

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 1 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

**ISTANZA PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE ALLA COSTRUZIONE E  
ALL'ESERCIZIO DELL'OPERA FSRU ALTO TIRRENO E  
COLLEGAMENTO  
ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI**

**RELAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

0	Emissione	Mencucci	Tamburini	Stefani	Mar. 2024
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 2 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	SOLUZIONE PROPOSTA .....	3
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
2.1	IMPIANTI DI LINEA .....	7
2.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL TRACCIATO DI PROGETTO .....	9
2.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
<b>3</b>	<b>RICHIESTA DI INTEGRAZIONE PERVENUTA AL PROPONENTE+ .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE .....</b>	<b>13</b>
4.1	SONDAGGI .....	13
4.1.1	<i>Prelievo di campioni indisturbati/disturbati .....</i>	<i>16</i>
4.1.2	<i>Prove geotecniche di laboratorio .....</i>	<i>22</i>
4.1.2	<i>Prove CPTU .....</i>	<i>32</i>
4.2	INDAGINI INDIRETTE: PROSPEZIONI GEOFISICHE .....	33
4.2.1	<i>Sismica a rifrazione .....</i>	<i>33</i>
4.2.2	<i>Geoelettrica .....</i>	<i>33</i>
4.2.3	<i>Indagini MASW .....</i>	<i>35</i>
<b>5</b>	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>37</b>
	ALLEGATO I: SONDAGGI, STRATIGRAFIE E FOTO DELLE CASSETTE .....	37
	ALLEGATO II: CERTIFICATI DI ANALISI DELLE PROVE DI LABORATORIO .....	37
	ALLEGATO III: REPORT DELLE PROVE CPTU .....	37
	ALLEGATO IV: REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE .....	37
	PG-TPSO-D-11219_ : PLANIMETRIA TRACCIATO DI PROGETTO ALLACCIAMENTO FSRU ALTO TIRRENO (TRATTO A TERRA), DN 650 (26"), DP 100 B A R .....	37
	PG-TPSO-D-11419_ : COLLEGAMENTO DALL'IMPIANTO PDE ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI, DN 750 (30"), DP 75 BAR .....	37

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 3 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa

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

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

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

### 1.2 Soluzione proposta

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

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

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

Il documento tiene conto anche delle ultime varianti di tracciato apportate per accogliere le richieste provenienti dal territorio nonché del riposizionamento dell'impianto PDE. In particolare, anche in questo caso, il Proponente ha raccolto le richieste del territorio ed ha previsto lo spostamento dell'impianto PDE dalla ubicazione prevista in località Gagliardi (Rif. documentazione progettuale sottomessa dal Proponente al Commissario straordinario del 24/06/2023) alla nuova posizione posta circa 300 m più a nord sempre in Comune di Quiliano. Come illustrato nella Relazione Tecnica (Rif. Doc NQ-R23350-REL-FTE-E-11000), la nuova posizione del PDE è stata accompagnata anche dalla drastica riduzione della superficie impiantistica (circa 47%), avendo

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 4 di 41
				Rev. <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

eliminato la parte di impianto dedicata alla correzione dell'Indice di Wobbe (IW) nonché da una nuova filosofia di trasporto che prevede una unica condotta DN 750(30") tra l'impianto PDE e l'impianto trappole di Cairo Montenotte (loc. Chinelli) in luogo di due bretelle DN 500 (20") e DN 650 (26") previste inizialmente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 5 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

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

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

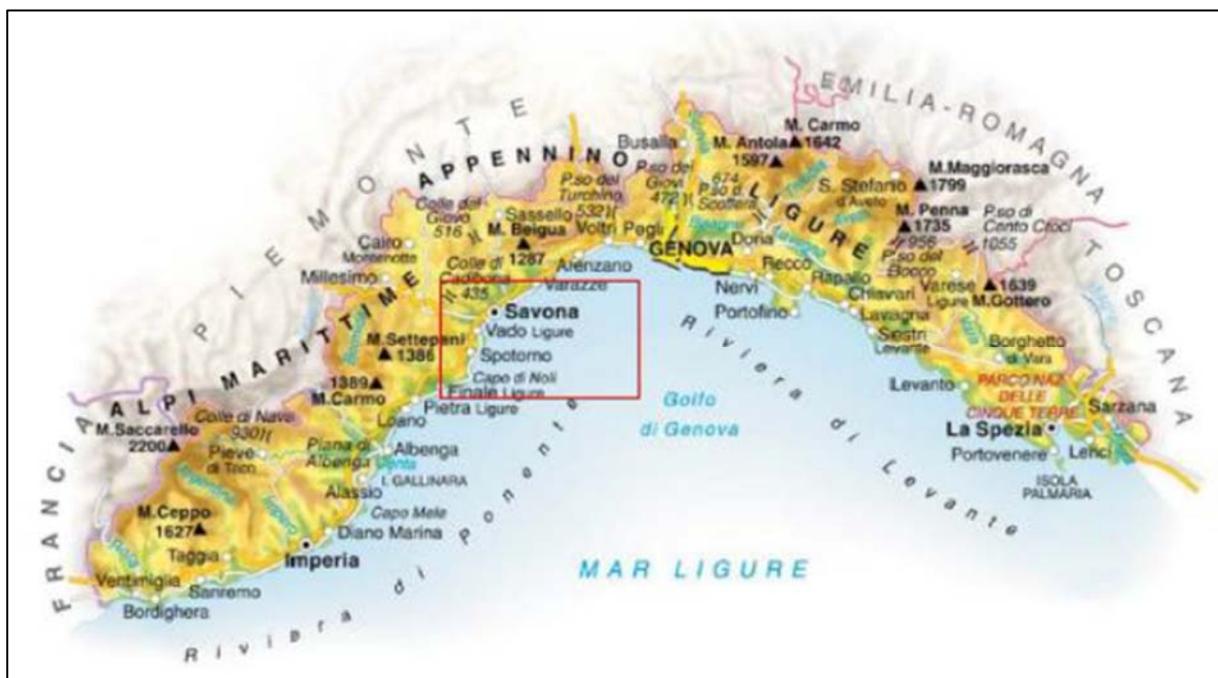


Fig. 2/A Localizzazione del progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Il Progetto FSRU Alto Tirreno include le seguenti opere:

### Terminale FSRU

- FSRU Golar Tundra (*Floating Storage and Regasification Unit*) con dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) x 43,4 m (larghezza);

E le seguenti Opere Connesse costituite dal metanodotto di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include:

- tratto di condotta sottomarina (sealine) e relativo cavo telecomando DN 650 (26”) DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 4,2 km;
- tratti di metanodotto a terra di collegamento tra l’approdo costiero e l’impianto PDE (loc. Casina) in comune di Quiliano e relativo cavo telecomando, denominati:
  - Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar di lunghezza pari a circa 2,695 km;
  - Impianto PDE loc. Casina in comune di Quiliano contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 6 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra);

- Il collegamento (con sostituzione di una parte dell'attuale condotta DN 300) tra il PDE in comune di Quiliano e la nuova Area Trappole, interconnessione e regolazione in loc. Chinelli con relativo cavo telecomando, denominato Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar di lunghezza pari a circa 23,800 km che a sua volta include:
  - n. 1 Punto di Intercettazione Linea (PIL) e n. 4 Punti di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;
  - n. 1 Punto di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) con interconnessione con il metanodotto "Cairo Montenotte -Savona DN 300 (12") e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar;
  - n. 1 impianto ex-novo dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto "Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar" sia la trappola di partenza a monte del collegamento con il metanodotto "Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12"); è altresì prevista anche la interconnessione di entrambi con il metanodotto Ponti-Cosseria DN 750 (30") e regolazione della pressione da 75 bar a 64.

I tratti di condotta a terra in progetto riguardano le seguenti opere:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Terra) DN 650 (26"), DP 100 bar della lunghezza di circa 2,695km con i relativi punti di linea ad esso connessi (n. 2 PIL) e un impianto PDE di lancio-ricevimento pig e regolazione DP100-75 bar, in località Casina (comune di Quiliano-SV);
- impianto PDE contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar, e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra);
- Collegamento dall'Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar della lunghezza di circa 23,800 km con i relativi punti di linea (n. 1 PIL e n. 5 PIDI) e un impianto di lancio-ricevimento pig, interconnessione e regolazione DP 75-64 bar ubicato in località "Chinelli" (comune di Cairo Montenotte-SV).

Dalla linea in progetto sono previsti i collegamenti agli allacciamenti esistenti di seguito elencati:

- Ricollegamento ad Allacciamento Bormioli DN 100 (4"),
- Rifacimento Allacciamento 2i Rete Gas DN 100 (4"),
- Ricollegamento ad Impianto di regolazione di Carcare (SV) DN 500 (20"),
- Ricollegamento DN 100 (4") per Allacciamento IREN Ambiente e Ferrania,
- Ricollegamento DN 200 (8") per Allacciamento Cartiere Carrara e Zincol Ossidi,
- Ricollegamento a cabina di riduzione di Bragno DN 100 (4"),
- Nuovo Allacciamento Liguria Gas DN 100 (4"),

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 7 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

- Nuovo stacco per Comune di Cairo Montenotte DN 100 (4”);

Inoltre, è prevista la dismissione dei seguenti tratti:

- Met. Alessandria-Cairo Montenotte e Met. Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12”) esistenti, che verranno sostituiti in parte, con il DN 750, dall’impianto PIDI 1 di interconnessione e regolazione fino all’area impiantistica di Chinelli per una lunghezza totale di circa 22,430 km.

Per il tratto di Collegamento dall’Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar lo studio ha portato a mantenere, per una buona parte del tracciato, la direttrice dei Met. Alessandria-Cairo Montenotte e Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12”) esistenti per poi giungere all’impianto Area trappole, interconnessione e regolazione in località “Chinelli”.

Di seguito si riporta una descrizione di maggior dettaglio dei tracciati delle principali linee in progetto:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Terra), DN 650 (26”), DP 100 bar (L= 2.695 m ca);
- Collegamento dall’Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar (L= 23.800 m ca).

## 2.1 Impianti di Linea

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;
- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l’interconnessione con altre condotte, sia l’alimentazione di condotte derivate dalla linea principale.

I Punti di Intercettazione di Linea (PIL) in progetto sono 3 ricadenti nei Comuni di Quiliano (PIL n. 1 e PIL n. 2 del tratto DN 650) e Cairo Montenotte (PIL n. 3 del tratto DN 750).

I Punti di intercettazione di derivazione importante (PIDI) in progetto sono 5 ricadenti nei Comuni di Quiliano (PIDI n. 1), Carcare (PIDI n. 2) e Cairo Montenotte (PIDI n. 4, PIDI n. 5 e PIDI n. 6).

Sono poi in progetto i seguenti impianti:

- impianto PDE in comune di Quiliano (loc. Casina);
- impianto di interconnessione e regolazione in località “Chinelli”.

L’Impianto PDE di Quiliano, di nuova realizzazione, sarà ubicato nel comune di Quiliano in Loc. Casina, dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Allacciamento FRSU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar”, sia la trappola di partenza del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar”; all’interno di tale area sono previste le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar.

L’Impianto di interconnessione e regolazione in località “Chinelli” sarà realizzato ex-novo, nel comune di Cairo Montenotte in Loc. Chinelli, dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 8 di 41	Rev. <b>0</b>	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

bar”, sia la trappola di partenza a monte del collegamento con il Met. “Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12”). È prevista anche l’interconnessione di entrambi con il Met. Ponti-Cosseria DN 750 (30”) e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar.

La collocazione di tutti gli impianti è prevista, per quanto possibile, in vicinanza a strade esistenti dalle quali verrà derivato un breve accesso carrabile. Nei casi in cui non è possibile utilizzare questo criterio, si cercherà comunque di utilizzare l’esistente rete di viabilità minore, realizzando, ove necessario, opere di adeguamento di tali infrastrutture, consistenti principalmente nella ripulitura e nel miglioramento del sedime carrabile, attraverso il ricarico con materiale inerte, e nella sistemazione delle canalette di regimazione delle acque meteoriche.

Tutti i punti di linea sopra descritti sono recintati con pannelli in grigliato di ferro zincato e fissati, tramite piantana in acciaio, su cordolo di calcestruzzo armato.

L’ubicazione degli impianti di linea è indicata nelle planimetrie "Tracciato di progetto" dei vari tratti (vedi doc. PG-TP-D-11200 e PG-TP-D-11400).

Per la descrizione di dettaglio delle varie fasi progettuali previste per l’opera in esame si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale (vedi Doc. REL-AMB-E-00001\_Studio Impatto Ambientale – Sezione II – Cap. 1).

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 9 di 41	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 2.2 Inquadramento territoriale del tracciato di progetto

Il territorio interessato dai tracciati dello studio in oggetto ricade nei comuni di Vado Ligure, Quiliano, Altare, Carcare e Cairo Montenotte.

La figura seguente illustra l'inquadramento territoriale del tracciato di progetto (Fig. 2/B).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 10 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093



Fig. 2/A - Linee principali in progetto: tracciati a terra

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 11 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

### 2.3 Documenti di Riferimento

REL-CGB-E-11005_	Relazione geologica
REL-SIS-E-11004_	Relazione sismica
REL- CI-E-11090_	Relazione idrogeologica con schede monografiche delle derivazioni
PG-TPSO-D-11219_	Planimetria tracciato di progetto con Indagini geognostiche
PG-TPSO-D-11419_	Planimetria tracciato di progetto con Indagini geognostiche

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 12 di 41		Rev. <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

### 3 RICHIESTA DI INTEGRAZIONE PERVENUTA AL PROPONENTE+

Nella relazione tecnica di sintesi elaborata da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) in merito al progetto denominato “FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti”, si precisa come “...l'inquadramento geologico-strutturale è riferito alla scala del Bacino Ligure, le formazioni attraversate sono descritte in relazione a cartografie geologiche a piccola scala in cui sono riconosciute, principalmente, le Formazioni che caratterizzano il substrato. Per contro, le condotte verranno allocate in trincea alla profondità di circa 1,5-2,0 metri, pertanto è logico attendersi che interesseranno, in molti casi, depositi di copertura e coltri di alterazione delle unità litoidi, che andranno caratterizzate con indagini in sito. La caratterizzazione geotecnica dei litotipi è riferita a dati di letteratura e la valutazione dei valori di accelerazioni sismiche attesi lungo il tracciato è basata su un approccio semplificato. Risulta opportuno, nei tratti dove si ravvisano condizioni di maggiore vulnerabilità delle strutture e maggiore ricorrenza di potenziali effetti di sito e conseguenti amplificazioni, procedere con una caratterizzazione delle stratigrafie dei depositi e delle velocità sismiche con specifiche indagini in sito.”

La redazione del documento in oggetto rappresenta di conseguenza la sintesi delle indagini geognostiche dirette ed indirette realizzate nelle aree interessate dal tracciato di progetto.

Sulla base, infatti, del quadro preliminare delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dal progetto della nuova condotta è stato individuato un insieme di siti nei quali si è ritenuto utile approfondire l'indagine tramite apposite campagne geognostiche, geofisiche e geomeccaniche (PG-TPSO-D-11219\_, PG-TPSO-D-11419\_).

I capitoli ed i paragrafi successivi illustrano tali contenuti.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 13 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

### 4.1 Sondaggi

Le indagini geognostiche dirette sono state eseguite:

- in corrispondenza degli attraversamenti dei maggiori corsi d'acqua per definire lo spessore e le caratteristiche dello strato di alluvioni;
- in corrispondenza delle opere trenchless per definire in particolare la stratigrafia lungo gli imbocchi nell'ambito della sezione di progetto;
- in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante o in aree censite nei Piani di Assetto Idrogeologico allo scopo di ottimizzare il tracciato e di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti;
- in corrispondenza delle opere di sostegno e/o di prevenzione in c.a. talvolta realizzate con fondazioni profonde (palificate) che sono state previste al termine della prima fase di verifica di fattibilità del progetto nelle situazioni di maggiore criticità geomorfologica quali i tratti di versante di dubbia stabilità a lungo termine o i tratti in cui il tracciato percorre creste molto strette e sia quindi necessario ricavare gli spazi minimi per consentire la realizzazione della pista di lavoro e/o sia necessario stabilizzare a lungo termine una fascia di sicurezza attorno alla condotta situata in prossimità di fenomeni di erosione o di instabilità di versante potenzialmente regressivi.

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti mediante carotaggio continuo con diametro pari a 101 millimetri e con una profondità variabile da 10 metri a 35 metri dal piano campagna. Tale profondità è ritenuta significativa al fine di ricostruire il modello geologico e geotecnico dell'area investigata. Inoltre, lo studio delle stratigrafie ha consentito di tarare e definire al meglio l'interpretazione desunta dalle indagini indirette (prospezioni di sismica a rifrazione e geoelettrica).

Il tipo di attrezzatura per l'esecuzione dei sondaggi geognostici è risultato idoneo al raggiungimento delle postazioni e delle profondità prefissate. Qualora le condizioni morfologiche lo hanno richiesto, è stata utilizzata una sonda più piccola e versatile montata su cingoli. Le modalità di perforazione e il diametro dei fori (101 millimetri) sono risultati essere tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati. La perforazione ha consentito la massima percentuale di recupero delle carote in funzione del tipo di terreno. Le carote prelevate durante il corso della perforazione sono state conservate in apposite cassette catalogatrici sulle quali sono stati riportati in perfetta evidenza e in modo indelebile il numero di sondaggio e la profondità del rilievo. Per ogni singola cassetta, sono state fatte almeno una fotografia digitale del contenuto, in cui è visibile, oltre alle carote, l'indicazione del cantiere, il numero del sondaggio, la profondità dal piano di campagna. In terreni teneri la perforazione è stata eseguita con carotiere semplice, mentre in presenza di terreni consistenti, o in particolari condizioni, la perforazione è stata eseguita con carotiere con corona diamantata.

Nel caso in cui è stato necessario (es.: collassamento delle pareti dei fori di sondaggio) sono stati impiegati rivestimenti metallici il cui avanzamento ha seguito quello della perforazione. Il diametro dei rivestimenti è stato tale da permettere l'uso dei campionatori previsti e di quant'altro necessario per effettuare le prove in sito.

Per ogni sondaggio eseguito in terreni sciolti e/o coesivi è stato annotato:

- ubicazione e denominazione del cantiere;
- committente ed Impresa esecutrice;
- quota m.s.l.m. del piano campagna nel punto di perforazione;

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 14 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

- orientamento del sondaggio e inclinazione rispetto alla verticale;
- data di inizio e fine della perforazione;
- metodi di perforazione impiegati nei diversi tratti;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e diametro di perforazione del carotiere;
- eventuali metodi di stabilizzazione del foro adottati;
- tipo e diametro degli eventuali rivestimenti;
- profilo stratigrafico rilevato durante la perforazione con denominazione e rappresentazione simbolica della natura e consistenza dei terreni attraversati, con profondità dal piano di campagna e spessore dei diversi tipi litologici;
- profondità di prelievo dei campioni disturbati e/o indisturbati;
- presenza e profondità della falda, dove presente.

Il foro di sondaggio è stato riempito con idoneo materiale al termine della perforazione.

All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite Prove S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro e prelievo di campioni indisturbati ad ogni cambio litologico ritenuto significativo.

Sui campioni indisturbati e ritenuti rappresentativi sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio:

- caratterizzazione del campione (peso dell'unità di volume, contenuto naturale d'acqua, analisi granulometrica, limiti di liquidità e plasticità, soltanto sui campioni coesivi; densità relativa sui campioni incoerenti);
- prove meccaniche su terreni: prova di taglio diretto, eventuali prove edometriche e prove triassiali.
- su eventuali campioni di roccia sono stati eseguiti Point Load Test, compressione uniassiale e prova di taglio diretto.

Nella tabella seguente vengono dettagliati i sondaggi geognostici finalizzati alla ricostruzione stratigrafica e geomeccanica delle aree interessate.

Si precisa che le righe evidenziate in arancio evidenziano i sondaggi che non è stato possibile effettuare per diverse motivazioni legate sia alla difficoltà di accesso (VL-A-B14, VL-A-B18) sia al divieto di accesso al fondo da parte della proprietà (VL-A-B12, VL-A-B27, VL-A-B28, VL-A-B29).

**Tab. 4.1/A – Piano delle indagini dirette (sondaggi)**

N. Ordine	ID. Sondaggio	Profondità sondaggio	N° SPT e/o Camp. disturbato/in disturbato	SPT e/o Camp. disturbato/in disturbato (m)	Finalità	Posizione
1	VL-A-B01a	20	8	3-6-9-12-15-18	Pozzo di spinta MT Costiero	In Allegato
2	VL-A-B01	5	/	/	PIL 1 - MT Ferrovia (Via Tecnomaso)	
3	VL-A-B01b	15	/	/	PIL 1 - MT Ferrovia (Via Tecnomaso)	
4	VL-A-B02	15	4	3-6-9-12	MT Tangenziale - MT FS /Piazzale	
5	VL-A-B03	10	3	3-6-9	MT FS /Piazzale	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 15 di 41 Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

N. Ordine	ID. Sondaggio	Profondità sondaggio	N° SPT e/o Camp. disturbato/in disturbato	SPT e/o Camp. disturbato/in disturbato (m)	Finalità	Posizione
6	VL-A-B05	20	10	3-6-9-12-15-18	Impianto PDE (loc. Casina)	
7	VL-A-B06	20	11	3-6-9-12-15-18	Impianto PDE (loc. Casina)	
8	VL-A-B10a	20	6	3-6-9-12-15-18	Caratterizzazione parametri geotecnici ammassi rocciosi	
9	VL-A-B11	15	11	3-6-9-12-15	MT Throwers	
10	VL-A-B12	15	4	3-6-9-12	MT Throwers	
11	VL-A-B13	15	13	3-6-9-12-15	Scogliera T. Quazzola	
12	VL-A-B14	15	/	/	PIDI n. 1	
13	VL-A-B15	11.5	7	3-6-9	MT Swaami Gitananda	
14	VL-A-B16	15	7	3-6-9-12-15	MT Swaami Gitananda	
15	VL-A-B17	10	4	3-6-9	MT Swaami Gitananda	
16	VL-A-B18	10	/	/		
17	VL-A-B19	10	3	3-6-9	Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	
18	VL-A-B20	10	3	3-6-9	PIDI 2 - Prolungamento muro in CA (loc. Vispa)	
19	VL-A-B21	15	4	3-6-9-12	PIL 3	
20	VL-A-B22	15	4	3-6-9-12	PIDI 4 - MT Bragno	
21	VL-A-B23	15	4	3-6-9-12	MT Bragno	
22	VL-A-B24	10	3	3-6-9	MT Bragno – Opera di sostegno	
23	VL-A-B25	15	9	3-6-9-12-15	MT SP 29	
24	VL-A-B26	15	4	3-6-9-12	PIDI 6	
25	VL-A-B27	10	3	3-6-9	MT XXV Aprile	
26	VL-A-B28	10	3	3-6-9	MT XXV Aprile	
27	VL-A-B29	10	3	3-6-9	Scogliere F. Bormida	
28	VL-A-B29a	10	3	3-6-9	Scogliere F. Bormida	
29	VL-A-B30	10	3	3-6-9	Muro in ca	
30	VL-A-B31	15	4	3-6-9-12	Impianto finale Chinelli L/R	
31	VL-A-B32	15	4	3-6-9-12	Impianto finale Chinelli L/R	
32	VL-A-B33	15	4	3-6-9-12	Impianto finale Chinelli L/R	
33	VL-A-B34	15	4	3-6-9-12	Impianto finale Chinelli L/R	
34	VL-A-B35	15	4	3-6-9-12	PIDI 5	

L'Allegato 1 illustra le stratigrafie dei sondaggi realizzati.

Le prove SPT sono state realizzate nel foro del sondaggio opportunamente pulito. La prova consiste nella infissione di un campionatore con dimensioni standard, e nella misura dell'energia necessaria ad infiggerlo. L'infissione avviene a percussione, con una massa battente del peso di 63,4 kg che cade liberamente da 75 cm di altezza. Il campionatore va poggiato sul fondo foro e qualora si infigga per peso proprio, tale penetrazione va segnalata e considerata parte dei 45 cm di infissione della prova. La prova è stata sospesa se, per un tratto di 15 cm, il numero di colpi

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 16 di 41		Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

supera 50 annotando in tal caso l'avanzamento realizzato.

Il materiale prelevato col campionatore è stato descritto e conservato in un contenitore ermetico che ne ha mantenuto inalterato il contenuto d'acqua naturale per l'invio al laboratorio geotecnico.

In presenza di ciottoli o frammenti di roccia il campionatore è stato sostituito da una punta conica con diametro 2" e angolo di apertura 60° inserita nella scarpa del campionatore; tale sostituzione, quando avvenuta, è stata annotata in stratigrafia; dove necessario è stato prelevato un campione rimaneggiato durante la manovra successiva per l'invio al laboratorio geotecnico.

#### 4.1.1 Prelievo di campioni indisturbati/disturbati

In relazione alla tipologia di terreno/roccia incontrato si è proceduto al prelievo o meno dei campioni come di seguito indicati:

- Indisturbati;
- Semi-disturbati;
- Rimaneggiati.

L'avanzamento conseguente del carotiere è avvenuto utilizzando i seguenti utensili a rotazione: carotiere semplice;

- carotiere semplice apribile longitudinalmente;
- carotiere doppio;
- carotiere doppio del tipo Mazier modificato;
- carotiere doppio apribile longitudinalmente;
- carotiere a percussione/infissione:
- Shelby
- Osterberg

La fustella, una volta recuperata, è stata opportunamente sigillata ed etichettata.

La seguente tabella (Tab. 4.1/B) riporta i campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso dei carotaggi e che sono stati inviati al laboratorio (Laboratorio Geomeccanico - Orazi, Pesaro); nel paragrafo e nella tabella successivi invece (Tab. 4.1/C) è illustrato il piano delle prove in via di esecuzione per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni interessati (le analisi sono in corso di definizione).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 17 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

**Tab. 4.1/B – Elenco dei campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati durante i sondaggi**

CATENA DI CUSTODIA - CAMPIONI GEOTECNICI								
CANTIERE COMMITTENTE LABORATORIO SPEDIZIONE CAMPIONI		QUILIANO (SV) SAIPEM LAB.GEOMECCANICO ORAZI 17.11.23						
ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	TIPO CAMPIONE	PROFONDITA' DA (M)	PROFONDITA' A (M)	DATA	CONTENITORE	PACCO	SET ANALITICO
VL-A-B05	CR1	RIMANEGGIATO	2,50	3,00	08.11.23	SACCHETTO	PACCO CARTONE 1	rif. Saipem
VL-A-B05	CR2	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	08.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B05	CR3	RIMANEGGIATO	10,00	10,30	08.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B05	CI1	INDISTURBATO	18,00	18,60	08.11.23	FUSTELLA	PACCO FUSTELLE	
VL-A-B06	CR1	RIMANEGGIATO	4,50	5,00	13.11.23	SACCHETTO	PACCO CARTONE 1	
VL-A-B06	CR2	RIMANEGGIATO	7,50	8,00	13.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B06	CR3	RIMANEGGIATO	13,50	14,00	13.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B06	CR4	RIMANEGGIATO	17,50	18,00	13.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B06	CI1	INDISTURBATO	5,00	5,60	08.11.23	FUSTELLA	PACCO FUSTELLE	
VL-A-B11	CR1	RIMANEGGIATO	4,50	5,00	14.11.23	SACCHETTO	PACCO 2	
VL-A-B11	CR2	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	14.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B11	CR3	RIMANEGGIATO	8,50	9,00	14.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B11	CR4	RIMANEGGIATO	10,50	11,00	14.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B11	CR5	RIMANEGGIATO	14,00	14,50	14.11.23	SACCHETTO		
VL-A-B11	CI1	INDISTURBATO	9,40	10,00	13.11.23	FUSTELLA	PACCO FUSTELLE	
VL-A-B11	CI2	INDISTURBATO	12,00	12,60	14.11.23	FUSTELLA		

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 18 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

CATENA DI CUSTODIA - CAMPIONI GEOTECNICI							
CANTIERE COMMITTENTE LABORATORIO SPEDIZIONE CAMPIONI		QUILIANO (SV) SAIPEM LAB.GEOMECCANICO ORAZI 22.11.23					
ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	TIPO CAMPIONE	PROFONDITA' DA (M)	PROFONDITA' A (M)	DATA	CONTENITORE	SET ANALITICO
VL-A-B10a	CR1	RIMANEGGIATO	2,00	2,50	18.12.23	SACCHETTO	rif. Saipem
VL-A-B10a	CR2	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B10a	CR3	RIMANEGGIATO	8,50	9,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B15	CI1	INDISTURBATO	3,00	3,60	27.11.23	FUSTELLA	
VL-A-B15	CR1	RIMANEGGIATO	2,00	2,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B15	CR2	RIMANEGGIATO	5,00	5,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B15	CR3	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B15	CR4	RIMANEGGIATO	8,50	9,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B16	CI1	INDISTURBATO	2,00	2,60	28.11.23	FUSTELLA	
VL-A-B16	CR1	RIMANEGGIATO	4,50	5,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B16	CR2	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B16	CR3	RIMANEGGIATO	9,50	10,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B16	CR4	RIMANEGGIATO	11,00	11,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B16	CR5	RIMANEGGIATO	14,50	15,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B17	CR1	RIMANEGGIATO	1,50	2,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B17	CR2	RIMANEGGIATO	4,50	5,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B17	CR1	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B17	CR2	RIMANEGGIATO	9,00	9,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR1	RIMANEGGIATO	2,50	3,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR2	RIMANEGGIATO	3,50	4,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR3	RIMANEGGIATO	4,50	5,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR4	RIMANEGGIATO	6,00	6,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR5	RIMANEGGIATO	7,00	7,50	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR6	RIMANEGGIATO	9,50	10,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR7	RIMANEGGIATO	10,50	11,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR8	RIMANEGGIATO	13,50	14,00	18.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B13	CR9	RIMANEGGIATO	14,50	15,00	18.12.23	SACCHETTO	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 19 di 41 Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	TIPO CAMPIONE	PROFONDITA' DA (M)	PROFONDITA' A (M)	DATA	CONTENITORE	SET ANALITICO
VL-A-B01	CI1	INDISTURBATO	3,00	3,60	08.01.24	FUSTELLA	rif. Saipem
VL-A-B01a	CI1	INDISTURBATO	10,40	11,00	04.01.24	FUSTELLA	
VL-A-B01a	CI2	INDISTURBATO	15,40	16,00	04.01.24	FUSTELLA	
VL-A-B01a	CR1	RIMANEGGIATO	6,00	6,50	04.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B01a	CR2	RIMANEGGIATO	9,50	10,00	04.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B01a	CR3	RIMANEGGIATO	18,00	18,50	04.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B22	CI1	INDISTURBATO	2,00	2,60	16.01.24	FUSTELLA	
VL-A-B22	CR1	RIMANEGGIATO	6,50	7,00	16.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B22	CR2	RIMANEGGIATO	9,50	10,00	16.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B22	CR3	RIMANEGGIATO	11,00	11,50	16.01.24	SACCHETTO	
VL-A-B24	CI1	INDISTURBATO	2,20	2,80	24.01.24	FUSTELLA	
VL-A-B25	CR1	RIMANEGGIATO	2,00	2,50	19.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B25	CR2	RIMANEGGIATO	4,00	4,50	19.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B25	CR3	RIMANEGGIATO	6,50	7,00	19.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B25	CR4	RIMANEGGIATO	9,50	10,00	19.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B25	CR5	RIMANEGGIATO	12,00	12,50	19.12.23	SACCHETTO	
VL-A-B25	CR6	RIMANEGGIATO	14,00	14,50	19.12.23	SACCHETTO	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 20 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	TIPO CAMPIONE	PROFONDITA' (M)	CONTENITORE	DATA PRELIEVO	SET ANALITICO
VL-A-B19	CR01	rimaneggiato	3,50-4	sacchetto	08-02-2024	Vedi Saipem
VL-A-B19	CR02	rimaneggiato	6,50-7	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B19	CR03	rimaneggiato	8,50-9	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR01	rimaneggiato	1,50-2	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR02	rimaneggiato	3,50-4	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR03	rimaneggiato	6,50-7	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR04	rimaneggiato	8,50-9	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR05	rimaneggiato	12-12,50	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B20	CR06	rimaneggiato	13,50-14	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR01	rimaneggiato	7,50-8	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR02	rimaneggiato	9,50-10	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR03	rimaneggiato	13,50-14	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR04	rimaneggiato	17-17,50	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR05	rimaneggiato	22-22,50	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR06	rimaneggiato	28,50-29	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B23	CR07	rimaneggiato	31,50-32	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B24	CR01	rimaneggiato	4,50-5	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B24	CR02	rimaneggiato	6,50-7	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B24	CR03	rimaneggiato	9,50-10	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B24	CR04	rimaneggiato	11,50-12	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B24	CR05	rimaneggiato	14,50-15	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B26	CR01	rimaneggiato	4,50-5	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B26	CR02	rimaneggiato	6,50-7	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B26	CR03	rimaneggiato	9,50-10	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B26	CR04	rimaneggiato	11,50-12	sacchetto	08-02-2024	
VL-A-B26	CR05	rimaneggiato	14,50-15	sacchetto	08-02-2024	



PROGETTISTA

COMMESSA  
NQ/R23350CODICE TECNICO  
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-GEO-E-11093\_

PROGETTO

FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete  
Nazionale Gasdotti

Fg. 21 di 41

Rev.  
0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	TIPO CAMPIONE	PROFONDITA' (M)	CONTENITORE	DATA PRELIEVO	SET ANALITICO
VL-A-B29a	CI01	indisturbato	2,40-3,20	fustella	15.02.24	Vedi Saipem
VL-A-B29a	CR01	rimaneggiato	3,00-3,60	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B29a	CR02	rimaneggiato	5,50-6,00	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B29a	CR03	rimaneggiato	8,00-8,50	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B30	CR01	rimaneggiato	2,50-3,00	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B30	CR02	rimaneggiato	7,00-7,50	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B31	CI01	indisturbato	2,00-2,60	fustella	15.02.24	
VL-A-B31	CR01	rimaneggiato	4,50-5,00	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B31	CR02	rimaneggiato	6,50-7,00	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B31	CR03	rimaneggiato	8,50-9,00	sacchetto	15.02.24	
VL-A-B32	CR01	rimaneggiato	2,00-2,50	sacchetto	19.02.24	
VL-A-B32	CR02	rimaneggiato	4,50-5,00	sacchetto	19.02.24	
VL-A-B32	CR03	rimaneggiato	5,00-5,50	sacchetto	19.02.24	
VL-A-B32	CR04	rimaneggiato	7,50-8,00	sacchetto	19.02.24	
VL-A-B32	CR05	rimaneggiato	10,70-11,00	sacchetto	19.02.24	
VL-A-B33	CI01	indisturbato	2,00-2,50	fustella	20.02.24	
VL-A-B33	CR01	rimaneggiato	3,00-3,50	sacchetto	20.02.24	
VL-A-B33	CR02	rimaneggiato	6,50-7,00	sacchetto	20.02.24	
VL-A-B33	CR03	rimaneggiato	9,00-9,50	sacchetto	20.02.24	
VL-A-B33	CR04	rimaneggiato	11,50-12,00	sacchetto	20.02.24	
VL-A-B34	CI01	indisturbato	2,00-2,60	fustella	21.02.24	
VL-A-B34	CR01	rimaneggiato	3,00-3,50	sacchetto	21.02.24	
VL-A-B34	CR02	rimaneggiato	6,50-7,00	sacchetto	21.02.24	
VL-A-B34	CR03	rimaneggiato	9,00-9,50	sacchetto	21.02.24	
VL-A-B01b	CR01	rimaneggiato	3,60-4,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B01b	CR02	rimaneggiato	6,50-7,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B01b	CR03	rimaneggiato	9,50-10,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B01b	CR04	rimaneggiato	12,00-12,50	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B02	CR01	rimaneggiato	9,50-10,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B02	CR02	rimaneggiato	13,00-13,50	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B02	CI01	indisturbato	4,40-5,00	fustella	04.03.24	
VL-A-B02	CI02	indisturbato	8,40-9,00	fustella	04.03.24	
VL-A-B02	CI03	indisturbato	14,40-15,00	fustella	04.03.24	
VL-A-B03	CR01	rimaneggiato	4,50-5,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B03	CR02	rimaneggiato	7,00-7,50	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B03	CR03	rimaneggiato	12,50-13,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B03	CI01	indisturbato	2,40-3,00	fustella	29.02.24	
VL-A-B03	CI02	indisturbato	5,40-6,00	fustella	29.02.24	
VL-A-B03	CI03	indisturbato	14,40-15,00	fustella	29.02.24	
VL-A-B21	CR01	rimaneggiato	2,50-3,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B21	CR02	rimaneggiato	4,50-5,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B21	CR03	rimaneggiato	6,50-7,00	sacchetto	08.03.24	
VL-A-B21	CR04	rimaneggiato	9,50-10,00	sacchetto	08.03.24	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 22 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

#### 4.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Le prove geotecniche sui campioni di terreno e di roccia sono state eseguite in accordo agli standard di prova riconosciuti a livello nazionale ed internazionale ed in ogni caso la normativa di riferimento utilizzata viene indicata nel rapporto di prova.

Di seguito si fornisce un quadro generale delle prove che orientativamente sono state eseguite:

- Apertura campione;
- Contenuto d'acqua;
- Peso di volume;
- Analisi granulometrica per setacciatura;
- Analisi granulometrica per sedimentazione;
- Limiti di Atterberg (Liquido e Plastico);
- Taglio diretto consolidata drenata, per la determinazione della resistenza al “taglio di picco”;
- Prova triassiale;
- Prova edometrica.

Le tabelle successive (Tab. 4.1/C, Tab. 4.1/D, Tab. 4.1/E) illustrano il piano delle prove in via di esecuzione. La tabella 4.1/F illustra parte dei risultati delle analisi eseguite. Le rimanenti sono in via di definizione.

I certificati delle prove di laboratorio disponibili, con i risultati ottenuti, sono presentati in Allegato 2.







	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 26 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

Tab. 4.1/D – Programma delle prove di laboratorio previsto sui campioni prelevati (sondaggi -B10a, -B15, -B16, -B17, -B13)

		VL-A-B10a	VL-A-B10a	VL-A-B10a	VL-A-B15	VL-A-B15	VL-A-B15	VL-A-B15	VL-A-B15	VL-A-B16	VL-A-B16	VL-A-B16	VL-A-B16	VL-A-B16	VL-A-B16	VL-A-B17	VL-A-B17	VL-A-B17	VL-A-B17	VL-A-B13								
	Sondaggio:																											
A.1	Campione indisturbato:				CI1					CI1																		
A.2	Campione rimaneggiato:	CR1	CR2	CR3		CR1	CR2	CR3	CR4		CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR1	CR2	CR3	CR4	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
	Profondità da:	2,00	7,00	8,50	3,00	2,00	5,00	7,00	8,50	2,00	4,50	7,00	9,50	11,00	14,50	1,50	4,50	7,00	9,00	2,50	3,50	4,50	6,00	7,00	9,50	10,50	13,50	14,50
	a:	2,50	7,50	9,00	3,60	2,50	5,50	7,50	9,00	2,60	5,00	7,50	10,00	11,50	15,00	2,00	5,00	7,50	9,50	3,00	4,00	5,00	6,50	7,50	10,00	11,00	14,00	15,00
A.4	Foto campione	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE																												
B.1	Contenuto d'acqua naturale				X					X																		
B.2	Peso di volume		X	X	X					X		X	X	X	X	X	X	X										
D.1	Peso specifico dei grani																											
LIMITI DI ATTERBERG																												
B.4	Determinazione LL+LP	X			X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X
B.6	Determinazione Limite Ritiro																											
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE																												
C.2	Analisi granulometrica umida	X				X	X	X			X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X
C.5	Sedimentazione																											
C.6	determ. % passante # 200				X				X	X																		
	Classifica USCS	X			X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Classifica AASHTO																											
PROVA VANE TEST DI LABORATORIO																												
B.8	Scissometro motorizzato																											
PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE																												
B.7	Prova di compressione (CNC)				X					X																		
B.9	Diagramma $\sigma - \varepsilon$				X					X																		
PROVA TRIASSIALE UU																												
G.1	Resistenza al taglio UU																											
G.4	Diagramma $\sigma - \varepsilon$																											
PROVA EDOMETRICA																												
E.1	Prova consolidazione (IL)																											
E.3	Determinazione cv, k, mv																											
E.5	Diagramma Log Ed, Log $\sigma_v$																											
PROVA TRIASSIALE CIU																												
G.5	Prova triassiale CIU																											
G.6	Diagrammi $\sigma - \varepsilon$ , ecc.																											
PROVA DI TAGLIO																												
H.1	Taglio diretto "di picco"				X				X	X																		
H.2	Taglio diretto "residuo"																											
H.3	Taglio torsionale "Bromhead"																											







	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 30 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

Tab. 4.1/F – Risultati delle analisi di laboratorio eseguite

ID	ID	Profondità		CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE			LIMITI DI ATTERBERG		CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE					USCS	ELL	TXUU	EDOMETRICA	TAGLIO DIRETTO										ROCCE									
		Sondaggio	Campione	da m	a m	Peso volume $\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup>	$w_n$ %	Peso grani $\gamma_s$ (-)	LL %	IP -	Ghiaia	Sabbia	Limo		Argilla	% #200	qu kPa	cu kPa	$E_{ed}$ (100-200kPa) MPa	$\phi'_{picco}$ °	$C'$ kPa	$\sigma'1$ kPa	$\sigma'2$ kPa	$\sigma'3$ kPa	$\tau1$ kPa	$\tau2$ kPa	$\tau3$ kPa	$\phi'_{residuo}$ °	$C'_{residuo}$ kPa	$\tau_{r1}$ kPa	$\tau_{r2}$ kPa	$\tau_{r3}$ kPa	P. Load I <sub>s50</sub>	qu MPa			
VL-A-B05	CR1	2,5	3,0					NP	42,6	31,6			25,8	GM																							
VL-A-B05	CR2	7,0	7,5					31,7	5,6	22,3	31,1			46,6	SM				30,8	4,4	50	100	200	34	65	124											
VL-A-B05	CR3	10,0	10,3					26,2	5,7	22,0	29,7			48,3	SC-SM				31,0	4,3	100	200	300	64	125	185											
VL-A-B05	CI1	18,0	18,6					32,1	8,0	20,6	42,0			37,4	SM				30,1	6,8	200	300	400	123	182	239											
VL-A-B06	CR1	4,5	5,0					32,0	10,2					71,1	CL				30,6	3,9	50	100	200	33	63	122											
VL-A-B06	CI1	5,0	5,6					33,5	11,3	33,7	30,9			35,4	GC				30,1	5,1	50	100	200	34	62	121											
VL-A-B06	CR2	7,5	8,0					29,4	6,1	16,3	49,4			34,3	SM																						
VL-A-B06	CR3	13,5	14,0					27,4	4,6	23,4	45,8			30,8	SM																						
VL-A-B06	CR4	17,5	18,0					25,5	7,6	0,0	52,1			47,9	SC																						
VL-A-B10a	CR1	2,0	2,5					39,8	13,2	8,9	36,0			55,1	ML																						
VL-A-B10a	CR2	7,0	7,5	2,44																																0,23	
VL-A-B10a	CR3	8,5	9,0	2,52																																0,57	
VL-A-B11	CR1	4,5	5,0						NP	59,4	26,3			14,3	GM																						
VL-A-B11	CR2	7,0	7,5					33,6	12,6	51,3	31,9			16,8	GC																						
VL-A-B11	CR3	8,5	9,0					27,4	6,0	16,9	31,5			51,6	CL-ML																						
VL-A-B11	CI1	9,4	10,0						NP	0,0	56,4			43,6	SM				31,9	3,8	100	200	300	65	129	190											
VL-A-B11	CR4	10,5	11,0					35,0	12,0	30,3	28,9			40,8	GC																						
VL-A-B11	CI2	12,0	12,6						NP	0,0	61,2			38,8	SM				32,0	4,3	100	200	300	66	131	191											
VL-A-B13	CR1	2,5	3,0						NP	40,2	32,4			27,4	GM																						
VL-A-B13	CR2	3,5	4,0					30,4	8,2	16,8	40,9			42,3	SC																						
VL-A-B13	CR3	4,5	5,0					26,2	6,6	36,8	34,6			28,6	GC-GM																						
VL-A-B13	CR4	6,0	6,5						NP	47,1	36,3			16,6	GM																						
VL-A-B13	CR5	7,0	7,5						NP	59,3	36,0			4,7	GW																						
VL-A-B13	CR6	9,5	10,0						NP	46,1	44,7			9,2	GW-GM																						
VL-A-B13	CR7	10,5	11,0					31,2	7,2	38,7	26,5			34,8	GM																						
VL-A-B13	CR8	13,5	14,0					34,5	9,8	44,5	13,9			41,6	GM																						
VL-A-B13	CR9	14,5	15,0					33,0	8,3	40,2	33,1			26,7	GM																						
VL-A-B15	CR1	2,0	2,5					34,8	11,0	8,2	26,8			65,0	CL																						
VL-A-B15	CI1	3,0	3,6		13,7			29,3	7,6	31,4	39,2			29,4	SC				31,6	2,8	50	100	200	34	64	126											
VL-A-B15	CR2	5,0	5,5					33,6	9,5	13,7	27,6			58,7	ML																						
VL-A-B15	CR3	7,0	7,5					30,3	7,0	32,1	26,7			41,2	GM																						
VL-A-B15	CR4	8,5	9,0					28,0	6,3	12,9	31,8			55,3	CL-ML				31,0	0,7	100	200	300	61	120	181											
VL-A-B16	CI1	2,0	2,6		21,6			35,6	12,5	13,3	25,5			61,2	CL				28,5	3,3	50	100	200	31	57	112											
VL-A-B16	CR1	4,5	5,0						NP	13,6	69,8			16,6	SM																						
VL-A-B16	CR2	7,0	7,5																																		



	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 32 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

#### 4.1.2 Prove CPTU

Ai fini della caratterizzazione dei depositi per la valutazione della suscettività alla liquefazione, sono state effettuate alcune prove penetrometriche statiche (CPTU) (vedi Tab. 4.1/D).

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa a velocità costante nel terreno. Le dimensioni della punta conica e del manicotto d'attrito sono stabilite dagli standard di riferimento (ASTM, AGI, ecc..) e sono di seguito riassunte:

- diametro di base del cono = 35,7 mm;
- angolo di apertura del cono = 60°;
- sezione di base del cono = 10 cm<sup>2</sup>;
- diametro del manicotto d'attrito = 36,0 mm;
- area della superficie laterale del manicotto = 150 cm<sup>2</sup>.

L'apparecchiatura di spinta è stata zavorrata e/o ancorata per non farla muovere, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di infissione della punta nel terreno ed ha comunque consentito il raggiungimento di una resistenza alla punta qc pari a 50 MPa (500 kg/cm<sup>2</sup>). L'apparecchiatura di spinta è stata posizionata in modo da fornire quanto più possibile una spinta nella direzione verticale. Incontrando una resistenza alla punta "qc" pari a 50 MPa (500 kg/cm<sup>2</sup>), la prova è stata arrestata e sono state estratte le aste.

La documentazione delle prove penetrometriche (sia meccaniche che elettriche) comprende:

- diagramma della resistenza alla punta, qc;
- diagramma della resistenza dell'attrito laterale, fs;
- diagramma del rapporto della resistenza (Friction Ratio), FR (%) = 100 fs/qc;
- ed è presente in Allegato 3.

**Tab. 4.1/D – Programma delle prove penetrometriche statiche CPTU**

Prove CPTU	Lunghezza (m)	Finalità	Posizione
VL-A-C04	4.0		
VL-A-C05	0.6		

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 33 di 41	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 4.2 Indagini indirette: prospezioni geofisiche

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite ad integrazione dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche al fine di completare il riconoscimento del profilo stratigrafico del terreno.

### 4.2.1 Sismica a rifrazione

L'indagine di sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde P, rifratte in corrispondenza di una serie di geofoni disposti secondo allineamenti con interasse tra i geofoni e lunghezza totale degli stendimenti, in funzione della profondità d'indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità dei vari rifrattori presenti e permette di determinare la velocità degli stessi.

Gli stendimenti sismici utilizzano sismografi a 24 o 48 canali con l'ausilio di sensori geofonici opportunamente spazati tra di loro, dai quali si ricavano indicazioni sui caratteri elasto-dinamici dell'ammasso e, quindi, sugli aspetti geomeccanici degli orizzonti sismostratigrafici presenti.

### 4.2.2 Geoelettrica

La metodologia di indagine consiste nella determinazione della resistenza elettrica specifica (resistività) dei terreni presenti nel sottosuolo, per mezzo di particolari dispositivi di acquisizione dati che permettono l'interpretazione dei risultati delle misure in termini di stratigrafia del sottosuolo stesso o l'individuazione di discontinuità laterali.

L'interpretazione geologica dei risultati geofisici non può essere univoca; valori di resistività simili, infatti, possono afferire a litologie differenti, ma la conoscenza del contesto geologico locale e l'interpolazione con le stratigrafie acquisite attraverso i sondaggi porta a ridurre al minimo tale possibilità di errore.

L'esecuzione delle misure di resistività avviene attraverso vari dispositivi, tutti con 4 elettrodi infissi nel terreno: attraverso 2 di questi, infissi in posizioni note, si invia una corrente elettrica nel sottosuolo mentre con gli altri 2 si determina il gradiente di potenziale che si instaura tra 2 punti, in altrettante posizioni note, durante la circolazione di corrente nel terreno.

Dalle misure con il dispositivo Polo-Dipolo o con altri dispositivi quali il Dipolo-Dipolo, si ottengono files di dati che permettono la successiva elaborazione tomografica e ricostruzione di sezioni che rappresentano la distribuzione della resistività nel sottosuolo. L'elaborazione dei dati di questo tipo di indagine è finalizzata alla rappresentazione dei risultati in forma di sezione del sottosuolo (Tomografie Elettriche) mediante linee isovalore che suggeriscono la posizione e l'andamento delle discontinuità geologiche.

La tabella seguente (Tab. 4.2/A) illustra il piano delle indagini indirette previste e realizzate (linee di sismica a rifrazione e di geoelettrica).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 34 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

Tab. 4.2/A – Piano delle indagini indirette (sismica e geoelettrica)

Sismica a Rifrazione (SIS - R) e geoelettrica (ERT - E)	Tipo	Lunghezza (m)	Finalità	Posizione
VL-A-R03 / VL-A-E03	SIS / ERT	120	MT Ferrovia - trasversale	
VL-A-R04 / VL-A-E04	SIS / ERT	180	MT Tangenziale - longitudinale	
VL-A-R05 / VL-A-E05	SIS / ERT	120	MT Tangenziale - trasversale	
VL-A-R07 / VL-A-E07	SIS / ERT	240	MT FS / Piazzale - longitudinale	
VL-A-R08 / VL-A-E08	SIS / ERT	120	MT FS / Piazzale - trasversale	
VL-A-R09 / VL-A-E09	SIS / ERT	120	MT FS / Piazzale - trasversale	
VL-A-R13 / VL-A-E13	SIS / ERT	300	MT Throwers - longitudinale	Studio 2785
VL-A-R14 / VL-A-E14	SIS / ERT	120	MT Throwers - trasversale	Studio 2785
VL-A-R15 / VL-A-E15	SIS / ERT	120	MT Throwers - trasversale	Studio 2785
VL-A-R16 / VL-A-E16	SIS / ERT	840	MT Swaami Gitananda - longitudinale	Studio 2788
VL-A-R17 / VL-A-E17	SIS / ERT	120	MT Swaami Gitananda - trasversale	Studio 2788
VL-A-R18 / VL-A-E18	SIS / ERT	240	MT Swaami Gitananda - trasversale	Studio 2788
VL-A-R19 / VL-A-E19	SIS / ERT	120	MT Swaami Gitananda - trasversale	Studio 2788
VL-A-R20 / VL-A-E20	SIS / ERT	900	MT Bragno - longitudinale	Studio 2792
VL-A-R21 / VL-A-E21	SIS / ERT	120	MT Bragno - trasversale	Studio 2792
VL-A-R22 / VL-A-E22	SIS / ERT	240	MT Bragno - trasversale / Area PAI	Studio 2792
VL-A-R23 / VL-A-E23	SIS / ERT	120	MT Bragno - trasversale	Studio 2792
VL-A-R24 / VL-A-E24	SIS / ERT	240	MT SP 29 - longitudinale	
VL-A-R25 / VL-A-E25	SIS / ERT	60	MT SP 29 - trasversale	
VL-A-R26 / VL-A-E26	SIS / ERT	60	MT SP 29 - trasversale	
VL-A-R27 / VL-A-E27	SIS / ERT	420	MT XXV Aprile - longitudinale	
VL-A-R28 / VL-A-E28	SIS / ERT	60	MT XXV Aprile - trasversale	
VL-A-R29 / VL-A-E29	SIS / ERT	60	MT XXV Aprile - trasversale	
VL-A-R30 / VL-A-E30	SIS / ERT	60	Studio area PDE Quiliano (Io. Casina)	Studio 2785
VL-A-R31 / VL-A-E31	SIS / ERT	60	Studio area PDE Quiliano (Io. Casina)	Studio 2785
VL-A-R32 / VL-A-E32	SIS / ERT	60	Impianto trappole di regolazione - Chinelli	
VL-A-R33 / VL-A-E33	SIS / ERT	60	Impianto trappole di regolazione - Chinelli	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 35 di 41	Rev. <b>0</b>	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

#### 4.2.3 Indagini MASW

In accordo alle nuove norme NTC 2018, la caratterizzazione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs). Pertanto, saranno eseguite una serie di prove indirette di tipo MASW (N. 29 indagini).

L'indagine consiste nella realizzazione di una sezione sismica a 24 canali che consente la determinazione delle Vseq nell'area in oggetto e la definizione dell'assetto sismo-stratigrafico del sito.

Il sistema MASW misura le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione le misure permettono di determinare il profilo verticale delle Vseq che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S entro i metri considerati. Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 24 geofoni posti a distanza di 3.0 m o 2.0 m (in relazione alle condizioni logistiche del sito), con frequenza 4,5 Hz, per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde, e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati. La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 10 kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione.

I risultati della prova consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede varie fasi di lavoro, tra cui il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) e l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs da cui si risale al modello e alla classificazione del modello di suolo.

Si precisa che la riga evidenziata in arancio illustra la prova masw non effettuata per divieto di accesso al fondo da parte della proprietà.

**Tab. 4.2/B – Piano delle indagini MASW**

Prospezione geofisica tipo MASW	Lunghezza (m)	Finalità	Posizione
VL-A-M01	45	PIL 1	
VL-A-M02	45	PIL 0A	
VL-A-M03	45	Impianto PDE (loc. Casina)	Studio 2785
VL-A-M04	45	Caratterizzazione formazione rocciosa	Studio 2794
VL-A-M05	45	Caratterizzazione formazione rocciosa	Studio 2794
VL-A-M06	45	Caratterizzazione formazione rocciosa	Studio 2794
VL-A-M07	45	Caratterizzazione formazione rocciosa	Studio 2794
VL-A-M08	45	Scogliera T. Quazzola	Studio 2785
VL-A-M09	45	PIDI 1	Studio 2785
VL-A-M10	45	Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2788
VL-A-M11	45	Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2788
VL-A-M12	45	PIDI 2 - Prolungamento muro in CA (loc. Vispa)	Studio 2779-2812
VL-A-M13	45	PIL 3	Studio 2792
VL-A-M14	45	PIDI 4 - MT Bragno	Studio 2792
VL-A-M15	45	Indagine di linea	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 36 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

Prospezione geofisica tipo MASW	Lunghezza (m)	Finalità	Posizione
VL-A-M16	45	PIDI 6	
VL-A-M17	45	Scogliere F. Bormida	
VL-A-M18	45	Muro in ca	
VL-A-M19	45	Impianto finale Chinelli	
VL-A-M20		Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2792
VL-A-M21		Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2798
VL-A-M22		Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2798
VL-A-M23		Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2798
VL-A-M24		Paratia di pali - Opere collegamento nazionale	Studio 2798
VL-A-M25		prossimità ad un'area PAI	Studio 2798
VL-A-M26		Muro in ca	Studio 2792
VL-A-M27		PIDI 5	
VL-A-M29		Impianto di regolazione di Carcare	Studio 2779-2812

La tabella precedente indica, nella colonna siglata con "Posizione", la restituzione dei dati disponibili al momento. La successiva revisione del report conterrà la restituzione di tutte le indagini geofisiche.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 37 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## 5 ALLEGATI

**ALLEGATO I: SONDAGGI, STRATIGRAFIE E FOTO DELLE CASSETTE**

**ALLEGATO II: CERTIFICATI DI ANALISI DELLE PROVE DI LABORATORIO**

**ALLEGATO III: REPORT DELLE PROVE CPTU**

**ALLEGATO IV: REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE**

**PG-TPSO-D-11219\_ : PLANIMETRIA TRACCIATO DI PROGETTO Allacciamento FSRU  
Alto Tirreno (tratto a terra), DN 650 (26"), DP 100 b a r**

**PG-TPSO-D-11419\_ : Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti, DN  
750 (30"), DP 75 bar**

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 38 di 41	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## ALLEGATO I

### SONDAGGI, STRATIGRAFIE E FOTO DELLE CASSETTE

Di seguito si elencano le colonne stratigrafiche dei sondaggi al momento disponibili:

-  VL-A-B01.pdf
-  VL-A-B01a.pdf
-  VL-A-B05.pdf
-  VL-A-B06.pdf
-  VL-A-B10a.pdf
-  VL-A-B11.pdf
-  VL-A-B13.pdf
-  VL-A-B15.pdf
-  VL-A-B16.pdf
-  VL-A-B17.pdf
-  VL-A-B19.pdf
-  VL-A-B20.pdf
-  VL-A-B22.pdf
-  VL-A-B23.pdf
-  VL-A-B24.pdf
-  VL-A-B25.pdf
-  VL-A-B26.pdf
-  VL-A-B29a.pdf
-  VL-A-B30.pdf
-  VL-A-B31.pdf
-  VL-A-B32.pdf
-  VL-A-B33.pdf
-  VL-A-B34.pdf

Le stratigrafie dei sondaggi in elaborazione che verranno fornite con la successiva revisione del report delle indagini sono.

- VL-A-B01b;
- VL-A-B02;
- VL-A-B03;
- VL-A-B21.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 39 di 41
				Rev. <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## ALLEGATO II

### CERTIFICATI DI ANALISI DELLE PROVE DI LABORATORIO

Di seguito si allegano i certificati delle analisi dei campioni al momento disponibili:

-  VL-A-B05\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B06\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B10a\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B11\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B13\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B15\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B16\_cert\_analisi.pdf
-  VL-A-B17\_cert\_analisi.pdf

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		<b>REL-GEO-E-11093_</b>
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 40 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## ALLEGATO III

### REPORT DELLE PROVE CPTU

Di seguito si allegano i report delle prove CPTU.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-GEO-E-11093_
	PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 41 di 41

Rif. SAIPEM 023113-370 – 000 LA-E-80093

## ALLEGATO IV

### REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Di seguito si allega li report delle indagini geofisiche al momento disponibili:

- Studio 2779\_2812, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, PID1 n°2, MASW VL-A-M12 - MASW VL-A-M29;
- Studio 2785, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in varie posizioni lungo il tracciato del metanodotto (Comuni di Vado Ligure e Quiliano);
- Studio 2788, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in varie posizioni lungo il tracciato del metanodotto (Comune di Altare) - Microtunnel Swaami Gitananda;
- Studio 2792, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in varie posizioni lungo il tracciato del metanodotto (Comune di Cairo Montenotte) - Microtunnel Bragno;
- Studio 2794, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in varie posizioni lungo il tracciato del metanodotto (MASW VL-A-M04, VL-A-M05, MASW VL-A-M06, MASW VL-A-M07);
- Studio 2798, Indagine geofisica eseguita per il progetto di collegamento dall'impianto PDE alla rete nazionale gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in varie posizioni lungo il tracciato del metanodotto (MASW VL-A-M21, VL-A-M22, MASW VL-A-M23, MASW VL-A-M24, MASW VL-A-M25);