree boschive residue della pianura padana, rappresentando un patrimonio naturalistico e turistico di grande importanza.

La Pineta di Punta Marina si insedia a metà tra i due sistemi boschivi più importanti, costituiti dalla Pineta di San Vitale a nord e dalla Pineta di Classe a sud (Fig. 1.A).

Nella morfologia delle pinete, poste ad una quota intorno al livello del mare, è possibile osservare l'alternanza tra "staggi" (dossi sabbiosi) e "basse o bassure" (depressioni interdunari) dove l'acqua ristagna più o meno permanentemente.



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 4 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

Fig. 1.A – A destra nel cerchio verde l'ubicazione della Pineta di Punta Marina rispetto al sistema delle Pinete ravennati (a nord e a sud le Pinete secolari di San Vitale e di Classe).

In basso l'immagine dell'attraversamento in trenchless della Pineta di Punta Marina



	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 5 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

4 L'INTRUSIONE SALINA

L'intrusione salina viene definita come il movimento continuo o temporaneo di acqua salata nell'entroterra con conseguente spostamento di acqua dolce che provoca la formazione del cuneo salino, ovvero una massa di acqua salata con sezione cuneiforme appoggiata sulla base dell'acquifero e con il vertice verso l'interno (Custodio, 1996). Data l'interazione tra due fluidi miscibili, non esiste una netta superficie di separazione, ma una zona dinamica di miscelamento che dipende dalle proprietà chimiche e idrauliche dei fluidi, dalla diffusività e dispersività del mezzo e dalle caratteristiche del movimento: l'acqua, infatti, si muove anche per variazioni del livello piezometrico dei due liquidi.

L'intrusione all'interno dell'acquifero ravennate, ma anche dei corsi d'acqua superficiali, ha origini sia antropiche che naturali.

Il processo di salinizzazione è causato principalmente da due fattori: l'intrusione dell'acqua di mare e la risalita di acque salmastre dalla base dell'acquifero. Il primo fenomeno è favorito dal gradiente idraulico che si genera da mare verso l'entroterra a causa della modesta elevazione dell'area (su cui incide anche la subsidenza) e dalla forte opera di drenaggio delle idrovore costrette ad abbassare la tavola d'acqua. Il secondo processo, ovvero la risalita di acque salmastre dalla base dell'acquifero, avviene sempre ad opera delle idrovore, in quanto, riducendo il carico idraulico favoriscono la risalita di acque profonde con salinità, molto spesso, superiori all'acqua di mare. Gli impianti di sollevamento idraulico, essendo localizzati lontano dalla costa, generano un cono di depressione avente la massima profondità ad ovest delle Pinete storiche. In questo modo si genera una cella di flusso molto ampia che richiama acqua direttamente dal mare.



La salinizzazione è aumentata notevolmente negli ultimi decenni e sta minacciando i terreni agricoli e gli ecosistemi naturali della zona costiera ravennate, come pinete, dune costiere e lagune. Le dune, che in passato proteggevano il territorio dal mare, sia come barriere naturali, sia perché garantivano, con la ricarica superficiale di acqua piovana, un innalzamento della falda freatica, sono via via scomparse per lasciar spazio all'urbanizzazione delle aree costiere.

4.1 Monitoraggio dell'intrusione salina nelle Aree Costiere di Ravenna

Il progetto per il monitoraggio dell'ingressione del cuneo salino nell'acquifero freatico sabbioso che si estende lungo tutta la costa emiliano-romagnola è iniziato nel 2009 da parte della Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli ed è tutt'oggi attivo.

L'implementazione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee ha previsto la messa in opera di oltre trenta piezometri ed in ciascun punto di controllo è rilevato il livello della falda freatica e, a partire da questo, per ogni metro di profondità, misurata la conducibilità elettrica specifica e la temperatura. Il confronto tra l'andamento di questi due parametri nelle diverse campagne di misura permette di verificare l'eventuale stato di avanzamento dell'ingressione dell'acqua salata nella falda più superficiale.

In particolare, il parametro fisico monitorato per verificare la salinità dell'acqua è il suo valore di conducibilità elettrica, poiché all'aumentare dei sali disciolti aumenta proporzionalmente il passaggio della corrente elettrica: più alto è il valore di conducibilità, più consistente sarà la quantità dei sali minerali disciolti nell'acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 6 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

Nella zona di Ravenna Punta Marina è presente il **piezometro P19**, installato nel 2009 e posizionato a circa 1,8 km a sud rispetto all'area dell'attraversamento della Pineta costiera da parte dell'opera in progetto, come riportato nella figura 3.A.

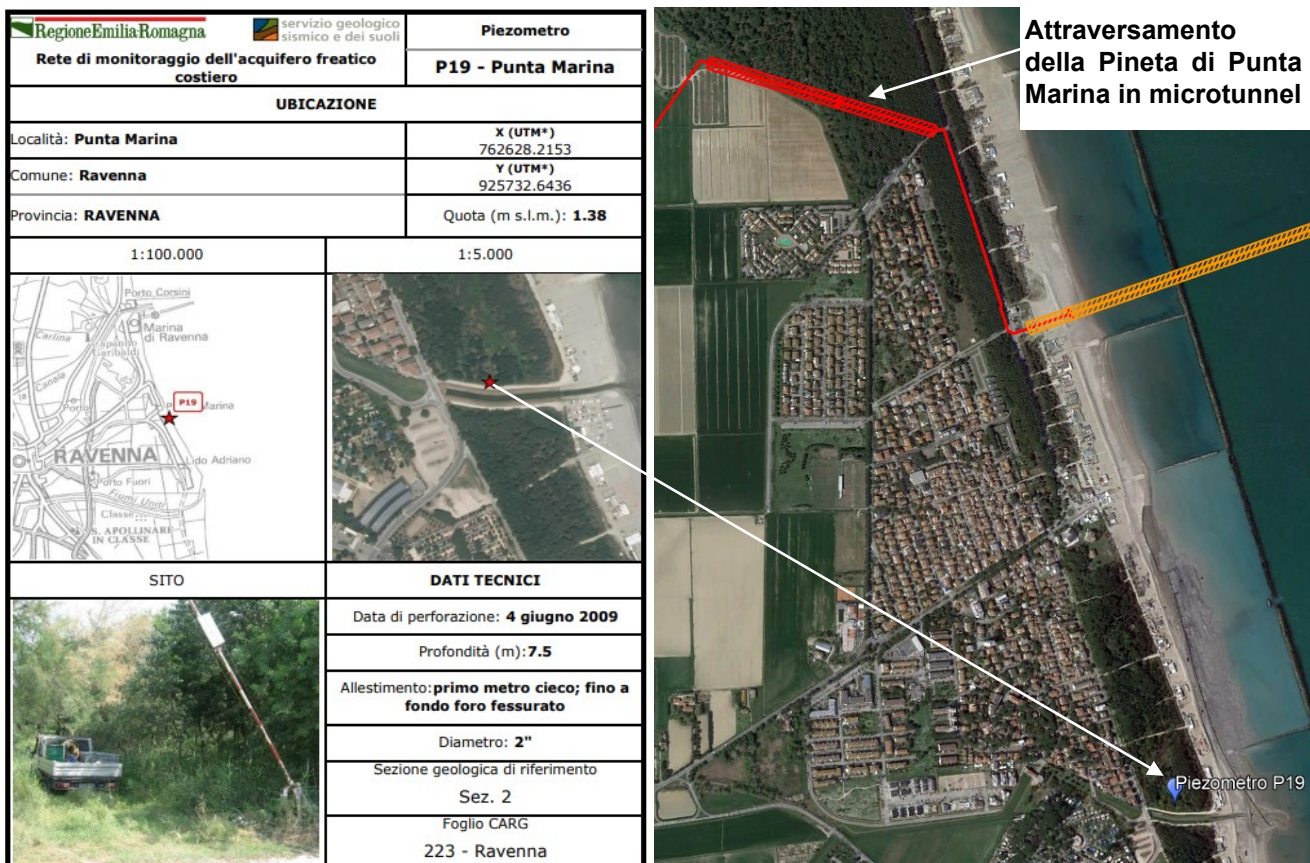




Fig. 3.A – Scheda del piezometro P19 e ubicazione rispetto al tracciato dell'opera

Nella figura 3.B, invece, si riporta l'andamento della falda in seguito alle misurazioni avvenute all'interno del piezometro (Fig. 3.B).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 7 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

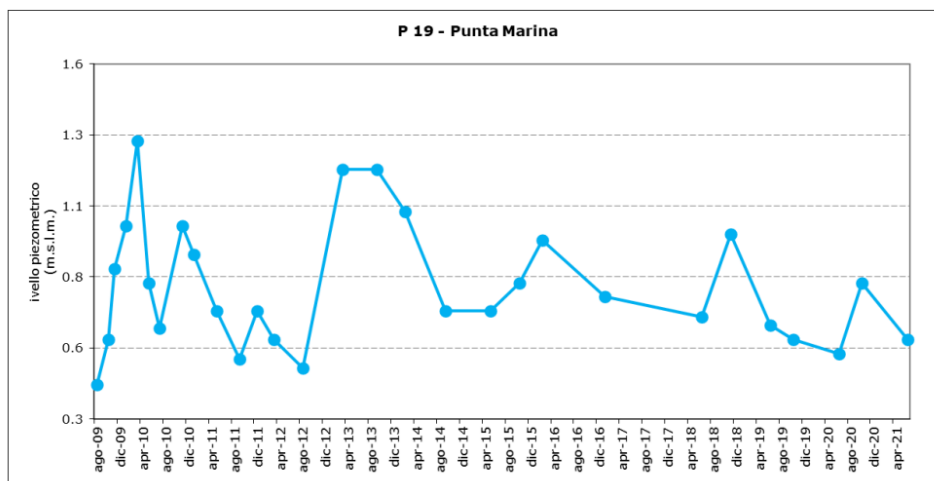


Fig. 3.B – Andamento altimetrico della falda relativa a misurazioni all'interno del piezometro P19

La serie storica di osservazioni del piezometro, estesa dal 2009 al 2013, evidenzia un livello di falda molto superficiale, praticamente a quota di piano campagna, con un'escursione stagionale di circa 0,5-0,7 metri (Fig. 3.B) e con un'evidente ricarica durante la stagione autunnale dovuta agli apporti meteorici.

Dalle analisi chimico-fisiche, emerge che la conducibilità elettrica (CE) è variabile, attestandosi in un range compreso tra 10 mS/cm e 50 mS/cm. È evidente come i valori presenti siano un chiaro indicatore della presenza di acqua marina all'interno della falda superficiale (*).

Come rappresentato in fig. 3.C e nella sezione in fig. 3.D, in corrispondenza del piezometro analizzato, valori elevati di salinità sono presenti sin dal piano campagna, aumentando con la profondità del campione.

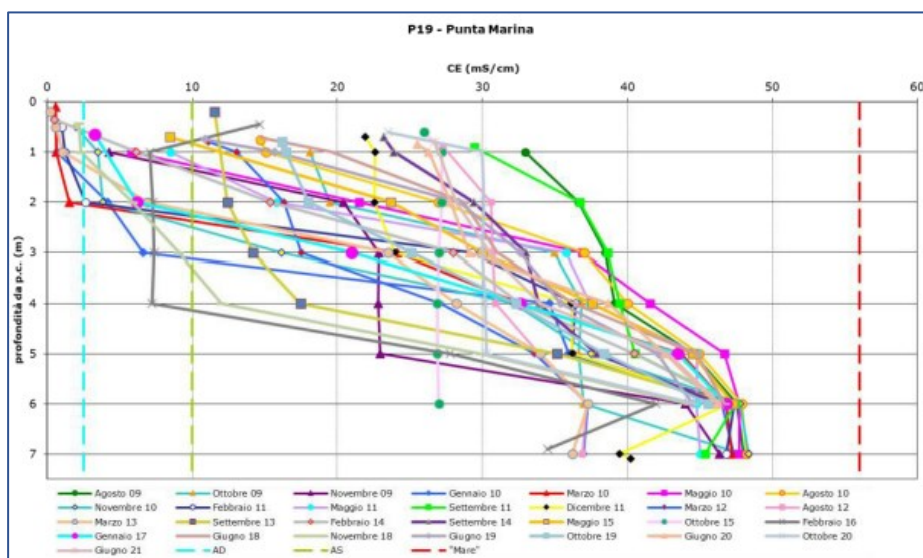



Fig. 3.C – Valori misurati di CE in base alla quota, nelle diverse campagne effettuate dal 2009 al 2021

(*) la CE dell'acqua di mare con salinità di 35 PSU e $T=25^{\circ}\text{C}$ è pari a 53 mS/cm; il decreto D. Lgs. 31/2001 regola la normativa ed indica che il valore di conducibilità elettrica per l'acqua potabile non deve superare i 2,5 mS/cm a 20°C .

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 8 di 16	Rev. 0

Rif. FTM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

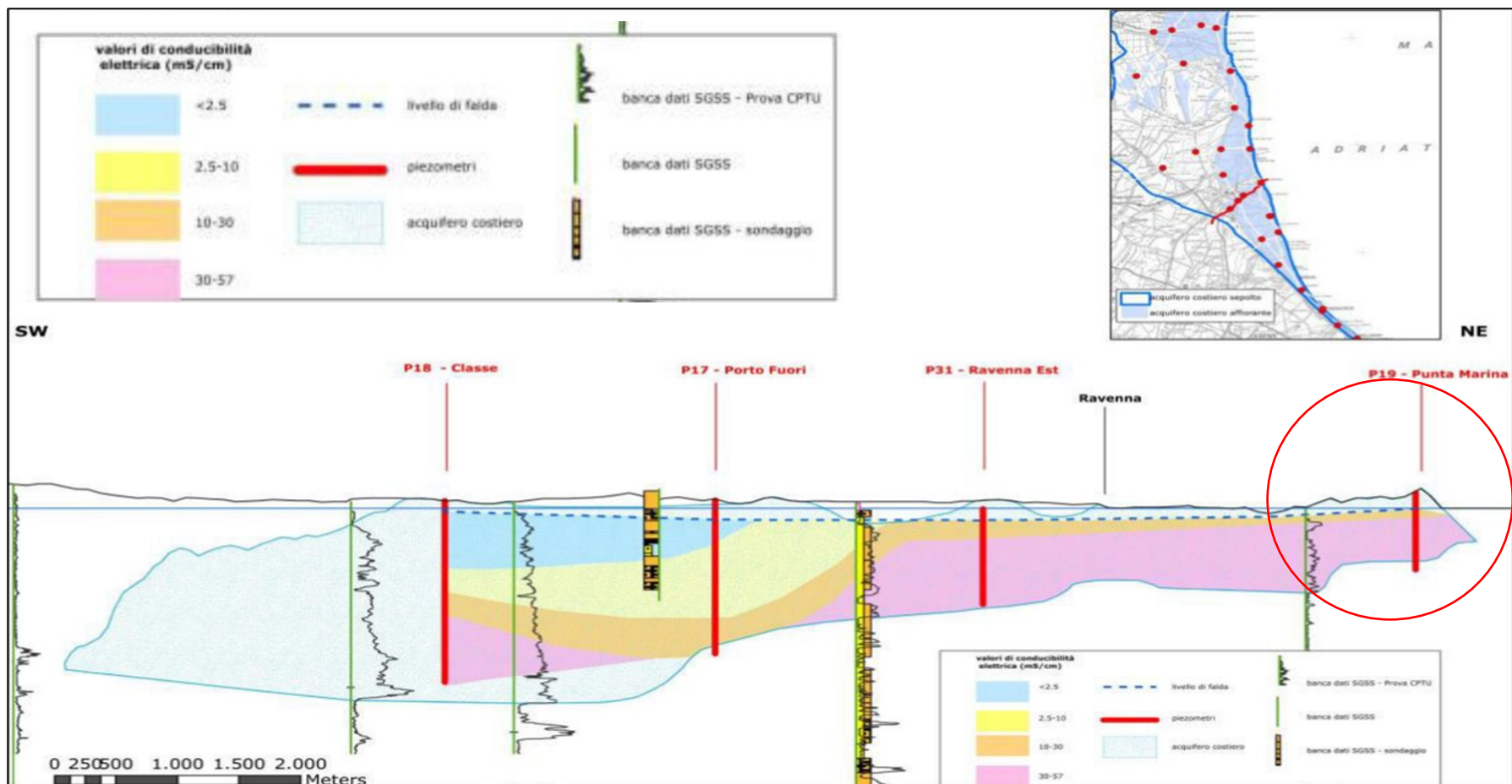




Fig. 3.D – Sezione identificativa dell'ingressione del cuneo salino verso l'interno (direzione NE-SW partendo dal PZ19)

File dati: REL-COMP-E-35071_r0

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 9 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

5 ATTRAVERSAMENTO DELLA PINETA CON TECNOLOGIA TRENCHLESS (MICROTUNNEL)

5.1 Metodologia di attraversamento

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, coadiuvata dall'utilizzo di fanghi bentonitici, è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella posizione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel.

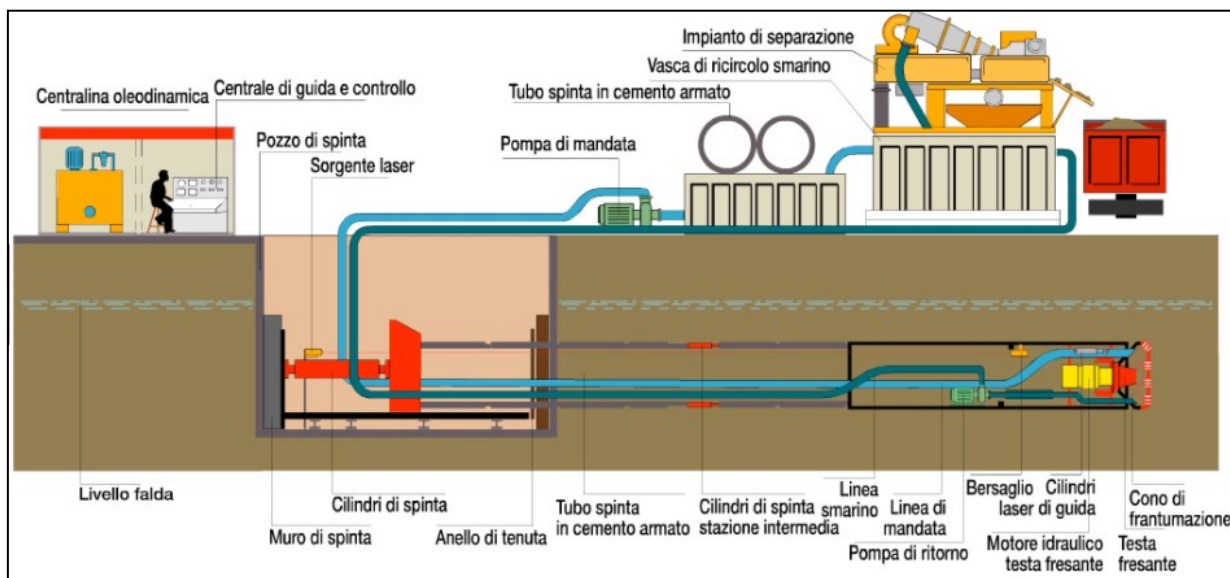




Fig. 4.1.A – Schema di perforazione

I martinetti sono montati su di un telaio meccanico che viene posizionato contro un muro in calcestruzzo armato costruito all'uopo all'interno del pozzo di spinta (Fig. 4.1.B).

Le fasi operative per l'esecuzione di un microtunnel sono essenzialmente tre:

- Realizzazione e predisposizione delle postazioni: alle due estremità del microtunnel sono realizzate due postazioni, l'una di spinta o di partenza, l'altra di arrivo o di ricevimento. Entrambi saranno realizzate con pali trivellati di tipo secante rivestiti con bentonite al fine di minimizzare le interazioni con la falda freatica durante le operazioni di perforazione,
- Scavo del microtunnel: l'avanzamento della testa fresante è reso possibile tramite l'aggiunta progressiva di nuovi elementi tubolari in c.a. alla catenaria di spinta. Lo scavo è guidato da un sistema laser che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali errori di traiettoria.
- Posa della condotta: questa fase prevede l'inserimento del tubo di linea nel microtunnel. Il varo della condotta potrà essere eseguito tirando o spingendo la tubazione.

L'ultima operazione riguarda il ripristino delle aree di lavoro allo stato originale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 10 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071



Nel cantiere adibito per l'installazione del microtunnel trovano collocazione le attrezzature di perforazione costituite da:

- Macchina perforatrice a testa scudata a controllo remoto. La macchina sarà dotata di testa ispezionabile in modo da provvedere al cambio di utensili e alla disaggregazione di eventuali ostacoli imprevisti (tornanti, strati di conglomerato, manufatti, ecc.).
- Sistema di controllo laser della direzione in continuo, con sistema idoneo per la realizzazione dei tratti curvilinei.
- Sistema di smarino idraulico del terreno scavato.
- Stazione di spinta/arrivo (Fig. 4.1.B)
- Sistema di disidratazione costituito in generale da un elemento dissabbiatore seguito da un ulteriore elemento che in base alla curva granulometrica dei terreni, dei volumi complessivi di fanghi prodotti e della disponibilità delle aree, consente di perfezionare la disidratazione del fango alimentato. In genere, si tratta di uno dei seguenti elementi: bacini di sedimentazione, centrifughe, filtropresse (Fig. 4.1.C)
- Impianto di riciclaggio per il filtraggio e la dissabbiatura dei fanghi operativo per tutto il tempo della perforazione.
- Aree dedicate allo stoccaggio dei materiali (tubazioni, conci in c.a. – Fig. 4.1.D)

L'esatta organizzazione interna del cantiere sarà predisposta in fase di progetto di dettaglio dei microtunnel.



Fig. 4.1.B – Postazione di spinta

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 11 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071



Fig. 4.1.C– Sistema di disidratazione





Fig. 4.1.D – Stoccaggio conci in c.a.

Nella fattispecie per la realizzazione del microtunnel della pineta di Punta Marina, il sistema di smarino idraulico avverrà mediante tecnologia a fronte/scudo chiuso (“slurry shield”). Il sistema prevede un circuito chiuso del fluido di perforazione che attraversa un impianto di separazione necessario al recupero del fluido bentonico ed all’aspirazione e/o allontanamento del materiale scavato.

L’impianto fuori terra nel quale viene preparato il fluido di perforazione, generalmente a base d’acqua con bentonite ed eventuali additivi, è composto da un contenitore/miscelatore della bentonite, una riserva d’acqua ed un compressore. La formulazione del fluido di perforazione dipende da una serie di parametri tra i quali: la natura del terreno intercettato durante lo scavo, la lunghezza e la profondità del microtunnel.

L’impianto di trattamento del fango proveniente dalla camera di scavo, invece, è costituito da un separatore di sabbia, una vasca di decantazione fanghi, una centrifuga ed un compressore. Il detrito umido uscente dall’unità di separazione viene successivamente smaltito.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 12 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

Nella figura sottostante si riportano le principali apparecchiature necessarie per l'esecuzione di un microtunnel a smarino idraulico.

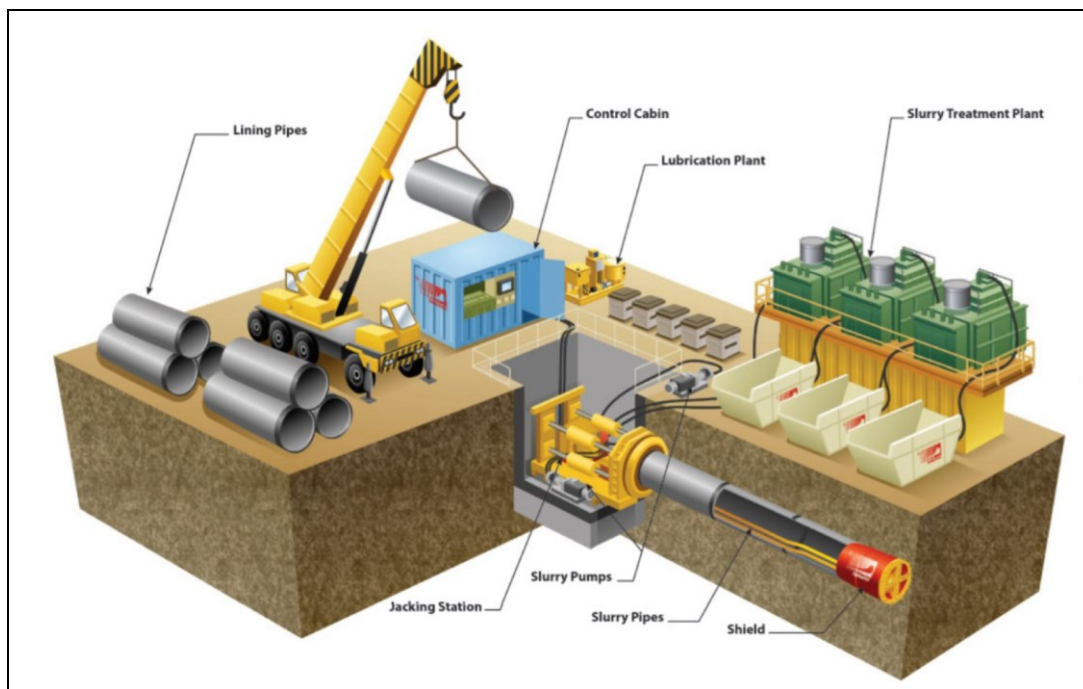




Fig. 4.1.E – Schema di un sistema da microtunnelling a smarino idraulico

L'avanzamento dello scudo avviene per spinta mediante un gruppo idraulico installato nel pozzo di partenza; la coppia, invece, viene generata da motori elettrici o idraulici posti a tergo dell'unità di perforazione al fondo foro. Gli scudi sono articolati per permettere correzioni direzionali che possono risultare necessari a seguito del controllo attivo della traiettoria fatta tramite sistemi di guida ottica.

L'utilizzo di scudi di tipo "slurry" è fortemente consigliato negli scavi in sabbia e ciottoli a fine e media pezzatura.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 13 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

5.2 Potenziali interferenze con il cuneo salino

Dai dati bibliografici e in particolar modo dall'interpretazione dei dati di monitoraggio dell'ingressione del cuneo salino dei piezometri installati sulla costa Romagnola, emerge il fatto che la perforazione, per il passaggio in sotterraneo della condotta, intercetta, per quasi tutta la sua estensione, la falda freatica.

Infatti, dai rilevamenti piezometrici eseguiti nell'ambito del progetto di monitoraggio, la falda risulta sub-affiorante e dai dati della conducibilità elettrica si evince che si tratta essenzialmente della falda salina.


Secondo quanto raffigurato nelle sezioni allegate ai risultati del monitoraggio, il cuneo salino risulta sub-affiorante sulla costa e si assottiglia man mano che si procede verso l'entroterra.

In particolare, in prossimità della costa, il livello superiore del cuneo coincide con il livello della falda. Considerando che i punti d'ingresso e di uscita della trivellazione distano dalla costa rispettivamente 180 e 480 metri, l'intera trivellazione interesserà il cuneo salino, in quanto l'eventuale lamina di acqua dolce risulta trascurabile o molto esigua.

Si possono quindi escludere travasi tra le due falde (salina e dolce), inoltre, le tecniche di perforazione che si utilizzeranno, non andranno a creare un disequilibrio idrogeologico tale da favorire un eventuale innalzamento o avanzamento del cuneo salino, in quanto, come indicato precedentemente, il metodo di perforazione prevede il sistema di smarino idraulico mediante tecnologia a fronte/scudo chiuso ("slurry shield"), ossia a circuito chiuso del fluido di perforazione, in cui il fluido di perforazione, a pressione prestabilita, viene pompato direttamente nella camera di scavo riempiendola completamente.

La pressione di mandata del fluido è fondamentale poiché determina la contropressione che viene volutamente creata dietro lo scudo e che ha la funzione di bilanciare sia eventuali spinte del terreno e sia il battente idraulico della falda. Il fluido di perforazione forma un sottile pannello ("filter cake") che garantisce una protezione nei confronti di eventuali intrusioni d'acqua. Infatti, il "filter cake" assicura l'impermeabilità e la stabilità del terreno circostante, soprattutto, come nel caso specifico, in terreni granulari sottofalda.

Nella figura sottostante (fig. 4.2.A) si riporta lo schema di un microtunnel a smarino idraulico a scudo chiuso ("slurry shield").

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 14 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

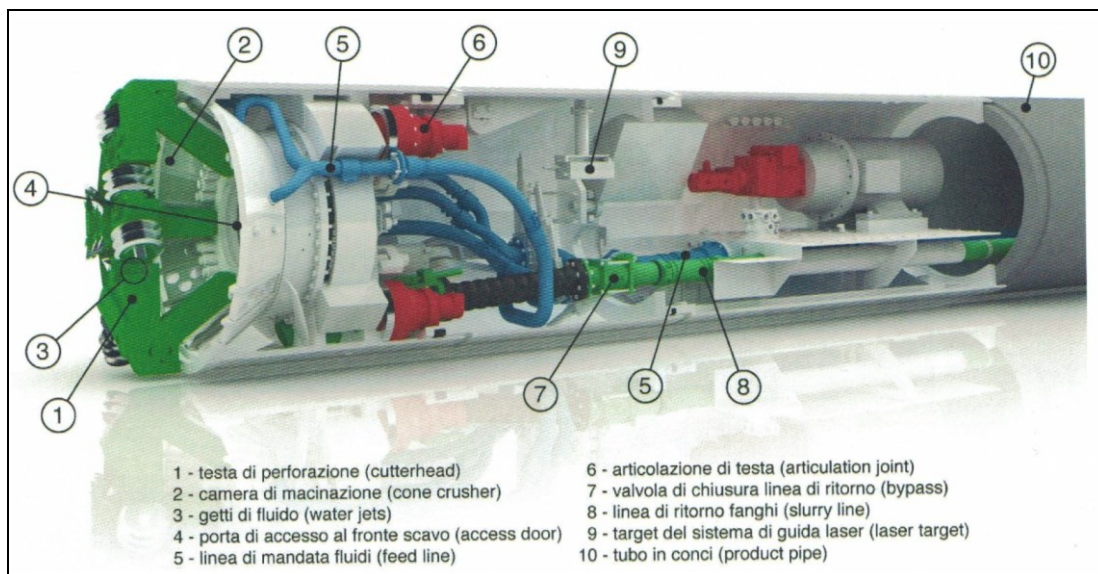


Fig. 4.2.A – Schema di un microtunnel a smarino idraulico a scudo chiuso (“slurry shield”)

Un tipo di “slurry shield”, noto come “mixshield”, dotato di una doppia camera per generare la contropressione al fronte, riesce a minimizzare il fluire della pressione al fronte e quindi controllare con maggior precisione la pressione del fango.

Nella figura sottostante (fig. 4.2.B) si riporta lo schema di un microtunnel a smarino idraulico a scudo chiuso del tipo “mixshield”.

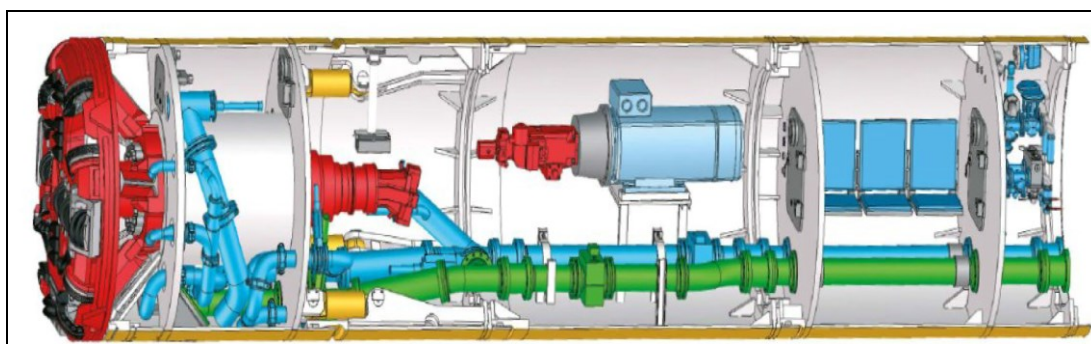




Fig. 4.2.B – Schema di un microtunnel a smarino idraulico a scudo chiuso del tipo “mixshield”

Entrambi i sistemi, comunque, prevedono un circuito chiuso del fluido di perforazione che attraversa un impianto di separazione necessario al recupero del fluido bentonico e all’aspirazione/allontanamento del materiale abbattuto, il quale verrà successivamente mandato verso l’impianto di convogliamento fluidi ubicato fuori terra. Questa tecnologia evita totalmente l’interferenza dei fluidi di perforazione con il cuneo salino durante l’esecuzione della perforazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 15 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

Ad opera completata, **il microtunnel risulterà completamente immerso nel terreno circostante e la circolazione idrica ritornerà in equilibrio** e il solo effetto che si potrà verificare è una leggera deviazione delle linee di flusso in corrispondenza della tubazione che riprenderanno il loro normale andamento immediatamente a valle della stessa.

5.3 Proposta di monitoraggio cuneo salino

Relativamente all'area interessata dal microtunnel in progetto, al fine di monitorare le condizioni della falda e la salinità dell'acquifero prima, durante e dopo la trivellazione, si propone un piano di monitoraggio localizzato nell'area.

Il piano di monitoraggio prevederà:

- l'installazione di un piezometro in prossimità dell'asse della perforazione, nell'area della postazione di spinta;
- la misura ed il controllo del livello di falda;
- il controllo analitico della distribuzione della concentrazione salina nell'acqua di falda.

In questo modo, incrociando le letture piezometriche con i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni d'acqua prelevati dal piezometro, sarà possibile monitorare l'acquifero, controllare l'intrusione salina e garantire l'equilibrio del sistema idrico.



Relativamente alla cadenza del prelievo si propone di eseguire almeno tre letture ante operam nei tre mesi precedenti l'inizio dei lavori del microtunnel, misure ogni 15 giorni durante l'esecuzione del microtunnel e tre misure nei tre mesi successivi al termine dei lavori.

6 CONCLUSIONI

Nel presente studio è stata analizzata l'interferenza del microtunnel in progetto per l'attraversamento della Pineta di Punta Marina, con le condizioni idrogeologiche caratterizzanti l'area. L'analisi delle sezioni allegate al monitoraggio del cuneo salino effettuato dalla Regione Emilia Romagna, denota, negli strati di terreno attraversati dal microtunnel, la presenza del cuneo salino coincidente, in questa zona, con il tetto della falda stessa (la lamina di acqua dolce ha infatti uno spessore molto ridotto o assente). Si possono quindi escludere travasi tra le due falde (salina e dolce) nella zona interferita.

Durante le operazioni di perforazione, l'utilizzo del sistema di smarino idraulico, mediante tecnologia a fronte/scudo chiuso ("slurry shield"), elimina qualsiasi interazione con la falda eventualmente presente tramite l'impermeabilizzazione del foro. La suddetta tecnologia prevede un circuito chiuso del fluido di perforazione che attraversa un impianto di separazione necessario al recupero del fluido bentonico ed all'aspirazione e/o allontanamento del materiale scavato, senza possibilità di sversamento ed interazione con la falda. Il fluido di perforazione forma un sottile pannello ("filter cake") che garantisce una protezione nei confronti di eventuali infiltrazioni d'acqua.

Sarà previsto un piano di monitoraggio tramite la messa in opera di n. 1 piezometro in prossimità della buca di spinta della perforazione, nel quale verranno misurati sia i livelli

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-COMP-E-35071	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 16 di 16	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5071

piezometrici, sia la conducibilità elettrica, che la temperatura prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera.

Occorre inoltre sottolineare il fatto che, in base alle informazioni derivanti dalla bibliografia e da esperienze di esecuzione di microtunnel in terreni granulari saturi, è emerso che, in casi analoghi a quello analizzato dal presente studio (sia dal punto di vista idrogeologico che di tecnologie utilizzate), non si sono mai verificati disequilibri idrogeologici che hanno perturbato l'equilibrio esistente delle falde.