

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 1 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI – DP VARI

### Relazione geotecnica



0	Emissione per Enti	A. Evangelista	L. Fantera	P. Russo S. Scandale	Novembre 2021
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

Documento di proprietà Enura. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

**TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A.** - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 2 di 18	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME .....</b>	<b>6</b>
	<b>4.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO .....</b>	<b>6</b>
	<b>4.2 CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>RISULTATI PROVE SPT.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE LIBERA .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>RISULTATI PROVE GEOFISICHE.....</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>RISULTATI PROVE DI LABORATORIO .....</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>SISMICITÀ.....</b>	<b>16</b>
	<b>10.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>17</b>
<b>11</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>18</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 3 di 18	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento fornisce una descrizione sintetica delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalla realizzazione di un nuovo gasdotto DN 650 (24") che collegherà l'impianto FSRU di Portovesme alle principali utenze industriali dell'area e consentirà la connessione dell'FSRU alla Rete Energetica Tratto Sud.

Oltre alla posa della nuova condotta DN 650 (26") per una lunghezza pari a 6.638 km, l'opera riguarda l'installazione di una rete di linee secondarie di vario diametro che, prendendo origine da quest'ultima, assicurano l'allacciamento al bacino di utenze attraversato dalla stessa condotta.



Il progetto prevede la messa in opera delle seguenti linee:

- Coll. FSRU Portovesme DN 650 (26"), DP 75 bar, L= 6.640 km;
- Derivazione per Portoscuso DN 400 (16"), DP 75 bar, L= 5.619 km;
- Allacciamento Eurallumina DN 300 (12"), DP 75 bar, L= 0.165 km.

Le suddette opere attraversano i territori della provincia di Carbonia-Iglesias per una lunghezza complessiva di 12.422 km.

Lo scopo del presente studio è quello di caratterizzare dal punto di vista geotecnico l'area interessata dal progetto, fornendo indicazioni sintetiche riguardo alle caratteristiche del sottosuolo. Il lavoro unisce i risultati dello studio geologico (Doc. No. REL-GEO-E-00010) e della campagna geognostica (Doc. No. REL-GEO-E-00020), giungendo a una prima caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi presenti nell'area di sviluppo dei tracciati, utile a fornire delle linee guida generali per la progettazione degli interventi civili previsti lungo la linea.

Il documento introduce l'inquadramento territoriale dell'opera in esame, a cui segue la descrizione geologica dell'area. Successivamente è presentata la campagna d'indagine eseguita e quindi i principali risultati ottenuti. Infine, è presentato il modello geotecnico di sintesi.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 4 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

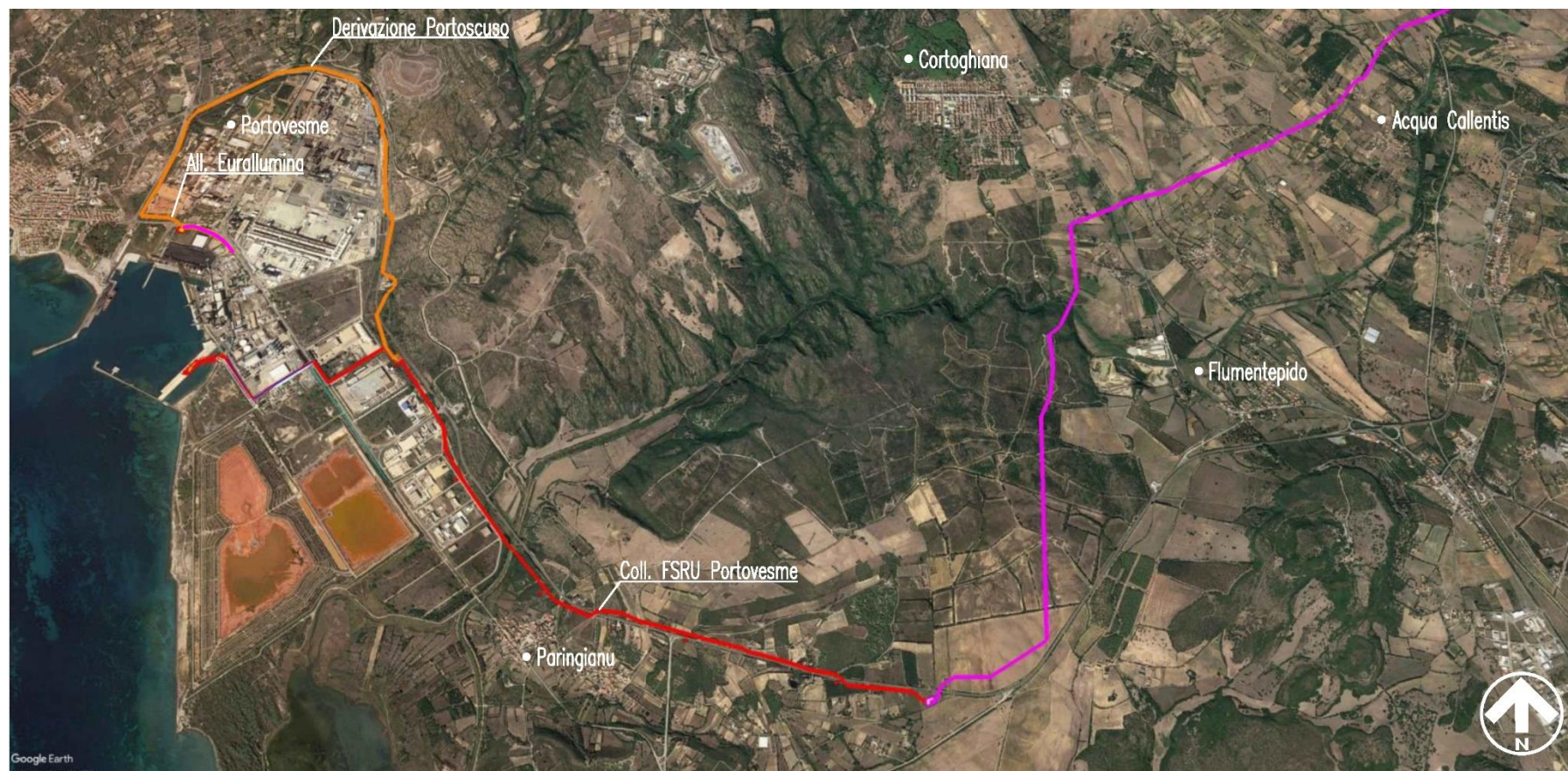


Figura 1.1: Inquadramento territoriale metanodotti in oggetto



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 5 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037



## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- PG-TP-D-00111 - TRACCIATO DI PROGETTO
- PG-TPSO-D-00120 - TRACCIATO DI PROGETTO CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE
- REL-GEO-E-00020 - REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
- REL-GEO-E-00010 - RELAZIONE GEOLOGICA
- REL-SIS-E-00010 - RELAZIONE SISMICA

## 3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La normativa vigente in materia cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la redazione del presente documento è la seguente:

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare applicativa per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M.17 Gennaio 2018.
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica».
- A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».
- Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale.
- Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 6 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 4 INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME

### 4.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO

Le opere in progetto si collocano all'interno e nell'immediata prossimità del polo industriale di Portovesme, frazione del comune di Portoscuso, situato in una insenatura naturale lungo la costa sud occidentale sarda.

Il tracciato dei metanodotti in progetto attraversano territori appartenenti alla porzione sud-occidentale della Sardegna ovvero il comune di Portoscuso e per un breve tratto il comune di Carbonia, in località Punta Is Fenu.

In Figura 4.1 è indicato in rosso il collegamento FSRU Portovesme DN 650 (26"), DP 75 bar, in arancione la derivazione per Portoscuso DN 400 (16"), DP 75 bar e l'allacciamento Eurallumina DN 300 (12"), DP 75 bar.

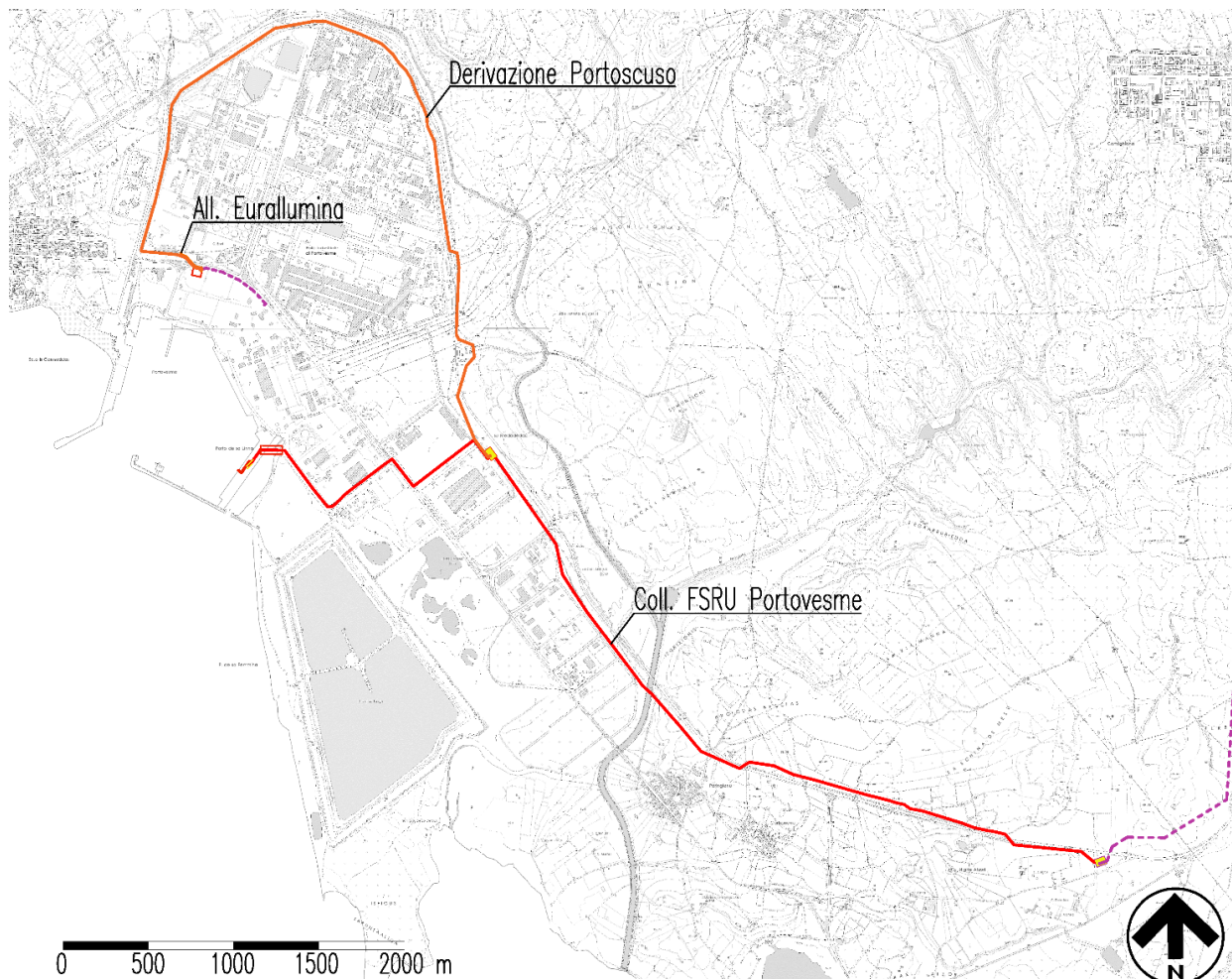


Figura 4.1: Stralcio corografia, inquadramento territoriale metanodotti Portovesme.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 7 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 4.2 CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Per la descrizione dei caratteri geologici e geomorfologici del sito in esame si rimanda alla relazione geologica dedicata. (Doc. No. REL-GEO-E-00010).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 8 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 5 DEFINIZIONE DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA

Per i dettagli relativi alla campagna d'indagine e all'esecuzione delle prove si rimanda ai report dedicati, mentre questo documento è indirizzato a una descrizione generale e di sintesi dei numerosi dati raccolti.

Il Tabella 5.1 sono elencati i sondaggi eseguiti per la ricostruzione delle principali caratteristiche stratigrafiche nonché fisiche e meccaniche del sottosuolo. Per maggiori dettagli riguardo all'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite si può far riferimento al Doc. No. REL-GEO-E-00020.



Le indagini sono concentrate nelle aree di maggior interesse progettuale, lungo il tracciato del metanodotto e in corrispondenza di due impianti. In particolare, la campagna di indagini ha previsto:

- l'esecuzione di n. 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, accompagnati da prove penetrometriche dinamiche SPT e dal prelievo di campioni destinati a prove di laboratorio;
- installazione di n. 4 piezometri a tubo aperto;
- n. 3 indagini sismiche attive tipo MASW;
- n. 1 indagine sismica passiva tipo ESAC.

ID sondaggio	ID MASW	Tipo piezometro	Ambito
S1	MASW1	-	ATTRAVERSAMENTO TRENCHLESS
S2P	-	tubo aperto	ATTRAVERSAMENTO TRENCHLESS
S3P	MASW2	tubo aperto	IMPIANTO
S4P	-	tubo aperto	ATTRAVERSAMENTO CANALE
S5P	MASW3	tubo aperto	IMPIANTO

Tabella 5.1: Indagini eseguite



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/E19001	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE SARDEGNA	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 9 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

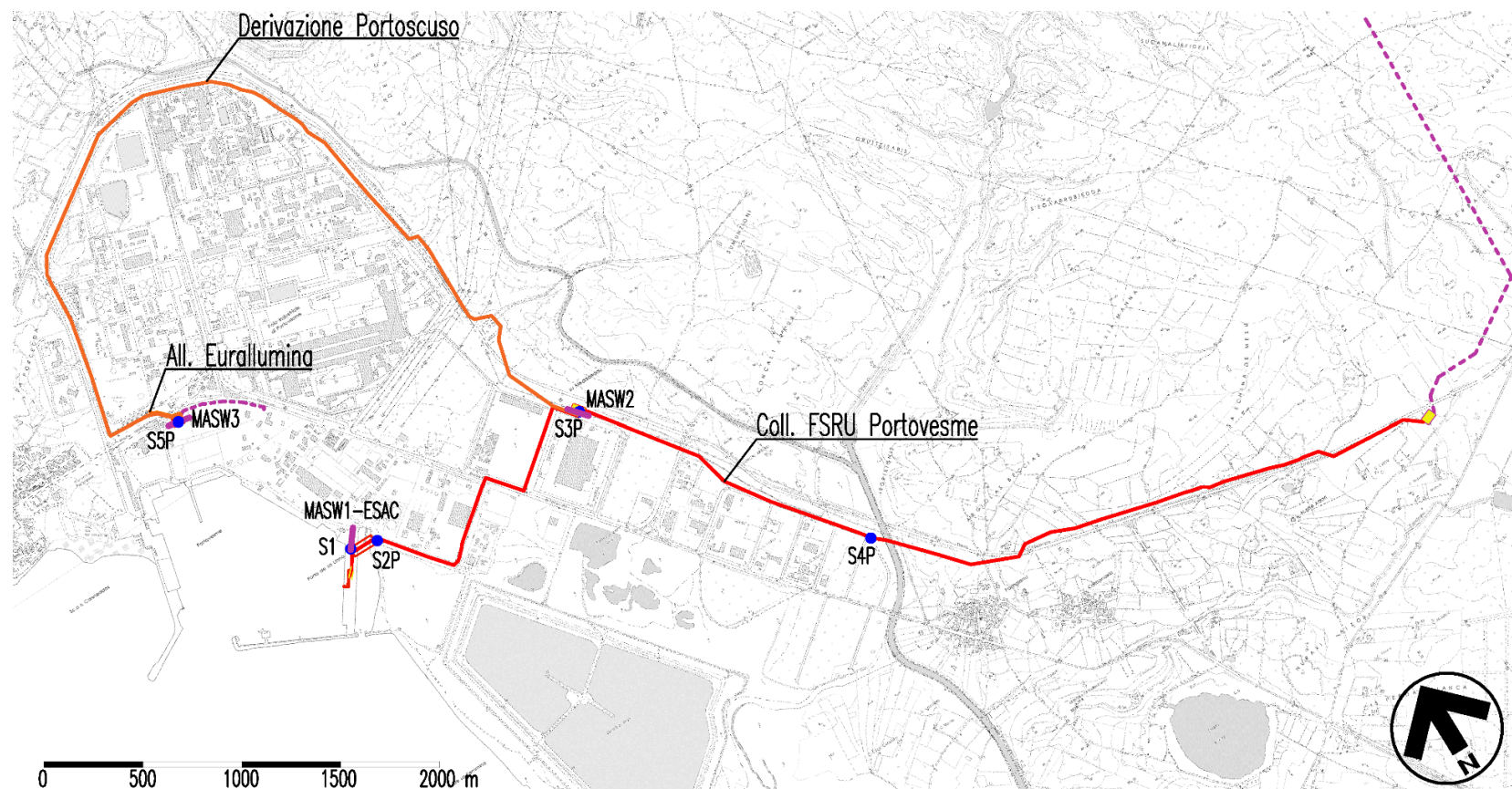


Figura 5.1: Inquadramento area con ubicazione indagini

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 10 di 18	<b>Rev.</b> 0



Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 6 RISULTATI PROVE SPT

Nei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche di tipo SPT (Standard Penetration Test). Tale prova consiste nella penetrazione di un campionatore tipo Raymond sul fondo del foro di sondaggio, con 3 avanzamenti successivi di 15 cm ciascuno. L'indice di resistenza alla penetrazione, indicato con la sigla  $N_{SPT}$ , risulta dal numero di colpi N necessari all'avanzamento di 30 cm e quindi relativi al secondo e terzo avanzamento. Il primo tratto di infissione è scartato poiché il terreno si ritiene alterato all'esecuzione del sondaggio. In Tabella 6.1 sono riportati i dati delle prove SPT.

ID	Profondità prove S.P.T. (m da p.c.)	N° colpi SPT			$N_{SPT}$	PUNTA	Terzaghi e Peck (1967)		Terzaghi e Peck (1948)	Meyerhoff, (1956)
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3			Consistenza	$C_u$ (kPa)	Densità	$\phi'(^{\circ})$
S1	6.00	14	21	32	53	aperta	-	-	Molto densa	45°
	12.00	13	24	34	58	aperta	-	-	Molto densa	45°
	15.50	16	23	36	59	aperta	-	-	Molto densa	45°
S2P	7.00	11	16	22	38	aperta	-	-	Densa	40° - 45°
	11.00	13	22	29	51	aperta	Dura	> 200	-	-
S3P	6.00	18	29	36	65	aperta	-	-	Molto densa	45°
S4P	6.50	15	24	37	61	aperta	Dura	> 200	-	-
S5P	6.00	16	22	34	56	aperta	-	-	Molto densa	45°
	12.00	15	23	36	59	aperta	-	-	Molto densa	45°

Tabella 6.1: Correlazioni prova SPT

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 11 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

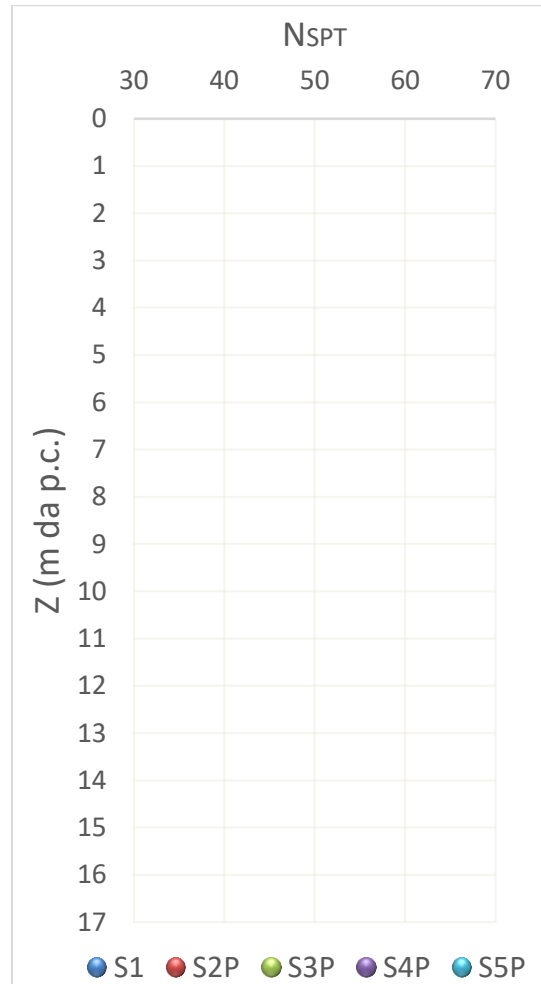


Figura 6.1 – Valori NSPT per i cinque sondaggi in funzione della profondità dal piano campagna

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 12 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 7 PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE LIBERA

In Tabella 7.1 **Error! Reference source not found.** sono riportate le letture piezometriche eseguite nei piezometri installati nei fori di sondaggio. In generale, si osserva la presenza di una superficie libera compresa entro circa 5 m da p.c.. La profondità minima registrata è di 2.6 m, ottenuta in corrispondenza del sondaggio S4P, con un massimo di 4.45 m al di sotto del p.c. in corrispondenza del sondaggio S5P.

PZ	Profondità sondaggio	Quota p.c.	Tipo di piezometro	Profondità falda rispetto al p.c.	Livello piezometrico
	(m)	(m s.l.m.)		(m)	(m s.l.m.)
S1	25	2	-	-	-
S2P	20	4	tubo aperto	4.02	0
S3P	10	8	tubo aperto	2.75	5.25
S4P	15	8	tubo aperto	2.62	5.38
S5P	18	11	tubo aperto	4.45	6.55

Tabella 7.1: Letture piezometriche

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 13 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 8 RISULTATI PROVE GEOFISICHE

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti a piano campagna. Si considera la propagazione delle onde di Rayleigh, poiché queste si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. I risultati di tali prove sono riportati in Tabella 8.1, associando a ciascun valore di  $V_s$  ottenuto la corrispondente categoria di sottosuolo secondo quanto indicato nelle NTC 2018 e riportato in Tabella 8.2. La categoria di sottosuolo prevalentemente interessata dal tracciato del metanodotto è la C, indicando in generale la presenza di depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.

Le prove ESAC sono analoghe alle prove per onde di Rayleigh con sorgente attiva, l'unica differenza è la procedura di stima della curva di dispersione sperimentale. Infatti, le misure passive non necessitano di una sorgente artificiale di onde sismiche ma sono basate sulla registrazione del rumore ambientale, che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche, o da fenomeni naturali; tali vibrazioni del terreno prendono il nome di microtremiti.

MASW/ESAC	$V_{s,eq}$ (m/s)	CATEGORIA
MASW_1	315	C
MASW_2	339	C
MASW_3	333	C
ESAC	265	C

Tabella 8.1: Risultati prove MASW

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 8.2: Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2. II delle NTC 2018)



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 14 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 9 RISULTATI PROVE DI LABORATORIO



Nel seguito, per ciascun sondaggio, sono riportati i risultati delle prove di laboratorio, distinguendo, per ciascun campione, i parametri meccanici (Tabella 9.1 *Tabella 9.2*) e quelli fisici (Tabella 9.2) ottenuti.

I valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio sono stati dedotti dalle prove di laboratorio e sono relativi a una resistenza di picco del materiale, un ulteriore calcolo è stato effettuato a partire dall'indice di plasticità  $I_p$  tramite la formula di Mitchell (Mitchell, J.K., 1976, *Fundamentals of soil behaviour*) per cui  $\sin \varphi' = 0.35 - 0.1 \ln I_p$ . La permeabilità del terreno, invece, è stata valutata per i due sondaggi posti in prossimità della costa tramite prova in cella edometrica.

Le granulometrie di tutti i campioni sono state determinate per setacciatura fino al passante 0.063. Solo per il provino CI1 del sondaggio S2P è stata condotta una prova di sedimentazione per la caratterizzazione del fino.

ID SONDAGGIO	CAMPIONE	q.ta prelievo (m da p.c.)	EDO	TD		TX UU cu (kN/m2)	$\varphi'$ Mitchell (°)
			K (m/s)	c' (kN/m2)	$\varphi'$ (°)		
S1	CR 1	3.00 ÷ 3.50	-	13	32	-	-
	CR 2	9.00 ÷ 9.50	1.81E-06	15	33	-	-
	CR 3	15.00 ÷ 15.50	1.02E-06	15	34	-	-
S2P	CR 1	3.00 ÷ 3.50	-	19	28	-	-
	CI 1	9.50 ÷ 10.00	4.29E-10	34	18	70	29.25
S3P	CR 1	5.50 ÷ 6.00	-	25	29	-	-
S4P	CI 1	6.00 ÷ 6.50	-	29	23	-	30.1
S5P	CR 1	3.00 ÷ 3.50	-	25	21	-	-
	CR 2	9.00 ÷ 9.50	-	22	36	-	-

Tabella 9.1: Risultati prove di laboratorio: proprietà meccaniche

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 15 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

ID	CAMPIONE	Profondità (m da p.c.)	W (%)	$\gamma_{umido}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{ecco}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{grani}$ (kN/m <sup>3</sup> )	n	e <sub>0</sub>	S <sub>r</sub> (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IP (-)	IC (-)	
S1	CR 1	3.00 ÷ 3.50	9.45	17.28	16.10	26.80	0.40	0.66	38.17	31.09	39.11	29.8		-	-	-	-	
	CR 2	9.00 ÷ 9.50	15.45	19.02	16.80	26.50	0.37	0.58	70.85	2.68	86.83	10.49		-	-	-	-	
	CR 3	15.00 ÷ 15.50	25.83	17.64	14.29	27.20	0.47	0.90	77.91	0.58	75.02	24.4		-	-	-	-	
S2P	CR 1	3.00 ÷ 3.50	16.98	18.02	15.71	26.90	0.42	0.71	64.07	16.01	61.38	22.61		-	-	-	-	
	CI 1	9.50 ÷ 10.00	32.84	18.56	14.25	27.30	0.48	0.92	97.97	0.03	1.49	42.53	55.94	46	21	25	0.52	A7-6
S3P	CR 1	5.50 ÷ 6.00	12.73	18.15	16.42	26.80	0.39	0.63	53.80	2.30	75.07	22.63		-	-	-	-	
S4P	CI 1	6.00 ÷ 6.50	18.24	19.60	16.91	26.90	0.37	0.59	82.91	1.18	37.80	61.02		36	14	22	0.82	A6
S5P	CR 1	3.00 ÷ 3.50	18.85	18.80	16.13	26.60	0.39	0.65	77.46	0.08	62.49	37.43		-	-	-	-	
	CR 2	9.00 ÷ 9.50	10.98	18.66	17.15	26.30	0.35	0.53	54.02	0.23	78.03	21.74		-	-	-	-	

Tabella 9.2: Risultati prove di laboratorio: proprietà fisiche

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 16 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 10 SISMICITÀ

Di seguito sono riassunte le principali informazioni riguardanti la sismicità del territorio attraversato dal metanodotto, approfonditamente trattate nella relazione dedicata allo studio sismico dell'area (Doc. No. REL-SIS-E-00010).



Il territorio della regione Sardegna è caratterizzato da una bassa sismicità e dall'assenza di strutture tettoniche attive, ciò comporta una bassa pericolosità sismica.

L'area in progetto si contraddistingue per una morfologia pianeggiante con deboli pendenze, inoltre le indagini di sismica attiva MASW e di sismica passiva ESAC eseguite, hanno permesso di classificarla come appartenente alla categoria di sottosuolo di tipo C, con valori di  $V_{eq}$  compresi tra 265,46 m/sec e 339,11 m/sec.

Per i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, da cui si ricavano i valori riportati in Tabella 10.1.

Parametri che definiscono l'azione sismica					
Stati limite		$T_r$	$a_g$ (g)	$F_o$	$T_c^*$ (s)
Stati limite di esercizio	SLO	60	0.025	2.685	0.299
	SLD	101	0.031	2.730	0.307
Stati limite ultimo	SLV	949	0.060	2.976	0.371
	SLC	1950	0.071	3.061	0.393

Tabella 10.1: Valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  espressi in (g);  $F_o$  è adimensionale,  $T_c^*$  è espresso in secondi.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 17 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 10.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e tensioni efficaci nulle.

In accordo con le NTC2018, la verifica di liquefazione può essere omessa nei seguenti casi:

- accelerazioni massime attese al piano campagna minori di 0.1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $N_1(60) > 30$  oppure  $q_{c1}N > 180$ , dove  $N_1(60)$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{c1}N$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 10.1.a caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e in Figura 10.1.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

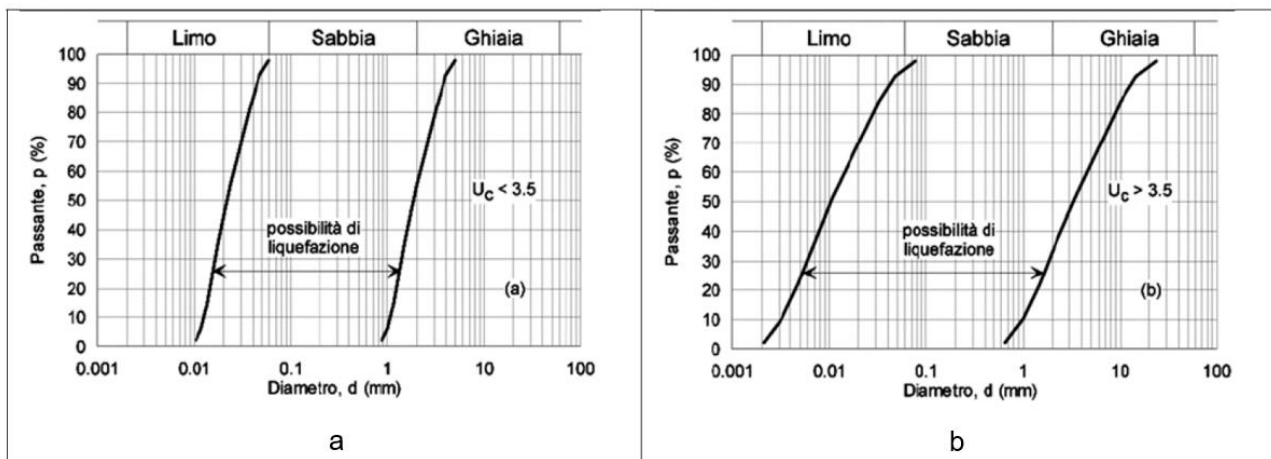


Figura 10.1: Distribuzione granulometrica per la suscettibilità dei terreni alla liquefazione

Nel caso specifico, in accordo con quanto previsto nelle N.T.C., la verifica a liquefazione può essere omessa in quanto per tempi di ritorno di 949 anni, corrispondenti allo stato limite ultimo SLV di salvaguardia della vita, come riportato in Tabella 10.1, si hanno accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/E19001</b>	<b>CODICE</b> <b>TECNICO</b> -
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>REL-GEO-E-00011</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –</b> <b>RETE ENERGETICA DI PORTOVESME</b> <b>DN VARI - DP VARI</b>	Pag. 18 di 18	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0037

## 11 MODELLO GEOTECNICO

Gli interventi in progetto si sviluppano nella regione Sardegna su un'area estesa, da ovest verso est, per circa 12.422 km, lungo i quali si possono osservare caratteristiche geologiche e morfologiche differenti. Sulla base dei risultati, sono stati definiti due differenti modelli geotecnici, uno per l'ambiente costiero e uno per l'entroterra.

Il primo modello (Tabella 11.1) è costituito da un sondaggio (S1) posto in prossimità della banchina di Portovesme e l'altro (S2P) in prossimità della costa, opposta al pontile e ad una distanza di circa 140 m da S1. Il sondaggio S1, dall'analisi granulometrica, presenta una percentuale di sabbia superiore e quindi un angolo d'attrito maggiore, ma a vantaggio di sicurezza si può uniformare il modello di S1 e S2P. Il sondaggio S2P a partire da una profondità di circa 9 m presenta una percentuale di fino consistente, comportando una riduzione notevole di  $\varphi'$ . Nonostante questo strato non sia stato incontrato in S1, nel modello geotecnico di riferimento si considera comunque la presenza di argilla con limo al di sotto dello strato di sabbia. Il livello di falda si attesta in corrispondenza del sondaggio S1 a circa 4 m da piano campagna.

Il secondo modello (Tabella 11.2), quello dell'entroterra, è costituito dai sondaggi S3P, S4P e S5P. Tutti i sondaggi presentano per tutta la loro lunghezza sabbia con matrice fina, con percentuali variabili tra il 21% e il 61%. Il livello di falda è compreso tra 2.6 m e 4.45 m.

Profondità	Tipo di terreno da stratigrafia	$\gamma$	$E_{edo}$	$c'$	$\varphi'$	$c_u$	$V_{s30}$
(m da p.c.)		(kN/m <sup>3</sup> )	(Mpa)	(kN/m <sup>2</sup> )	(°)	(kN/m <sup>2</sup> )	(m/s)
0.00 ÷ 9.00	Sabbia con ghiaia e matrice fina	18.00	5	0	28	-	265÷315
Oltre 9.00	Argilla con limo	17.00	5	0	24	70	

Tabella 11.1: Modello geotecnico sondaggi S1 e S2P

Profondità	Tipo di terreno da stratigrafia	$\gamma$	$E_{edo}$	$c'$	$\varphi'$	$c_u$	$V_{s30}$
(m da p.c.)		(kN/m <sup>3</sup> )	(Mpa)	(kN/m <sup>2</sup> )	(°)	(kN/m <sup>2</sup> )	(m/s)
0.00 ÷ 9.50	Sabbia con percentuale di fino	18.00	5	0	27	-	333÷339

Tabella 11.2: Modello geotecnico sondaggi S3P, S4P e S5P