

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 1 of 80	Rev. 5

MELITA TRANSGAS PIPELINE

PROJECT OF COMMON INTEREST PCI 5.19



Co-financed by the European Union
 Connecting Europe Facility

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA ITALIA

5	Approvato per Progetto Definitivo - AFD	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	13/03/2020
4	Aggiornamento: IFA-Emissione per approvazione	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	24/02/2020
3	Aggiornato con i commenti ricevuti: IFC-Emissione per commenti	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	17/02/2020
2	Aggiornato con i commenti ricevuti: IFC-Emissione per commenti	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	28/01/2020
1	IFC – Emissione per commenti	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	17/10/2019
0	IDC – Controllo Interno	G. Canna	G.Vecchio	A.Paterniani	16/10/2019
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 2 of 80	Rev. 5

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Scopo	5
1.2	Definizioni ed Abbreviazioni	5
1.2.1	Definizioni	5
1.2.2	Abbreviazioni	5
1.3	Riferimenti	7
1.3.1	Documenti di progetto	7
1.3.2	Bibliografia	7
1.3.3	Leggi e Normative	8
2	LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	9
2.1	Lineamenti geologici e tettonici generali	9
2.2	Lineamenti geologici e geomorfologici locali	10
2.3	Descrizione geomorfologica del tracciato del gasdotto	12
2.4	Caratteristiche idrografiche e idrogeologiche dell'area	13
3	CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA	15
3.1	Caratterizzazione geotecnica del tracciato	16
3.2	Analisi di laboratorio	19
3.3	Indagini geofisiche	22
3.3.1	Tomografia sismica a rifrazione	22
3.3.2	Tomografia geo-elettrica	25
3.3.3	Indagine geofisica con metodo (MASW)	31
4	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	33
4.1	Modello geologico	33
4.2	Modelli geotecnici lungo il tracciato del gasdotto in progetto	34
5	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA PRELIMINARE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	37
6	PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	40

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 3 of 80	Rev. 5

7	SISMICITA' STORICA DELL'AREA DI GELA	42
7.1	Pericolosità sismica di base	48
7.2	Pericolosità sismica locale	52
8	VALUTAZIONE DELLA METODOLOGIA DI COSTRUZIONE OPERE TRENCHLESS	74
8.1	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	74
8.1.1	Fattibilità della Trivellazione Orizzontale Controllata e rischi progettuali	75
8.2	Spingitubo	76
9	CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI	78
10	ANNESI	80

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 4 of 80	Rev. 5

1 INTRODUZIONE

L'opera in progetto denominata "Melita Transgas Pipeline, DN 550 (22") prevede la realizzazione di un gasdotto che collegherà l'isola di Malta con l'Italia. Il nuovo gasdotto è stato voluto dal Governo Maltese, la cui politica ha lo scopo di ridurre il costo di produzione dell'energia elettrica e di minimizzare l'impatto ambientale determinato dalla generazione di energia passando dai combustibili fossili liquidi al gas. Per raggiungere questi obiettivi, la politica del governo è quella di promuovere investimenti indipendenti nelle infrastrutture energetiche di Malta sotto forma di nuove strutture, favorendo l'importazione di gas naturale e di nuovi impianti di generazione ad alta efficienza dalla centrale elettrica di Delimara.

Gli studi condotti nelle fasi precedenti hanno chiaramente concluso che la soluzione più opportuna in termini di fattibilità, nelle condizioni di mercato attuali, è quella di collegare Malta alla Rete Europea del Gas mediante un gasdotto. L'opzione che collega Malta a Gela risulta preferibile in quanto la rete nazionale dei gasdotti italiani è già ubicata nei pressi del litorale risultando quindi più facilmente raggiungibile (vedi Figura 1-1).

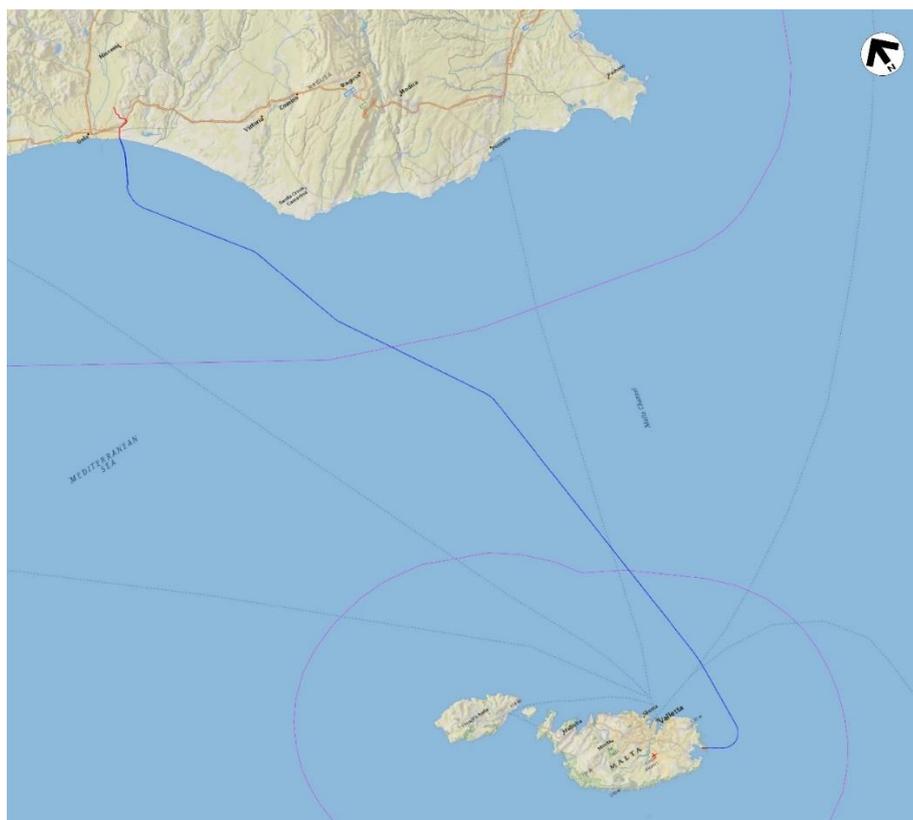


Figura 1-1 – Mappa generale del tracciato del gasdotto

L'attuale fase del progetto riguarda lo studio di Progettazione Definitiva (FEED).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 5 of 80	Rev. 5

1.1 Scopo

Lo scopo della presente documento è la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dell'area interessata dalla condotta in progetto, nel territorio comunale di Gela (parte a terra), del gasdotto "Melita Transgas Pipeline".

Per la definizione di dettaglio della successione stratigrafica del terreno, nonché per delineare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area oggetto di studio, sono state eseguite delle indagini e dei sopralluoghi in campo, lungo il tracciato del gasdotto in progetto. Queste attività, insieme alle informazioni bibliografiche reperite ed acquisite attraverso la consultazione di cartografie esistenti, hanno permesso di definire i lineamenti geologici, geomorfologici e sismici dell'area.

Sulla base del rilevamento geologico effettuato, sono stati delineati i principali litotipi, la loro struttura litostratigrafica, la relazione tra i sedimenti, e come questi possano condizionare la circolazione idrica sotterranea, in base alle principali caratteristiche idrogeologiche.

1.2 Definizioni ed Abbreviazioni

1.2.1 Definizioni

In questo documento verranno applicati i seguenti termini:

Cliente	Ministero Maltese per la gestione delle energie e delle risorse idriche.
Contrattore	Associazione temporanea di imprese Techfem/SPS, responsabile del progetto definitivo
Progetto	Gasdotto Malta-Italia (nominato: Melita Transgas Pipeline) da Gela (Italia) e Delimara (Malta) ed i relativi impianti e accessori.

1.2.2 Abbreviazioni

BVS	Punto di Intercettazione di Linea
D Lgs.	Decreto Legislativo
DISS	Database of Individual Seismogenic Source
ITHACA	ITaly Hazards from Capable faulting
GPS	Global Positioning System
TOC	Trivellazione Orizzontale Controllata
IMCS	Intensità Mercalli-Cancani-Sieberg
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ISC	Inner Sicilian Chain
P.A.I.	Piano Assetto Idrogeologico
PGA	Peak ground acceleration / Accelerazione di picco a terra
PRG	Piano Regolatore Generale
MSC	Middle Sicilian Chain

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 6 of 80	Rev. 5

NTC	Norme Tecniche per le Costruzioni
OSC	Outer Sicilian Chain
ss.mm.ii.	Successive modifiche ed integrazioni
SRG	Snam Rete Gas
STS	Sicilian Thrust System
TR	Tempo di ritorno
M.A.S.W.	Multichannel Analysis of Surface Waves
V_N	Vita nominale di progetto
C_U	Coefficiente d'Uso
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica
T_{NCR}	Periodo di ritorno
SLO	Stato Limite di Operatività
SLD	Stato Limite di Danno
SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita
SLC	Stato Limite di prevenzione del Collasso
WGS84	World Geodetic System 1984
ED50	European Datum 1950
A_{max}	Accelerazione orizzontale massima
a_g	Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido
F_0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_{C^*}	Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
K_h	Coefficiente sismico orizzontale
K_v	Coefficiente sismico verticale
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_t	Coefficiente di amplificazione topografica
S	Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
η	Fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%
T_B	Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro di accelerazione costante
T_C	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 7 of 80	Rev. 5

T_D Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

$S_e(T)$ Spettro di risposta elastico

1.3 Riferimenti

1.3.1 Documenti di progetto

- | | |
|-------------------|---|
| [1]. 10-RX-E-0101 | Progettazione ingegneristica Definitiva - FEED |
| [2]. 20-DT-D-5560 | Terminale di Gela – Planimetria e Prospetti |
| [3]. 10-RT-E-5100 | Alternative di tracciato a terra |
| [4]. 20-DT-D-5305 | Tracciato con carta geologica e idrogeologica - Italia |
| [5]. 20-DT-D-5301 | Tracciato di progetto – Italia (Scala 1:10000) |
| [6]. 20-DT-D-5304 | Strumenti di tutela e pianificazione nazionale e regionale – Italia (Scala 1:10000) |
| [7]. 10-DT-D-5510 | Tipologico Attraversamento in TOC |
| [8]. 20-ST-E-5003 | Specifica Tecnica per indagini geognostiche - Italia |
| [9]. Annesso 1 | Tracciato con carta geologica ed idrogeologica - Italia |
| [10]. Annesso 2 | Rapporto di prova indagini geognostiche |

1.3.2 Bibliografia

- [11]. Napoli G., Nigro F. & Renda P., The interation of compressional and extensional tectonics during the Sicily Chain building. Società Geologica Italiana, Vol. 21 (2012), pp. 178-180.
- [12]. F.C. Ghiesetti, A.R. Gorman, M. Grasso, L. Vezzani, Imprint of foreland structure on the deformation of a thrust sheet: The Plio-Pleistocene Gela Nappe (southern Sicily, Italia). Tectonics, Vol. 28, TC4015, August 2009.
- [13]. D. Minisini, F. Trincardi, A. Asioli, M. Canu and F. Foglini, Morphologic variability of exposed mass-transport deposits on the eastern slope of Gela Basin (Sicily channel), Basin Research 2007.
- [14]. R. Catalano, M. Agate, C. Albanese, G. Avellone, L. Basilone, M. G. Morticelli, C. Gugliotta, A. Sulli, V. Valenti, c. Gibilaro, S. Pierini. Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. Geol.F.Trips, Vol.5 No.2.3 (2013).
- [15]. F. Lentini, S. Carbone, Geology of Sicily. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. XCV (2014), pp. 7-414.
- [16]. Beneo E. (2012), Sull'olistostroma quaternario di Gela (Sicilia meridionale). Boll. Serv. Geol. It. 79, pp. 5-15.
- [17]. Studi geologici preliminari al P.R.G.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA		DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE		Pag. 8 of 80	Rev. 5

1.3.3 Leggi e Normative

- [18]. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- [19]. Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Allegato al voto n. 36 del 27 luglio 2007)".
- [20]. Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- [21]. Circolare applicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- [22]. Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) (art. 67 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152 e ss.mm.ii.). Bacino idrografico del fiume Gela e area territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Fiume Acate.
- [23]. Eurocodice 8: Progettazione sismica degli edifici
- [24]. Decreto legislative 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 9 of 80	Rev. 5

2 LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

2.1 Lineamenti geologici e tettonici generali

Il “Sicilian Thrust System” (STS) è un arco a pieghe e sovrascorrimenti, con vergenza Sud, che rappresenta la parte arcuata sub-orientale dell’Appennino Magrebide.

Tale STS è composto dalla Falda di Gela che include la sequenza sedimentaria pre-orogena del Mesozoico – Terziario inferiore, ed occupa la maggior parte dell’isola. (vedi Figura 2-1).

Tale arco si sviluppò durante il Neogene, in seguito alla chiusura dell’oceano Tetide e alla collisione continentale tra il blocco Sardo-Corso ed il margine africano.

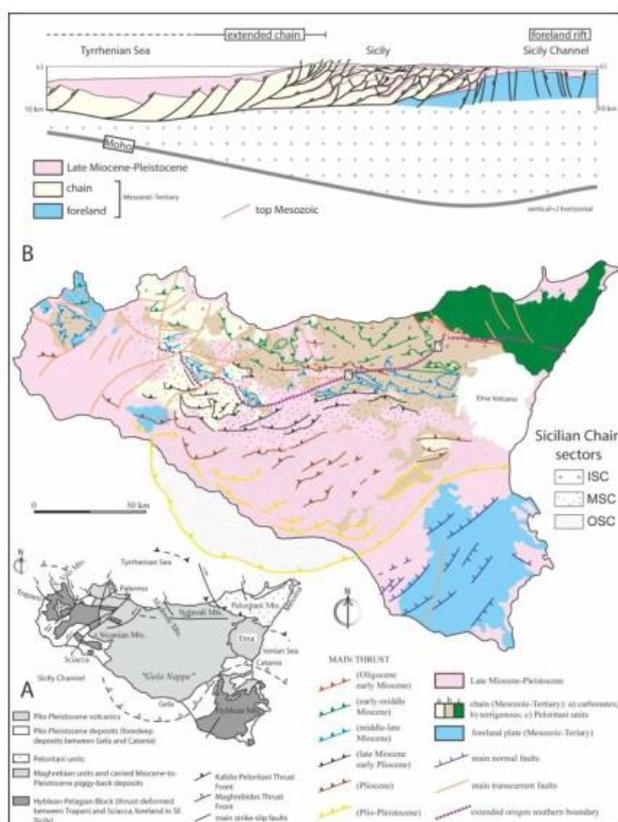


Figura 2-1 – Principali elementi strutturali in Sicilia. (B) Schema strutturale della Sicilia e sezione schematica. Il sistema di thrust è stato diviso in tre zone; Inner Sicilian Chain (ISC), Middle Sicilian Chain (MSC) e Outer Sicilian Chain (OSC) (Napoli G., Nigro F., Renda P., 2012).

Durante la costruzione dell’arco a pieghe e sovrascorrimenti (STS), il cuneo siciliano fu interessato sia da una fase estensionale che da un’ulteriore fase di compressionale, nella porzione più interna coerentemente con la crescita non lineare della deformazione.

La progressione della deformazione è rappresentata da diversi e significativi stadi tettonico-strutturali a livello regionale (deformazione degli strati piano-paralleli dovuta a

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 10 of 80	Rev. 5

fenomeni di compressione, pieghe e sovrascorrimenti, distensioni e nuovi sovrascorrimenti, fenomeni di fagliazione normale ed oblique)

Il STS viene suddiviso in tre settori (Figura 2-1): Inner Sicilian Chain (ISC), Middle Sicilian Chain (MSC) ed Outer Sicilian chain (OSC).

L'ISC, con andamento Ovest-Est nella Sicilia settentrionale, ed è il risultato della tettonica compressiva tra l'Oligocene superiore ed il Miocene superiore, che ha caratterizzato la collisione tra Africa ed Europa.

L'MSC e l'OSC sono costituiti principalmente da depositi di avanfossa risalenti all'Oligocene superiore – Pleistocene, presenti prevalentemente nella Sicilia centrale e meridionale, progressivamente coinvolti nei fenomeni compressivi di deformazione del periodo Miocene medio-superiore. La crescita Pliocenica del cuneo orogenetico, generato dall'aumento dei sedimenti sin-tettonici, è rappresentato da una regione tettonica nota come "Gela Nappe o Falda di Gela" (Beneo, 1958).

La Falda di Gela è la più giovane struttura compressiva nella parte esterna dell'Appennino siciliano, ma mostra una sequenza di deformazioni non riconducibili alle fasi compressive delle porzioni più interne del territorio. Il sistema di deformazione basale della Falda di Gela delinea un ampio arco, rivolto verso Sud, lateralmente vincolato dalla piattaforma Pelagianica-Africana, avanzante frontalmente, al di sopra dei depositi di avanfossa Plio-Pleistocenici. La struttura interna della Falda di Gela è visibile lungo la costa meridionale siciliana, dove è stata soggetta a fenomeni di piega e compressione.

Una prima generazione di pieghe, con orientamento Est-Ovest, da verticali a rovesciate, deformano la sequenza evaporitica Messiniana e la sottostante formazione Pliocenica inferiore, ovvero la Formazione dei Trubi. Il contatto "non conforme" della Formazione dei Trubi sulle strutture a piega Messiniane, e le successive deformazioni dei depositi appartenenti alla Formazione dei Trubi, organizzata in strutture che mantengono l'orientamento Est-Ovest, sono coerenti con molteplici episodi di tettonica compressiva. Queste deformazioni sono registrate dall'"unconformity", ovvero dall'inconformità dei limiti stratigrafici, intra-messiniana, dall'unconformity e dalle discontinuità presenti alla base e nella parte superiore della Formazione dei Trubi.

2.2 Lineamenti geologici e geomorfologici locali

Il sito oggetto di studio, ha una lunghezza di circa 7 chilometri ed un orientamento approssimativo, da NNO a SSO, localizzato sul margine orientale della pianura di Gela.

La pianura di Gela è formata da sedimenti, originatisi per erosione e successivo trasporto e deposizione, di elementi provenienti dal fronte esterno della catena siciliana emersa. La sedimentazione all'interno di tale bacino è stata fortemente influenzata dalle sollecitazioni tettoniche, contemporanee alla deposizione, le quali hanno causato ripetute oscillazioni dell'orizzonte deposizionale, provocando molteplici eventi di trasgressione ed ingressione marina.

I fenomeni di ingressione marina, ovvero l'ingresso di acqua marina nell'entroterra, ha prodotto l'erosione dei termini che costituiscono la porzione anteriore della catena e parte dell'attuale avanfossa, depositando, durante la regressione, sottili livelli di depositi sabbioso-limosi. Pertanto, le successioni stratigrafiche che caratterizzano il substrato della pianura di Gela, sono il risultato dell'alternanza della deposizione, rielaborazione dei

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 11 of 80	Rev. 5

sedimenti da parte dell'acqua ed evaporazione delle stesse. Tali successioni stratigrafiche risultano, quindi, caratterizzati da depositi prevalentemente argillosi, marnosi, sabbiosi ed evaporitici, formati all'interno di un contesto tettonico attivo.

La sequenza stratigrafica Miocenico-Quaternaria dell'area di Gela, ricostruita su base bibliografica, è composta (partendo dalla parte superiore della struttura stratigrafica) da quanto segue:

- Depositi argillosi passanti verso l'alto ad argille sabbiose e sabbie;
- Formazione dei Trubi (Pliocene inf);
- Gessi con intercalazione di marne argillose appartenenti all'unità evaporitica superiore (Messiniano);
- Calcarea evaporitico (Calcarea di base, Messiniano);
- Diatomee e Diatomee marnose (Messiniano);
- Depositi silicoclastici passanti verso l'alto ad argille sabbiose e marne calcaree pelagiche (pre-Messiniano).

Le successioni più antiche, invece, sono rappresentate dalla Formazione di Licata. Questa formazione è caratterizzata da litotipi argillosi ed argilloso-marnosi di colore grigio-blu o marrone con presenza di foraminiferi planctonici. Questi depositi sono ricoperti, in discordanza angolare, da successioni evaporitiche, che non emergono nella loro interezza, specialmente nelle porzioni stratigrafiche più profonde.

La struttura geologica del sottosuolo della Piana di Gela è caratterizzata, quindi, da terreni prevalentemente a composizione argillosa, con intercalazione discontinua di intervalli evaporitici, con spessore da centinaia a diverse migliaia di metri. Tali terreni risultano ricoperti in modo discontinuo, da un sottile livello di depositi alluvionali e localmente da depositi calcarenitici del Quaternario, con contenuto variabile di limo, avente spessore di alcune decine di metri.

In sintesi l'area di studio, ricade all'interno della cosiddetta Avana fossa esterna, la quale rappresenta un'area depressa che mette direttamente a contatto il substrato calcareo (substrato Ibleo) con i depositi clastici Quaternari coinvolti nei recenti eventi di sollevamento (uplift) (Figura 2-2).

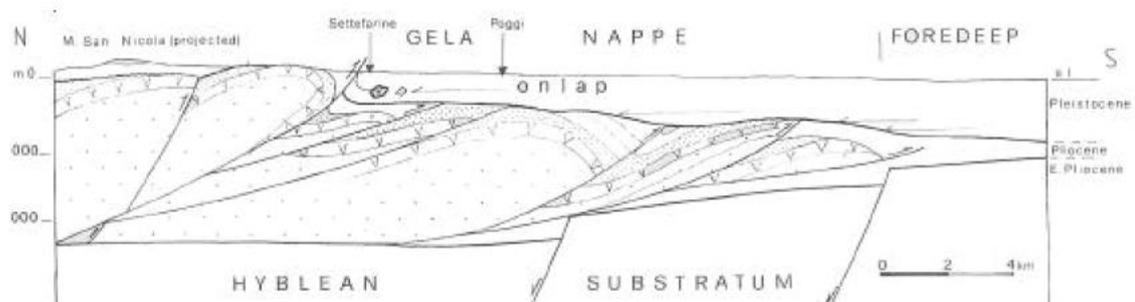


Figura 2-2 Sezione geologica schematica della Piana di Gela (Ragg et al., 1999).

Lo schema strutturale dell'area è il risultato di una serie di eventi tettonici, distensivi e compressivi, che hanno prodotto, come risultato, l'assetto strutturale attuale. In grandi

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 12 of 80	Rev. 5

linee l'area è caratterizzata da un'anticlinale bordata e delimitata da faglie compressive ed estensionali, orientate nella direzione N/NE – S/SO.

2.3 Descrizione geomorfologica del tracciato del gasdotto

Il tracciato del gasdotto, seguendo le indicazioni fornita nel documento “[1].[3]Alternative di tracciato a terra”, Rif. [3], inizia dal punto concordato con S.R.G., situato a circa 5 chilometri verso Nord-Est, dall'area denominata “Piana del Signore” Rif. [1], dove alla progressiva 0+045 è prevista la realizzazione dell'area trappola (20-DT-D-5560 Terminale di Gela – Planimetria e Prospetti [2]).

A valle del terminale di Gela, il tracciato prosegue in direzione Sud, passando in terreni ad uso agricolo e successivamente si posiziona in stretto parallelismo all'esistente metanodotto SRG “Gela-Enna”, per circa 1.1 km, al fine di sfruttare il corridoio tecnologico esistente ed evitare delle aree interessate da instabilità geomorfologica.

Questa area è caratterizzata da una geomorfologia pianeggiante che si connette, in direzione Est, con lievi dislivelli e rilievi collinari che dolcemente si collegano una con l'altra, separate da modeste incisioni e letti fluviali appartenenti a corsi d'acqua stagionali.

L'area pianeggiante degrada dolcemente verso il mare, con pendenze del 2-3% circa, caratterizzata da depositi di natura alluvionale (depositi alluvionali olocenici caratterizzati da limo, sabbia e argilla), intervallati da strati costituiti da antichi fondali lacustri. Tutto ciò genera un'alterazione di depositi eterogenei con scarse caratteristiche meccaniche, nonché la presenza di acquiferi stagionalmente più o meno estesi e superficiali.

Intorno alla progressiva chilometrica 2, il tracciato del metanodotto in progetto gira verso Est, lasciando il parallelismo con il metanodotto S.R.G. “Gela-Enna” si posiziona a distanza di sicurezza da una cava esistente. Da qui, tramite tecnologia trenchless, per una lunghezza di circa 540 metri (metodo T.O.C., Rif. [7]) raggiunge la cima del rilievo collinare ad Est del cimitero Farello. Successivamente, il gasdotto discende lungo la linea di massima pendenza il versante collinare, raggiungendo la prima area BVS N°1, situata a monte dell'attraversamento ferroviario, della tratta “Gela-Catania”, nell'area pianeggiante limitrofa al Canale Priolo.

In questa sezione, il gasdotto si posiziona su di un rilievo collinare caratterizzato da un'alternanza di argilla limosa (Pleistocene) e da depositi sabbiosi. Queste litologie sono presenti sino all'attraversamento ferroviario. Successivamente l'attraversamento, il tracciato del gasdotto prosegue in direzione Sud-Ovest a si posiziona all'interno della pianura alluvionale del Canale Priolo, formata da depositi alluvionali olocenici (sabbie limose e argille).

Intorno alla chilometrica 4+650, il tracciato si snoda su di una superficie leggermente ondulata, caratterizzata da depositi costituiti da un'alternanza di strati limosi e sabbiosi. Il gasdotto gira, quindi, verso Ovest e ritorna in parallelismo con il metanodotto S.R.G. “Gela-Enna” e successivamente attraversa, in direzione Est, la linea ferroviaria “Canicatti-Siracusa”. Quest'andamento litologico e morfologico è presente sino alla progressiva chilometrica 5+800.

Successivamente, il tracciato del metanodotto si orienta in direzione Sud incontrando depositi alluvionali e successivamente depositi limosi.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 13 of 80	Rev. 5

Superata la progressiva chilometrica 6+700, il percorso del metanodotto si imposta all'interno delle dune e vicino ai depositi di spiaggia, costituiti da sabbie fini biancastre (Olocene).

2.4 Caratteristiche idrografiche e idrogeologiche dell'area

Caratteristiche idrografiche

La pianura di Gela è attraversata dall'omonimo fiume, dove, nell'area in esame, si sviluppa in direzione NE-SO e assume, nella parte settentrionale, un aspetto prevalentemente meandriforme, con curve molto strette.

Il sito in questione si trova ai margini del bacino idrografico del fiume Gela, il quale si estende per circa 567.96 km².

Il Fiume Gela, elemento principale del sistema idrografico, si sviluppa in direzione NE-SO, inizia il suo decorso nei pressi di Mazzarino e sfocia nel Mar Mediterraneo. Il deflusso superficiale è di carattere intermittente, legato al regime pluviometrico, e limitato e modulato, tra l'altro dalla presenza del lago artificiale "Dusseri".

Lungo il suo percorso, all'interno del territorio comunale di Gela, esso intercetta a circa 3 chilometri dalla foce, il Torrente Maroglio, anch'esso con andamento NE-SO.

La porzione meridionale del bacino di Gela, che è quella in cui si colloca l'area di studio, è caratterizzata da una morfologia pianeggiante e, dal punto di vista geologico, è caratterizzato da depositi alluvionali.

Caratteristiche idrogeologiche

Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi presenti nell'area di studio possono essere raggruppati in quattro distinte classi di permeabilità:

- 1) Litotipi a permeabilità primaria media: Rientrano all'interno di questo gruppo i depositi alluvionali eterogenei e a litologia variabile da sabbie limose ad argille limose, caratterizzati da una permeabilità variabile (da medio alta a medio-bassa). Queste formazioni includono spesso, come intercalazioni, orizzonti ad elevata permeabilità i quali diventano vie preferenziali per la circolazione dell'acqua.
- 2) Litotipi a bassa o nulla permeabilità: Fanno parte del gruppo i depositi argillosi, argilloso marnosi e le marne
- 3) Litotipi con elevata permeabilità secondaria: Sono i calcari appartenenti alla formazione gessoso-solfifera del Messiniano, all'interno dei quali la circolazione dell'acqua è dovuta soltanto alla presenza di piani di frattura o strutture carsiche.
- 4) Litotipi con elevata permeabilità primaria: Rientrano le sabbie ed i calcari del Pliocene

La pianura di Gela, rappresenta il sito di un acquifero con potenzialità ridotta, in relazione allo spessore ed all'estensione areale, dell'orizzonte sabbioso-calcarenitico del Pleistocene, affiorante. Questo acquifero è confinato, nella parte bassa, dai depositi argillosi che presentano uno spessore di migliaia di metri, al di sotto dei quali si riscontra il substrato ibleo-carbonatico della "Formazione di Ragusa". Questo acquifero non può essere considerato come un corpo idrico sotterraneo significativo, in quanto non è in grafo

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA		DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE		Pag. 14 of 80	Rev. 5

di ospitare una falda acquifera di interesse né da un punto di vista quantitativo né dal punto di vista qualitativo.

In particolare, i litotipi intercettati dal tracciato del gasdotto in progetto, sono rappresentati dai depositi alluvionali del Fiume Gela, caratterizzati da una prevalente permeabilità primaria, quindi dovuta solo dalla loro porosità, in quanto sono costituiti da materiale relativamente poco consolidato e quindi poco fratturabile.

Il grado di permeabilità di tali depositi è molto variabile (specialmente lungo la verticale) e dipende dalla granulometria degli stessi. Complessivamente mostrano un grado di permeabilità medio-basso.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 15 of 80	Rev. 5

3 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche, geologiche e geomorfologiche, nell'area oggetto di studio è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche (Rif. [9] e [10]), nella quale sono state eseguite delle indagini geognostiche, geofisiche ed ambientali.

In particolare all'interno della campagna di indagine sono stati effettuati le seguenti indagini:

- N°7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- N°3 saggi esplorativi per indagini ambientali;
- N°4 MASW multichannel analysis of surface waves;
- N°8 tomografie elettriche
- Analisi geotecniche di laboratorio.

La posizione dei sondaggi eseguiti, lungo il tracciato del gasdotto in oggetto, è indicata nelle figure seguenti (vedi Figura 3-1 e Figura 3-2).

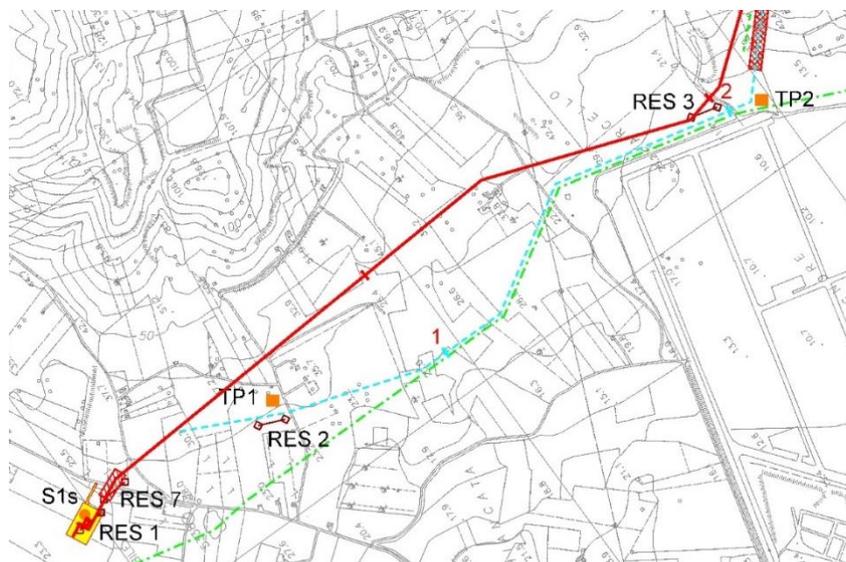


Figura 3-1 – Ubicazione indagini geognostici, geofisici ed ambientali

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 16 of 80	Rev. 5

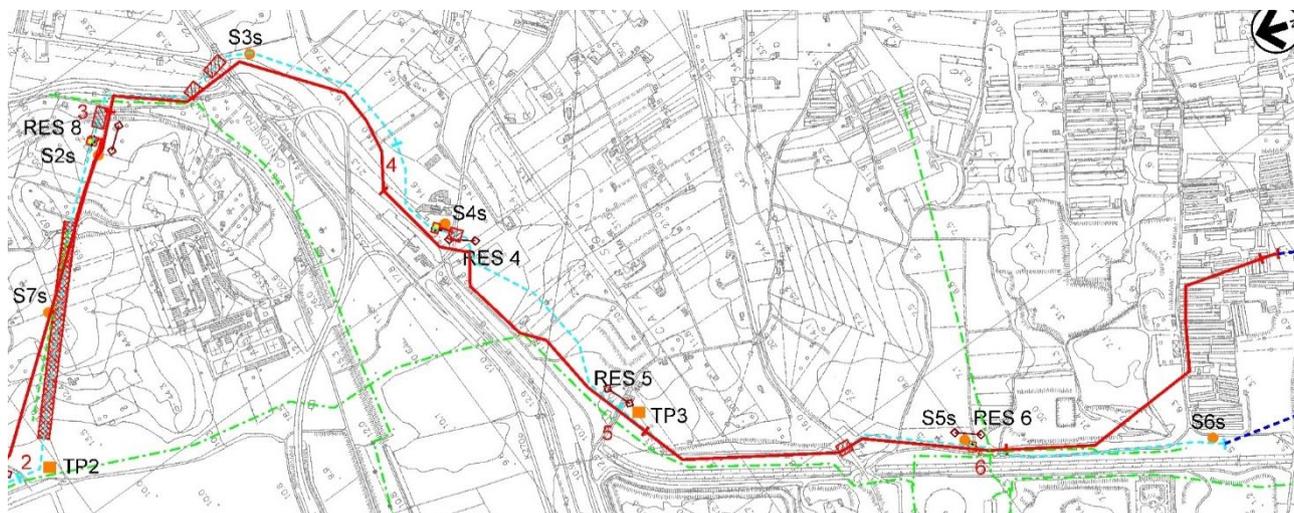


Figura 3-2 – Ubicazione indagini geognostici, geofisici ed ambientali

3.1 Caratterizzazione geotecnica del tracciato

Durante la campagna di indagine sono stati eseguiti sette sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con prelievo e conservazione delle carote di terreno estratte. La profondità di investigazione dei sondaggi varia tra i 10 ed i 35 metri dal piano campagna. Le specifiche caratteristiche dei sette sondaggi geognostici, vengono riassunti nella seguente tabella (Tabella 3-1).

Sondaggio	Coordinate (UTM 33N)	Profondità (m)	Quota (m. m.s.l.)	N° S.P.T.	N° campioni indisturbati
S1s	4104016.44 N 439278.99 E	20	24.00	4	4
S2s	4104019.63 N 439811.81 E	10	33.00	2	2
S3s	4100964.93 N 439879.82 E	10	24.00	2	2
S4s	4100805.44 N 439066.08 E	10	16.00	2	2
S5s	4100008.21 N 437789.54 E	10	10.00	2	2
S6s	4099457.81 N 437383.55 E	30	8.00	6	6
S7s	4101751.88 N 439504.80 E	35	69.00	6	2

Tabella 3-1 – Riepilogo dei sondaggi geognostici eseguiti

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 17 of 80	Rev. 5

Per maggiori informazioni sui risultati dei sondaggi geognostici, log stratigrafici e foto si fa riferimento all'Annesso 2.

Attraverso le indagini geognostiche eseguite è stato possibile ricostruire ed interpretare la struttura del substrato, e tramite le stratigrafie, i relativi orizzonti litostratigrafici.

Di seguito si riporta una descrizione schematica della stratigrafia per ogni sondaggio eseguito.

- **Sondaggio S1s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-1.30	Suolo
1.30-16.00	Sabbie limose color ocra
16.00-20.00	Argilla sabbiosa grigia

- **Sondaggio S2s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-0.90	Suolo
0.90-10.00	Argilla limosa color nocciola

- **Sondaggio S3s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-1.60	Suolo
1.60-8.95	Sabbie limose color marrone scuro, da 8.70 m a 8.95 m inclusione di ciottoli centimetrici eterogenei
8.95-10.00	Argille nocciola con striature grigie

- **Sondaggio S4s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-0.60	Suolo
0.60-4.00	Limi sabbiosi di color marrone (livello di color marrone scuro tra 2.30 e 4.00 m)
4.00-10.00	Argille limose color nocciola con livelli sabbiosi ocracei, dai 5.50 m intercalazioni di clasti centimetrici di colore bianco

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 18 of 80	Rev. 5

- **Sondaggio S5s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-0.30	Suolo
0.30-10.00	Argilla limosa color nocciola con striature grigie e livello sabbiosi ocracei

- **Sondaggio S6s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-4.70	Sabbia debolmente limosa alternata a limi sabbiosi color giallo ocra
4.70-16.30	Argille sabbiose e sabbie argillose color giallo ocra con striature grigie
16.30-17.60	Sabbia grossolana ocracea con clasti organogeni bianchi e ciottoli centimetrici. Livello di marna sabbiosa grigia compatta da 17.50 a 17.60 m
17.60-30.00	Arenaria tenera color giallo ocra con livelli di conglomerato sabbioso tenero con ciottoli centimetrici eterogenei

- **Sondaggio S7s**

Spessore (m)	Descrizione litologica
0.00-32.75	Sabbia debolmente limosa color giallo ocra, alternata a livelli di calcarenite tenera con rari livelli tenaci
32.75-33.70	Argilla grigia con livelli ocracei
33.70-35.00	Argilla grigia compatta

Dall'osservazione e dall'interpretazione delle stratigrafie ricostruite dai sondaggi geognostici, la litostratigrafia dell'area può essere schematizzata come segue:

- **Suolo (coltre pedogenetica)**

La coltre pedogenetica riscontrata dai sondaggi presenta come un orizzonte relativamente sottile, con spessore variabile dai 0.3 ai 1.30 m, ed è stata riscontrata nei sondaggi dall'S1s all'S5s. Tale coltre pedogenetica è costituita

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 19 of 80	Rev. 5

prevalentemente da sabbie e presenta una densità bassa. Tale livello risulta essere in transizione graduale con i sottostanti depositi olocenici, caratterizzato da depositi sabbiosi e silteosi.

➤ **Depositi olocenici**

Tali depositi olocenici sono caratterizzati da: depositi dunali, mobili e fossili, consistenti in sabbie e rari ciottoli, originatesi dalla disgregazione delle sabbie pleistoceniche e la loro successivo accumulo. Sabbie di spiaggia, distribuite e presenti in modo continuativo lungo la linea di costa.

➤ **Depositi plesitocenici**

Sono costituiti da depositi marnosi, limosi ed argillosi marini, risalenti al Pleistocene, di colore grigio-blu, che costituiscono il substrato delle formazioni presenti nell'area della pianura di Gela. Limi e limi sabbiosi, marne di colore ocra, con granulometria medio-fine, e rari livelli conglomeratici e locali intercalazioni calcarenitiche, costituiscono i rilievi collinari.

3.2 **Analisi di laboratorio**

Sono stati eseguiti test di laboratorio sui campioni indisturbati secondo quanto descritto dalle normative ISO, ASTM, DIN e BS. Le seguenti analisi sono state eseguite su 20 campioni prelevati durante la campagna di indagine geognostica. Tali analisi consentono la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in corrispondenza delle aree in cui vengono realizzati gli impianti, le aree di attraversamento con tecnologia trenchless e l'area di passaggio tra il mare e la terra, ovvero lo "shore approach" (Rif. [8], [10]).

Di seguito vengono indicate le tipologie di analisi eseguite, e per i risultati si rimanda alla Figura 3-3.

- Determinazione del contenuto medio d'acqua

Il contenuto medio d'acqua del terreno nelle condizioni naturali (espresso come percentuale del peso umido) è stato determinato in accordo con lo standard CEN ISO/TS 17892-1.

- Determinazione del peso medio dell'unità di volume

Il peso medio dell'unità di volume del terreno allo stato naturale è stato determinato su piccoli campioni, nel caso di terreni coesivi e sull'intero campione indisturbato nel caso in cui sono presenti terreni fragili o non coesivi. (CEN ISO/TS 17892-2).

- Limiti di Atterberg

Il contenuto di umidità corrispondente al limite liquido, al limite plastico e l'indice di plasticità viene determinato secondo i metodi citati all'interno degli standard CEN ISO/TS 17892-12.

- Granulometria

La dimensione delle particelle superiore a 0.075 mm di diametro (sabbie e ghiaie) è stata determinata tramite analisi meccanica, ovvero mediante setacciatura, mentre l'analisi granulometrica per sedimentazione effettuata con l'uso del

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA		DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE		Pag. 20 of 80	Rev. 5

densimetro, è stata eseguita per le particelle inferiori al diametro di 0.075 mm, CEN ISO/TS 17892-4.

- Determinazione della densità tramite prova Proctor (modificata)

Tale test segue le indicazioni riportate nello standard ASTM D698-12.

- Prova di taglio diretto

Tale prova segue le indicazioni riportate all'interno degli standard CEN ISO/TS 17892-10 / ASTM D3080-11.

- Analisi su roccia

Queste analisi vengono eseguite esclusivamente su campioni di roccia (nel nostro caso non sono state eseguite in quanto non sono state riscontrate rocce nelle litologie investigate).



MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

techfem **sps**

CONTRATTO N.
CT 3108/2018

COMMESSA
171001

LOCALITA'
MALTA & ITALIA

DOC. 20-RT-E-5007

PROGETTO
MELITA TRANSGAS PIPELINE

Pag. 21 of 80

Rev.
5

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ_s	eo	n	Sr	granulometria				limiti			Taglio		
			(%)	(t/m ³)					Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c' KN/m ²	ϕ' (°)
S1s	C 1	3,60 - 4,00	14,21	2,02	2,69	0,52	0,34	73,90	1,42	25,76	35,73	37,09	47	18	1,14	A7-B	42	19
S1s	C 2	10,00 - 10,40	19,79	2,08	2,73	0,57	0,36	94,71	0,26	20,03	31,41	48,30	49	17	0,92	A7-B	31	22
S1s	C 3	14,60 - 15,00	18,14	2,05	2,72	0,57	0,36	86,78	0,36	10,58	29,35	59,72	46	20	1,05	A7-B	36	21
S1s	C 4	18,60 - 19,00	21,46	2,03	2,74	0,64	0,39	92,04	0,00	0,75	43,92	55,33	46	19	0,92	A7-B	35	22
S2s	C 1	3,60 - 4,00	19,26	1,99	2,71	0,63	0,39	83,30	0,00	3,58	42,51	53,91	53	18	0,96	A7-B	31	20
S2s	C 2	8,60 - 9,00	19,83	2,02	2,73	0,62	0,38	87,73	0,00	3,68	42,06	54,26	35	18	0,92	A8	36	23
S3s	C 1	3,60 - 4,00	13,33	2,11	2,68	0,44	0,30	81,89	0,11	66,42	16,25	17,22	--	--	--	--	23	35
S3s	C 2	9,60 - 10,00	23,12	1,98	2,75	0,71	0,41	90,05	0,00	11,20	26,68	62,13	67	30	1,18	A7-B	26	24
S4s	C 1	4,60 - 5,00	18,77	2,09	2,70	0,53	0,35	95,01	16,71	22,63	27,51	33,15	44	12	0,79	A7-B	29	22
S4s	C 2	9,00 - 9,40	22,94	2,04	2,72	0,64	0,39	98,08	0,00	1,68	31,55	66,76	47	22	0,97	A7-B	31	20
S5s	C 1	3,60 - 4,00	25,18	1,99	2,71	0,71	0,41	96,90	0,00	1,60	46,55	51,85	54	21	0,87	A7-B	30	18
S5s	C 2	8,00 - 8,40	32,22	1,91	2,73	0,89	0,47	99,11	0,00	1,61	46,16	52,23	48	29	0,83	A7-B	38	20
S6s	C 1	5,00 - 5,40	28,09	1,96	2,75	0,80	0,44	96,54	0,00	1,73	37,70	60,56	51	27	0,94	A7-B	28	19
S6s	C 2	9,00 - 9,30	15,42	1,79	2,68	0,72	0,42	57,09	3,15	85,10	--	--	--	--	--	--	16	33
S6s	C 3	15,00 - 15,30	12,76	2,00	2,67	0,50	0,33	67,61	0,07	69,43	20,04	10,45	--	--	--	--	18	34
S6s	C 4	20,00 - 20,30	11,30	2,04	2,67	0,46	0,31	65,99	2,02	71,42	14,50	12,05	--	--	--	--	17	33
S6s	C 5	24,00 - 24,30	11,40	1,85	2,67	0,60	0,38	50,38	1,09	65,27	22,71	10,93	--	--	--	--	19	34
S6s	C 6	29,30 - 29,60	9,90	2,01	2,68	0,46	0,32	57,22	5,50	64,15	19,46	10,89	--	--	--	--	21	36
S7s	C 1	10,00 - 10,40	18,26	2,01	2,69	0,58	0,37	84,76	7,93	35,43	28,96	27,66	43	19	1,05	A7-B	34	23
S7s	C 2	34,00 - 34,40	23,26	2,03	2,73	0,66	0,40	95,96	0,00	2,13	38,01	59,86	74	27	1,08	A7-B	35	24

Figura 3-3 – Riassunto dei risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 22 of 80	Rev. 5

3.3 Indagini geofisiche

3.3.1 Tomografia sismica a rifrazione

Il metodo della sismica a rifrazione si basa sulla misura del tempo di viaggio, delle onde sismiche rifratte, in corrispondenza dell'interfaccia tra due strati, caratterizzati da differenti velocità, presenti nel sottosuolo.

Principalmente, la sismica a rifrazione viene utilizzata per la determinazione della profondità e della struttura del substrato roccioso. La velocità delle onde sismiche, all'interno di un mezzo, dipende sia dall'elasticità che dalla densità del materiale attraversato; pertanto, l'indagine sismica a rifrazione ci dà informazione sulla misura della resistenza del materiale che conseguentemente può essere utilizzata come ausilio nella valutazione della rippabilità e della qualità della roccia. Tale tecnico viene applicata con successo nella mappatura della profondità della base di cave riempite, determinare la profondità delle discariche e dello spessore dello strato di copertura e geometria degli acquiferi sotterranei.

Lo scopo è di determinare un dettagliato andamento della distribuzione della velocità delle onde sismiche longitudinali nel sottosuolo. Lo sviluppo metrico lineare delle indagini sismiche effettuate è risultato pari a 600 m.

La metodologia adottata si avvale di un dispositivo geometrico punto di scoppio – geofoni "base distante in linea". La strumentazione è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S.

Le onde di compressione P sono state generate mediante fucile sismico a cartuccia industriale. I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo con apposito software (CWP/SU) per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P)

Risultato dell'indagine ST 1 eseguita longitudinalmente alla trenchless (TOC)

I risultati consistono nella restituzione dell'indagine sismica del sottosuolo espressa in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche P (modello di velocità default e modello di velocità normalizzato al valore massimo riscontrato) e di densità di raggi sismici (modello della densità dei raggi sismici). Quest'ultimo indica il numero di volte che la cella viene attraversata dai raggi sismici, in altri termini, seguendo il principio di Fermat, corrisponde al percorso più breve che il raggio sismico compie nel percorso sorgente ricevitore.

Dal punto di vista geo-litologico nell'area investigata affiorano sabbie limose ed argille ricoperti da una coltre pedogenetica.

Di seguito si riportano i risultati delle tomografie sismiche e le ubicazioni dei transetti sismici su base topografica geo-referenziata.

Dai modelli di velocità risulta che la V_p è compresa tra 220.5 m/s e 1801.3 m/s e che tali valori sono da attribuire alla variazione dello stato di alterazione della coltre di copertura superficiale ed allo stato di compattezza dei terreni di natura sabbioso-limoso ed argilloso che costituiscono il substrato dell'area di studio. Le variazioni di velocità rilevate sono verticali e sono da correlare con il diverso stato di consistenza e di alterazione dei terreni investigati.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA		DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE		Pag. 23 of 80	Rev. 5

Le sezioni densità raggi sismici mostrano la presenza di due orizzonti sismici: il primo coincide con il passaggio tra la coltre superficiale costituita da terreni a grana grossolana in matrice limo sabbiosa e da sabbie debolmente limose; il secondo, invece, si rileva al passaggio tra le sabbie limose e le argille grigio azzurre.

In funzione dei modelli di velocità delle sezioni di densità dei raggi sismici, si propone la seguente sismo-stratigrafia:

- **$V_p < 800$ m/s:** 1° sismostrato. È attribuibile a sabbie debolmente limose con grado di addensamento crescente con la profondità. La copertura con velocità < 700 m/s sono da riferire all'aerato, ovvero mezzo fisico non completamente saturo (scarso stazionamento dell'acqua) laddove avvengono gli interscambi con l'atmosfera (presenza d'aria). Lo spessore medio risulta circa 4 m. Quest'ultimo sismostrato è riferibile alla copertura superficiale costituita da terreni a grana grossolana in matrice limoso-sabbiosa.
- **$800 < V_p < 1200$ m/s:** 2° sismostrato. Sabbie debolmente limose. Lo spessore di tale sismostrato varia da 2.50 m a 30.5 metri mentre lo spessore medio risulta pari a 15.1 m.
- **$1200 < V_p < 1500$ m/s:** 3° sismostrato. Argille grigio-azzurre alterate.
- **$V_p > 1500$ m/s:** 4° sismostrato. Argille grigio-azzurre.

Di seguito si riportano i modello di velocità normalizzati, i modelli densità dei raggi sismici e le sezioni sismo-stratigrafiche (Figura 3-4Figura 3-4).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 24 of 80	Rev. 5

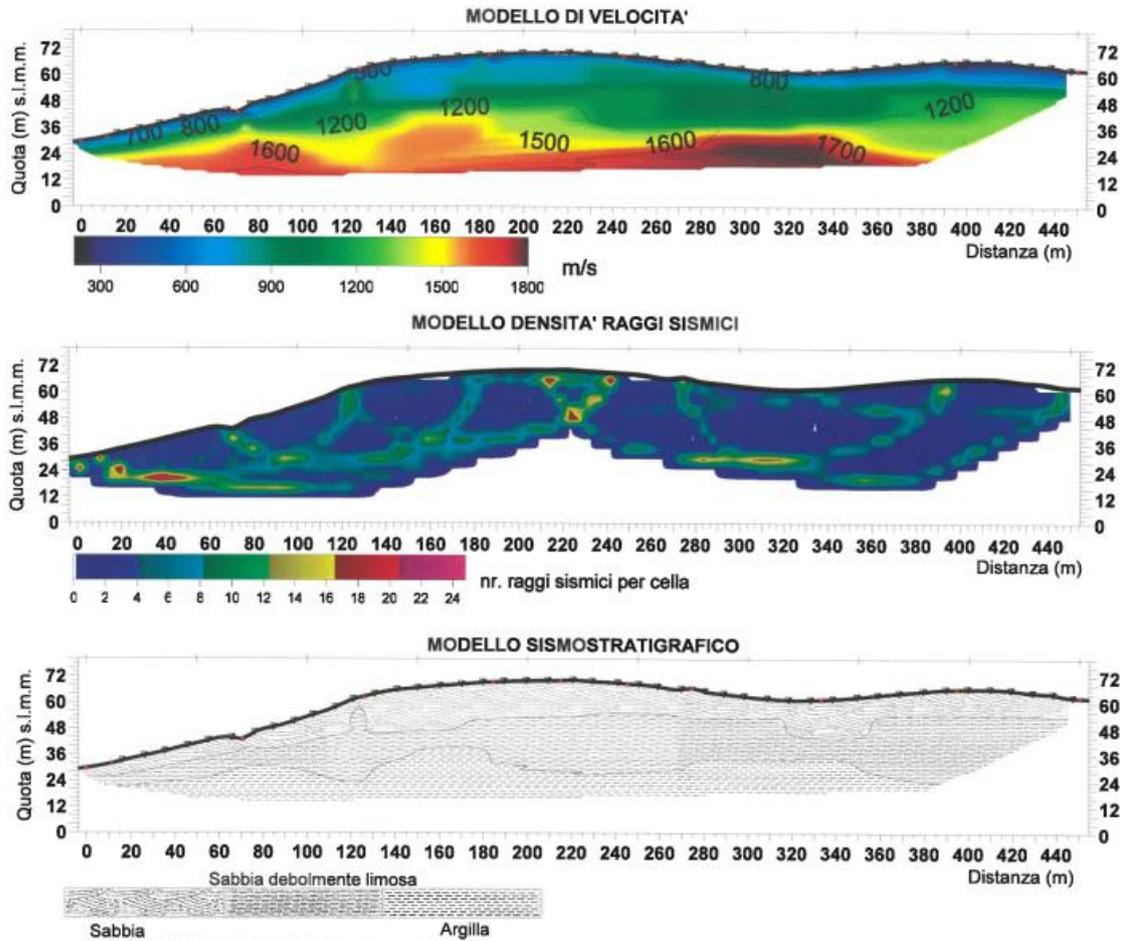


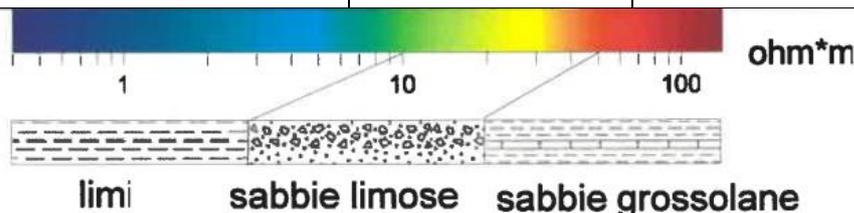
Figura 3-4 –Modello di velocità normalizzato, modello densità dei raggi sismici e modello sismo stratigrafico della Linea ST_1

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 25 of 80	Rev. 5

3.3.2 Tomografia geo-elettrica

Di seguito si riportano i risultati delle linee elettro-tomografiche, che consistono nella restituzione grafica del modello di resistività normalizzato del sottosuolo (inversione tomografica) e del modello elettro-stratigrafico. Nella tabella seguente si riportano i valori di resistività, il tipo di elettrostrato, riferimento litologico e la relativa scala cromatica (Tabella 3-2).

Resistività	Elettrostrato	Litotipo
Res. < 10 ohm*m	Conduttivo (Cs)	Limi
10.1 > Res. > 70.1 ohm*m	Medio-Resistivo (MR)	Sabbie limose
Res. > 70.1 ohm*m	Resistivo (R)	Sabbie grossolane



The diagram illustrates a resistivity scale from 1 to 100 ohm*m. The scale is color-coded: blue for low resistivity (1-10 ohm*m), green for medium resistivity (10-70 ohm*m), and red for high resistivity (70-100 ohm*m). Below the scale, three lithological layers are shown: 'limi' (clay) corresponding to low resistivity, 'sabbie limose' (silty sands) corresponding to medium resistivity, and 'sabbie grossolane' (coarse sands) corresponding to high resistivity.

Tabella 3-2 – Elettrostratigrafia e classi di resistività relative alla sezione elettro-tomografica interpretata.

Le linee geoelettriche sono state eseguite con geometrie lineari e configurazioni quadripolari tipo Wenner-Shlumberger.

Nei punti i cui la resistività geoelettrica del terreno è stata misurata nel livello superficiale del suolo (ovvero lungo il tracciato della tubazione e/o per l'installazione di anodi superficiali) il valore di resistività è stato misurato ad 1.5 m e a 3 m di profondità, posizionando gli elettrodi esterni (C1-C2) distanziati a 4.5 e 9 metri. Questi valori registrati rappresentano la resistività media per il punto calcolato e per ciascuna profondità (vedere la configurazione nella Figura 3-5)

Questo metodo richiede quattro elettrodi (barre di acciaio) saldamente infilati all'interno del terreno, lungo una linea e a spaziatura uniforme. La corrente viene fatta passare tra i due elettrodi esterni (C1, C2) e viene misurata la differenza di potenziale che si genera tra gli elettrodi interni (P1, P2). Lo strumento dà indicazioni dirette sul valore della resistività del terreno R.

Le barre di ferro devono essere infilate all'interno del terreno per una profondità di circa 0.25 m se $\overline{C_1C_2} \leq 5$ m e di 0.4 m se $\overline{C_1C_2} > 5$ m e, in ogni caso, in modo tale da garantire un solido contatto con il terreno. Se il terreno è sabbioso o sciolto, lo strato superiore deve essere rimosso per garantire che le aste vengano inserite nel terreno solido.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 26 of 80	Rev. 5

La resistività viene calcolata dalla formula:

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot R \quad (\Omega \cdot m)$$

Dove la profondità è : $a = 1/3 \overline{C_1C_2}$ $\overline{C_1P_1} = \overline{P_1P_2} = \overline{P_2C_2} = a$

Se non è possibile ottenere letture di resistività, perché inferiori alla sensibilità dello strumento, allora siamo in corrispondenza di due casi: o il terreno è altamente resistivo oppure non vi è un corretto contatto dell'elettrodo con il terreno.

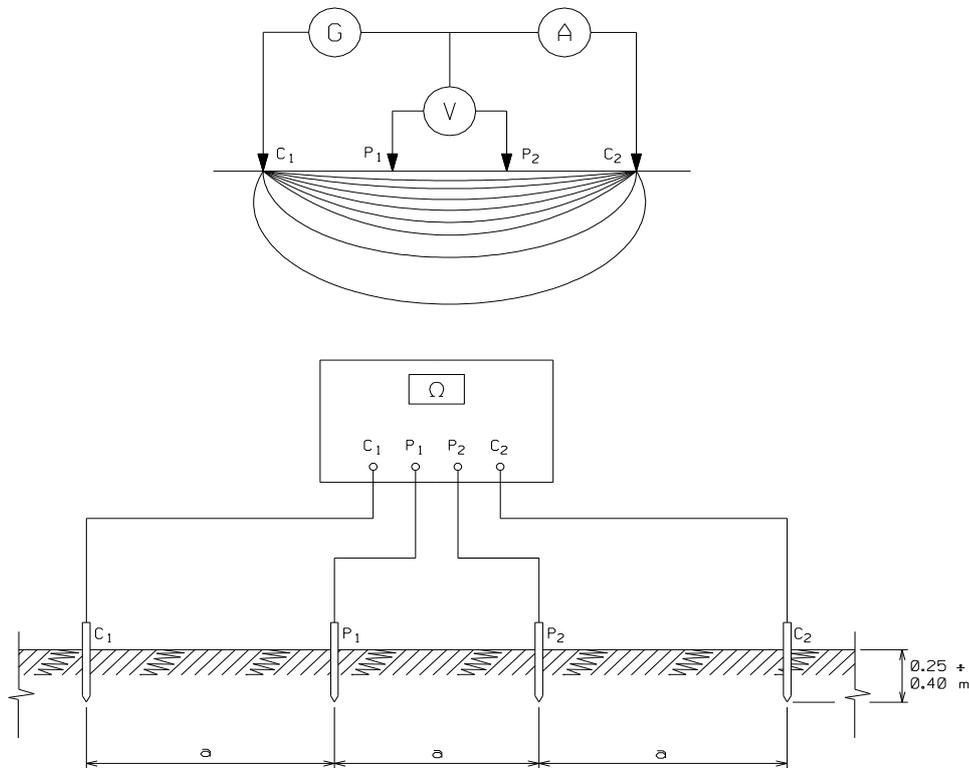


Figura 3-5 – Configurazione utilizzata per la misura di resistività con il metodo Wenner

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 27 of 80	Rev. 5

Risultati ed interpretazione dei profili elettro-resistivi

Modello georesistivo RES_1

Lo stendimento geoelettrico RES_1 ha una lunghezza di 60 m. Il modello georesistivo è caratterizzato da un livello “Conduttivo” (Cs), caratterizzato da limi, all’interno del quale vi è un’intercalazione di un livello “Medio Resistivo” (MR) costituito da limi sabbiosi (vedi Figura 3-6). Tali limi sabbiosi sono presenti nella parte inferiore del modello e in piccole porzioni superficiali.

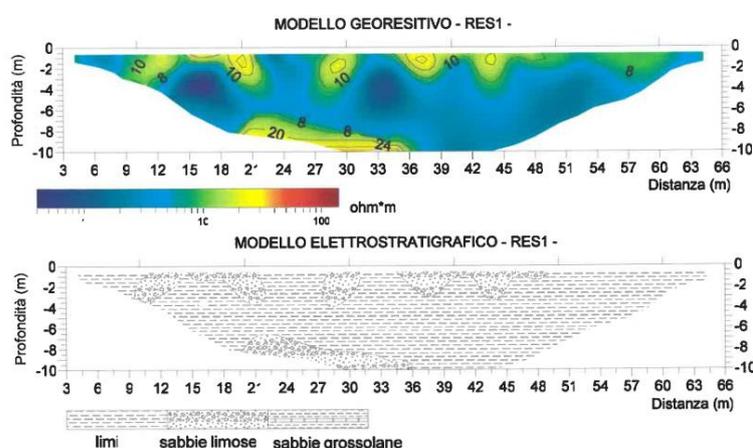


Figura 3-6 Modello georesistivo RES_1

Modello georesistivo RES_2

Lo stendimento geoelettrico RES_2 ha una lunghezza di 60 metri. Il modello georesistivo è caratterizzato principalmente da un livello “Medio Resistivo” (MR), costituito da sabbie limose, con all’interno delle intercalazioni di un livello “Conduttivo” (Cs) caratterizzato da depositi limosi. In piccole porzioni, nella parte superficiale ed in piccole aree presenti nella porzione sinistra del modello geoelettrico, è presente un livello “Resistivo” (R), caratterizzato da sabbie grossolane (vedi Figura 3-7).

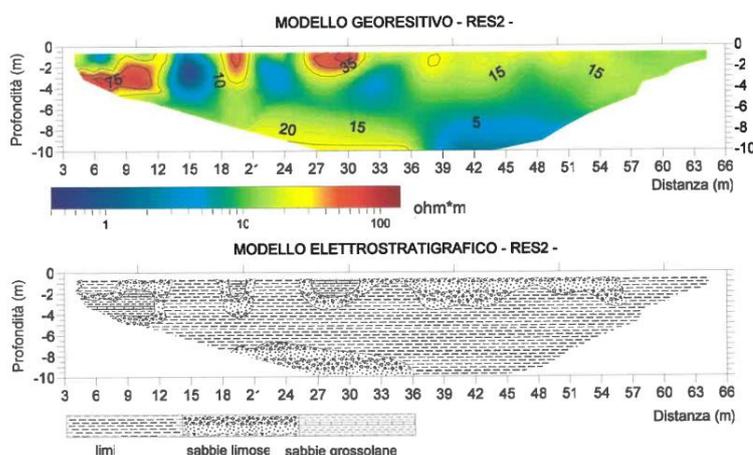


Figura 3-7 – Modello georesistivo RES_2

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 28 of 80	Rev. 5

Modello georesistivo RES_3

Lo stendimento geoelettrico RES_3 ha una lunghezza di 60 m. Il modello georesistivo è caratterizzato principalmente da un livello "Conduttivo" (C), costituito da depositi limosi. In piccole porzioni superficiali ed in una piccola area nella parte bassa del modello geoelettrico è presente un livello "Medio Resistivo" (MR) caratterizzato da depositi limoso sabbiosi (vedi Figura 3-8).

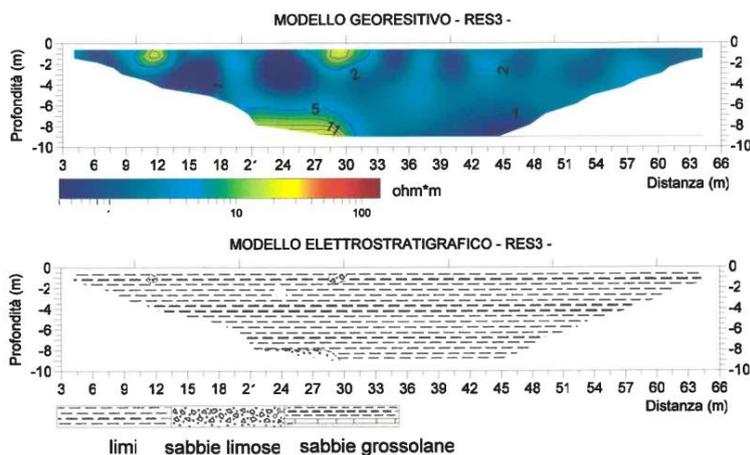


Figura 3-8 – Modello georesistivo RES_3

Modello georesistivo RES_4

Lo stendimento RES_4 ha una lunghezza di 60 m. Il modello georesistivo è caratterizzato da un sottile livello superficiale "Resistivo" (R) caratterizzato da sabbie grossolane, avente spessore di circa 1 m, e da un livello "Medio Resistivo" sottostante, caratterizzato da depositi limoso-sabbiosi. Tale livello è presente sino ad una profondità di 2/3 metri. La restante parte del modello è rappresentato da un livello "Conduttivo" (Cs), costituito da depositi limosi (vedi Figura 3-9).

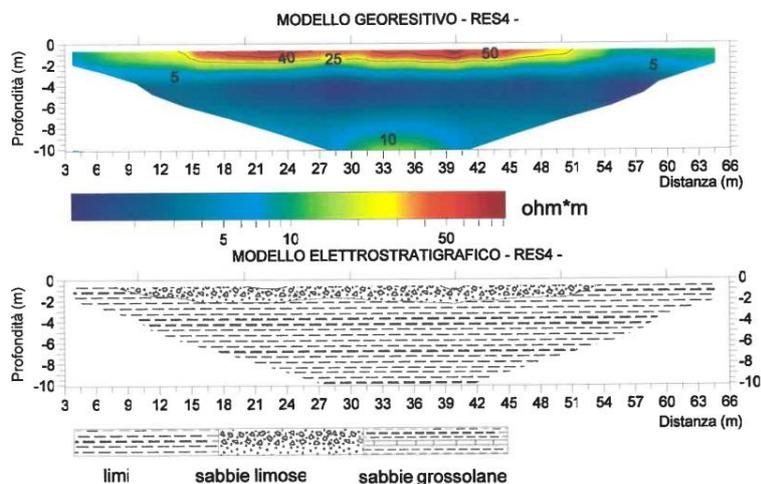


Figura 3-9 – Modello georesistivo RES_4

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 29 of 80	Rev. 5

Modello georesistivo RES_5

Lo stendimento RES_5 ha una lunghezza di 60 m. Il modello georesistivo è caratterizzato da un livello "Conduttivo" (Cs), costituito da depositi limosi. In una piccola porzione superficiale, nel lato sinistro del modello, è presente un livello "Medio Resistivo" (MR) caratterizzato da depositi limoso sabbiosi (vedi Figure 3-10).

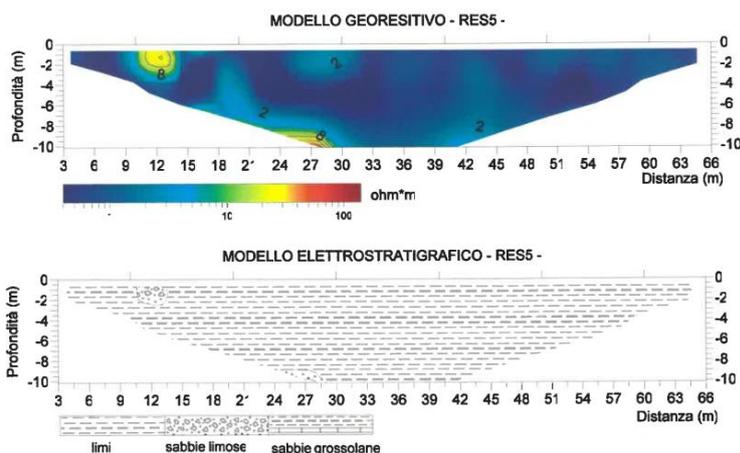


Figure 3-10 - Modello georesistivo RES_5

Modello georesistivo RES_6

Lo stendimento RES_4 ha una lunghezza di 60 m. Il modello georesistivo è caratterizzato da un sottile livello superficiale "Resistivo" (R) caratterizzato da sabbie grossolane, avente spessore di circa 1 m, e da un livello "Medio Resistivo" sottostante, caratterizzato da depositi limoso-sabbiosi. Tale livello è presente sino ad una profondità di 2/3 metri. La restante parte del modello è rappresentata da un livello "Conduttivo" (Cs), costituito da depositi limosi (vedi Figure 3-11)

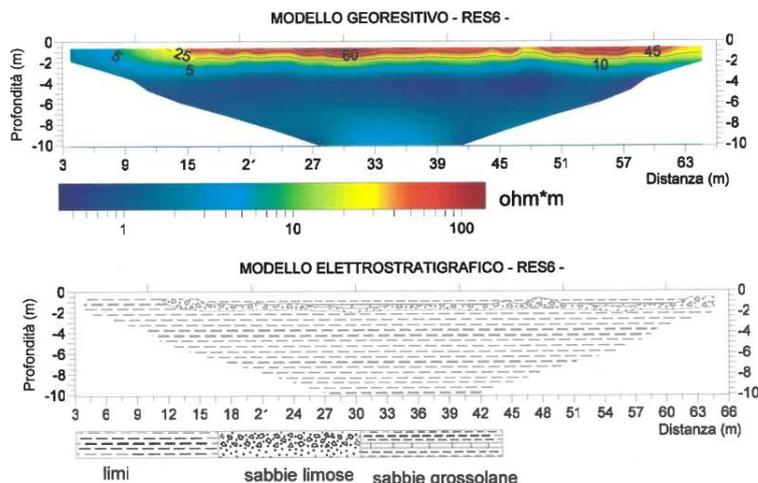


Figure 3-11 – Modello georesistivo RES_6

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 30 of 80	Rev. 5

Modello geoesistivo RES 7

La linea geoelettrica RES_7 ha una lunghezza di 60 m. Il modello geoesistivo è caratterizzato dalla presenza di un livello “Resistivo” (R), consistente in depositi sabbiosi grossolani, nella parte destra e superficiale del modello, per uno spessore di 4/5 metri. In profondità si ha il passaggio ad un livello “Medio Resistivo” (MR), per altri 3/4 metri di spessore. Il resto del modello geoesistivo è caratterizzato da un livello “Conduittivo” (C), costituito da depositi limosi (vedi Figura 3-12).

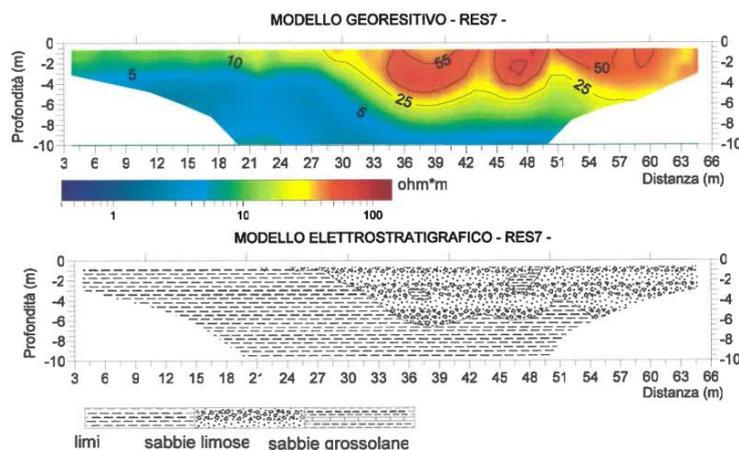


Figura 3-12 – Modello geoesistivo RES_7

Modello geoesistivo RES 8

Lo stendimento geoelettrico RES_8 ha una lunghezza di 60 metri. Il modello geoesistivo è maggiormente caratterizzato da un livello “Medio Resistivo” (MR), costituito da depositi sabbioso-limosi. In alcune aree disposte nella parte superficiale del modello, si evidenzia la presenza di un livello “Resistivo” (R). In una piccola porzione, nella parte più profonda del modello, si ha la presenza di un livello “Conduittivo” (Cs) (vedi Figura 3-13).

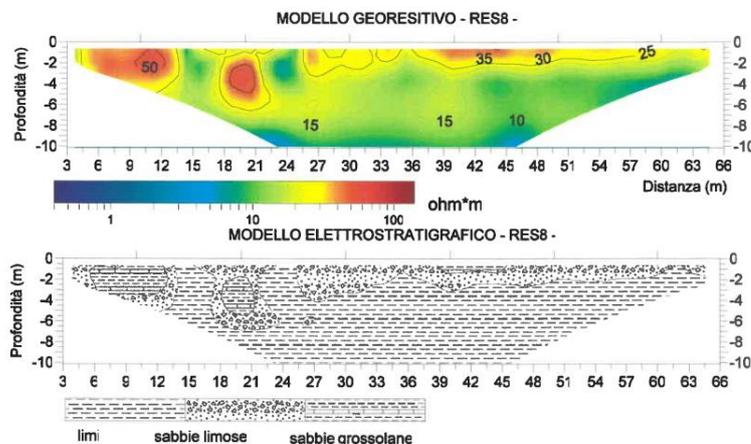


Figura 3-13 – Modello geoesistivo RES_8

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 31 of 80	Rev. 5

3.3.3 Indagine geofisica con metodo (MASW)

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) 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 sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio – geofoni “base distante in linea”. La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S con geofoni da 10 Hz.

I risultati della prova MASW consistono nella stima della curva di dispersione e nel calcolo del modello di velocità. Di seguito si riportano i risultati dell'interpretazione della curva di dispersione sperimentale, del modello di velocità finale calcolato, dalla sovrapposizione della curva sperimentale con quella teorica ed il calcolo del parametro $V_{s,eq}$ per l'attribuzione della categoria di sottosuolo.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad i = 1, N$$

Dove:

- h_i spessore dell'i – esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i – esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

In funzione delle velocità $V_{s,eq}$, determinate tramite l'indagine MASW, è possibile assegnare la categoria di sottosuolo, come riportato nel paragrafo 3.2.2 delle NTC18 [20], e visibile nella Figura 3-14 di seguito.

Di seguito si riportano i risultati delle indagini MASW, con l'associazione della categoria di sottosuolo, per come indicato dalla legislazione italiana (vedi Tabella 3-3 e Figura 3-14).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 32 of 80	Rev. 5

MASW	VSeq (m/s)	Categoria di sottosuolo (NTC18)
MASW_1	286.17	C
MASW_2	443.15	B
MASW_3	447.27	B
MASW_4	474.66	B

Tabella 3-3 – Risultati delle indagini MASW ed attribuzione delle relative categorie di sottosuolo.

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>

Figura 3-14 Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. Riferimento paragrafo 3.2.2 of NTC18.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 33 of 80	Rev. 5

4 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

4.1 Modello geologico

Al fine di ricostruire un modello geologico attendibile del sito interessato dal progetto, sono state condotte una serie di indagini geognostiche e geofisiche per la determinazione delle principali caratteristiche del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica, ai rapporti stratigrafici, nonché alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei litotipi affioranti e la caratterizzazione sismo-stratigrafica ed elettro-stratigrafica del sottosuolo.

Le indagini condotte hanno messo in evidenza una certa eterogeneità litologica: è stata identificata la presenza di elementi fini che vanno dalle argille (grigia compatta a color nocciola) alle argille sabbiose fino alle sabbie limose (marrone scuro) e sabbie grossolane. È stata anche riscontrata la presenza di livelli arenacei (colore giallo ocra) e livelli conglomeratici con ciottoli di dimensioni centimetriche e di natura eterogenea.

Dalle analisi di laboratorio effettuate sui campioni prelevati durante la campagna di indagini geognostiche, è stato possibile effettuare una ricostruzione stratigrafica del sottosuolo.

Proprio in virtù dell'eterogeneità litologica riscontrata, sono stati identificati più modelli geologici che interessano diverse aree lungo in tracciato del gasdotto in progetto.

In particolare, nella prima sezione compresa tra il Terminale di Gela e, all'incirca, fino alla progressiva chilometrica 2+000, a monte dell'attraversamento con tecnologia TOC, si riscontra la presenza di un livello superficiale pedogenizzato (suolo) avente spessore di circa 1.30 m ed al di sotto, sino alla profondità di 16.00 metri dal piano campagna, si ha la presenza di sabbie limose color ocra. Al di sotto di questa profondità è fino alla massima profondità investigata, ovvero 20.00 metri, si ha la presenza di depositi argillosi sabbiosi grigi.

Dalla progressiva chilometrica 2+000 e per circa un chilometro (3+000) sono presenti sino, ad una profondità di 32.75 metri dal piano campagna, depositi sabbiosi leggermente limosi di color giallo ocra, leggermente alterati, poco consistenti, e livelli calcarenitici; al di sotto di questo livello sono presenti depositi argillosi grigi, che presentano un aumento della compattazione con la profondità, sino ai 35.00 metri di profondità. Questo modello viene confermato dalla stratigrafia del sondaggio geognostico S2S, eseguito ad una quota intorno ai 30 m sul livello del mare, rispetto al sondaggio geognostico effettuato vicino alla BVS n.1 (S7S), dove si riscontrano depositi limoso-argillosi color nocciola, dai 0.90 ai 10.00 metri di profondità.

Lo stesso modello geologico della prima sezione di 2 km del gasdotto è comparabile con quello presente sino al chilometro 3+000 circa e la BVS n.2. Qui, al di sotto della coltre pedogenetica avente spessore di circa 1.60 metri, si riscontra un orizzonte costituito da sabbia limosa marrone, sino ad una profondità di 8.65 metri dal piano campagna. Da questa profondità e sino alla massima profondità investigata (ovvero 10.00 metri), si riscontrano depositi argillosi di color nocciola con striature grigie.

Dalla BVS n. 2 e fino all'attraversamento della linea ferroviaria "Canicatti-Siracusa", il modello geologico è caratterizzato dalla presenza di un livello superficiale pedogenizzato, avente spessore di 0.60 m, al di sotto del quale si ha la presenza di depositi sabbioso-limosi marroni, sino alla profondità di circa 4.00 metri dal piano campagna. Al di sotto si

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 34 of 80	Rev. 5

ritrovano depositi argillosi di color nocciola e livelli sabbiosi color ocra e, dai 5.50 m di profondità, si ritrovano clasti centimetrici.

La sezione compresa tra l'attraversamento della linea ferroviaria "Canicatti-Siracusa" e la BVS n.3 presenta, al di sotto di una sottile coltre di copertura di circa 0.30 m, un orizzonte caratterizzato da limi-argillosi color nocciola e da livelli sabbiosi di color ocra.

Infine, l'ultimo tratto del gasdotto in progetto a terra, nel territorio comunale di Gela, mostra un'eterogeneità litologica, in quanto, al di sotto di un livello superficiale, avente spessore di 4.70 m, costituito da un'alternanza di sabbia leggermente limosa e limi sabbiosi di color giallo-ocra, è presente un orizzonte costituito da argille sabbiose e da sabbie argillose di color giallo ocra, sino alla profondità di 17.60 metri dal piano campagna. Al di sotto di tale orizzonte sono presenti depositi sabbiosi grossolani, color ocra, con clasti e ciottoli centimetrici. Infine, sino alla profondità di 30.00 metri dal piano campagna, si riscontra la presenza di depositi arenacei giallo ocra con livelli di conglomerati sabbiosi e ciottoli, eterogenei di dimensioni centimetriche.

4.2 Modelli geotecnici lungo il tracciato del gasdotto in progetto

Le indagini condotte, insieme alle osservazioni superficiali effettuate tramite rilievo geologico, hanno consentito la ricostruzione stratigrafica del sito oggetto di studio e quindi la ricostruzione del modello geotecnico.

Le seguenti tabelle mostrano i vari modelli geotecnici, riferiti ai diversi tratti del tracciato, ricostruiti attraverso le indagini condotte e riportate in Riferimento [10], ed i principali valori geo meccanici medi dei litotipi presenti, determinati dai risultati dei sondaggi geognostici eseguiti.

Modello geotecnico 1° sezione (PK 0+000-2+000)				
Tipo di strato	Profondità (m)	Peso unità di volume γ (kN/m ³)	Coefficiente di attrito interno Φ' (°)	Coesione c' (kN/m ²)
Suolo	0.00 - 1.30	---	---	---
Sabbie limose color ocra	1.30 – 16.00	20.10	21.00	35.00
Argilla sabbiosa grigia	16.00 – 20.00	19.90	22.00	35.00

Tabella 4-2.A – Modello geotecnico 1° sezione (PK 0+000-2+000)

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 35 of 80	Rev. 5

Modello geotecnico 2° sezione (PK 2+000-3+000)				
Tipo di strato	Profondità (m)	Peso unità di volume Y (kN/m ³)	Coefficiente di attrito interno Φ' (°)	Coesione c' (kN/m ²)
Sabbia giallo ocra leggermente limosa alternata a livelli calcarenitici	0.00 - 32.75	19.70	23.00	34.00
Argilla grigia con livelli ocra	32.75 – 33.70	19.50	20.00	31.00
Argilla grigia compatta	33.70 – 35.00	19.80	23.00	36.00

Tabella 4-1.B – Modello geotecnico 2° sezione (PK 2+000-3+000)

Modello geotecnico 3° sezione (PK 3+000-BVS n. 2)				
Tipo di strato	Profondità (m)	Peso totale unitario Y (kN/m ³)	Coefficiente di attrito interno Φ' (°)	Coesione c' (kN/m ²)
Suolo	0.00 - 1.60	---	---	---
Sabbie limose marrone scuro, da 8,70 m a 8,95 m presenza di ciottoli eterogenei centimetrici	1.60 – 8.95	20.70	35.00	23.00
Argille nocciola con striature grigie	8.95 – 10.00	19.40	24.00	26.00

Tabella 4-2.C – Modello geotecnico 3° sezione (PK 3+000-BVS n. 2)

Modello geotecnico sezione n°4 (BVS n. 2-“Canicatti-Siracusa” attraversamento ferroviario)				
Tipo di strato	Profondità (m)	Peso totale unitario Y (kN/m ³)	Coefficiente di attrito interno Φ' (°)	Coesione c' (kN/m ²)
Suolo	0.00 – 0.60	---	---	---
Limo sabbioso marrone con livello marrone scuro da 2,30 a 4,00 m	0.60 – 4.00	20.30	22.00	29.00
Argille color nocciola con livelli di sabbia ocra, a partire da 5,50 m presenti clasti centimetrici.	4.00 – 10.00	20.00	20.00	31.00

Tabella 4-2.D – Modello geotecnico 4° sezione (BVS n. 2- Attraversamento linea ferroviaria “Canicatti-Siracusa”)

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 36 of 80	Rev. 5

Modello geotecnico sezione n°5 (attraversamento ferroviario "Canicatti-Siracusa" -BVS n. 3)				
Tipo di strato	Tipo di strato	Tipo di strato	Tipo di strato	Tipo di strato
Suolo	0.00 – 0.30	---	---	---
Argille color nocciola con striature grigie e livelli di sabbia ocra	0.30 – 10.00	19.15	19.00	34.00

Tabella 4-2.E – Modello geotecnico 5° sezione (Attraversamento linea ferroviaria "Canicatti-Siracusa" - BVS n. 3)

Modello geotecnico sezione n°6 (BVS n. 3-PK 7+080)				
Tipo di strato	Profondità (m)	Peso totale unitario Y (kN/m ³)	Coesione c' (kN/m ²)	Coefficiente di attrito interno Φ' (°)
Sabbia leggermente limosa alternata a limo sabbioso giallo ocra	0.00 - 4.70	19.25	19.00	28.00
Argille sabbiose e sabbia argillosa giallo ocra con striature grigie	4.70 – 16.30	18.65	17.00	33.00
Sabbia ocra grossolana con scaglie organogeniche bianche e ciottoli centimetrici. Livello compatto di marna sabbiosa grigia da 17,50 ma 17,60 m	16.30 – 17.60	19.80	18.00	34.00
Arenaria di colore giallo ocra con intercalazioni di livelli conglomeratico-sabbioso con ciottoli eterogenei centimetrici	17.60 – 30.00	19.60	19.00	34.00

Tabella 4-2.F – Modello geotecnico 6° sezione (BVS n. 3-PK 7+080)

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 37 of 80	Rev. 5

5 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA PRELIMINARE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le indagini relative alla caratterizzazione chimica preliminare delle terre e rocce da scavo, hanno lo scopo di valutare la loro compatibilità ambientale al fine di poter riutilizzare, tale materiale, direttamente sul sito di produzione, durante la fase di riempimento della sezione di scavo e ripristino morfologico, senza alcun trattamento diverso dalla normale pratica industriale come definito nel DPR 120/17 s.m.i.

La scelta dei 10 punti di campionamento è stata effettuata tramite uno specifico criterio, in modo tale da permettere l'ottenimento di un numero sufficiente di campioni distribuiti lungo il tracciato del gasdotto, considerati significativi delle varie situazioni geo litologiche, stratigrafiche e pedogenetiche dell'area interessata dal progetto.

Un altro elemento preso in considerazione nella scelta dei punti da indagare è stato l'uso del suolo, al fine di verificare l'eventuale presenza di elementi inquinanti di origine antropica .

Al fine di evitare potenziali interferenze con l'ambiente, i punti di indagine sono stati posizionati al di fuori del perimetro dell'habitat protetto.

In particolare, i campioni per le analisi chimiche sono stati prelevati da n °3 saggi esplorativi a una profondità massima di 3 metri e all'interno dei 7 fori di sondaggio.

Metodo di campionamento

I campioni di terreno nei sondaggi geognostici sono stati prelevati dalle carote estratte a secco, in continuo, mediante sonda idraulica, con diametro minimo di 101 mm e secondo le procedure standard adottate in campo ambientale, ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006, o secondo idonei criteri di campionamento, in modo tale da mantenere intatto lo stato chimico-fisico delle matrici ambientali interessate, ovvero lavando preventivamente il campionatore, eseguire la perforazione in asciutto e a moderata rotazione per evitare il surriscaldamento del terreno.

Inoltre, per avere una migliore caratterizzazione del suolo dal punto di vista ambientale, sono stati eseguiti n° 3 saggi esplorativi, spinti sino ad una profondità di 3.00 metri dal piano campagna, lungo il tracciato del gasdotto in progetto (la profondità di 3.00 metri rappresenta la normale profondità di installazione della condotta in progetto). Complessivamente sono stati prelevati n° 9 campioni nei punti di campionamento indicati con l'acronimo TP, riassunti nella Tabella 5-1 assieme ai campioni prelevati nei punti di sondaggio (identificati con la "S").

Sondaggio	Profondità	N° campioni ambientali	Profondità dei campioni (m)
TP1	3.00	3	CA1: -0.80
			CA2: -1.80
			CA2: -3.00

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 38 of 80	Rev. 5

Sondaggio	Profondità	N° campioni ambientali	Profondità dei campioni (m)
TP2	3.00	3	CA1: -0.80 CA2: -1.80 CA2: -3.00
TP3	3.00	3	CA1: -0.80 CA2: -1.80 CA2: -3.00
S1s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S2s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S3s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S4s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S5s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S6s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00
S7s	2.00	2	CA1: 0.00-1.00 CA2: 1.00-2.00

Tabella 5-1 Tabella riassuntiva dei campioni analizzati.

Durante le attività di campionamento è stata eliminata la frazione di particelle superiore ai 2 cm di diametro, secondo quanto prescritto dalla procedura e successivamente è stata eseguita l'omogeneizzazione del campione all'interno di un contenitore in plastica, al fine di ottenere un campione rappresentativo della sezione investigata.

Il campione è stato conservato nell'apposito contenitore, siglato in modo indelebile con l'identificazione del sito di indagine, del codice del progetto, il numero e la profondità del campione e la data del campionamento.

Parametri analizzati

Sulla base delle attuali attività di uso del suolo dell'area e secondo il Decreto Legislativo 120/17, sono stati analizzati, sui campioni prelevati, i seguenti parametri analitici. Le analisi chimico-fisiche sono state eseguite da un laboratorio certificato utilizzando metodi ufficialmente riconosciuti.

- Arsenico;

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 39 of 80	Rev. 5

- Cadmio;
- Cobalto;
- Nichel;
- Piombo;
- Rame;
- Zinco;
- Mercurio;
- Idrocarburi C>12;
- Idrocarburi C12 - C40
- Idrocarburi aromatici policiclici
- Solventi organici aromatici
- Cromo totale;
- Cromo VI;
- Amianto;
- Btex
- IPA

Risultati delle analisi

La caratterizzazione chimica effettuata, lungo il tracciato del gasdotto in progetto, è stata finalizzata alla verifica della qualità ambientale dei suoli coinvolti dalle attività di scavo durante le fasi di posa della condotta.

In totale sono stati campionati ed analizzati n° 10 punti, localizzati lungo la linea di progetto, di cui n° 3 sono saggi esplorativi e n°7 in corrispondenza dei sondaggi geognostici (con distanza media all'incirca di 700 metri l'uno dall'altro). I campioni sono stati prelevati in superficie, tra le profondità di 0.00-1.00 m ed alla profondità di posa della condotta, ovvero tra 1.00 e 2.00 metri. All'interno dei pozzetti esplorativi sono stati prelevati, anche, dei campioni tra i 2.00 e i 3.00 metri di profondità, come riportato nell'Annesso 2 [10].

Dalle analisi eseguite è emerso che per tutti i campioni prelevati, i valori degli elementi analizzati rientrano nei limite della "Concentrazione Soglia di Contaminazione" definita nella Tabella 1/A, Annesso 5, parte IV, Titolo V del Decreto Legislativo 152/2006 [24], che prevede siti per uso verde pubblico, privato e residenziale, pertanto, il suolo può essere considerato non inquinato e, a norma di legge, può essere riutilizzato nello stesso sito di scavo.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 40 of 80	Rev. 5

6 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Dopo aver realizzato il Piano Straordinario per l'assetto Idrogeologico (Decreto 4 luglio 2000, n. 298), ed averne successivamente aggiornato i contenuti (Decreto n- 534/S9 del 22 giugno 2002), nel 2003, il Consiglio Regionale per il Territorio e l'Ambiente della Regione Sicilia, ha avviato l'elaborazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) [22]

Il Piano straordinario rappresenta un primo risultato di valore potenziale, contenente l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio "molto elevato" per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale.

D'altra parte, il P.A.I. è lo strumento tecnico-operativo competo e regolamentare, attraverso il quale sono definite le norme d'uso e di salvaguardia finalizzate alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi ed infine alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il riferimento territoriale del P.A.I. è la Regione Sicilia che costituisce un unico bacino di rilievo regionale. Essa, estesa complessivamente 25.707 kmq, è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori.

Per ogni bacino idrografico è stato realizzato un piano stralcio. I piani sono stati pubblicati singolarmente, nel caso dei bacini idrografici di maggiore estensione e le isole minori, o raggruppando i bacini idrografici meno estesi e le aree territoriali intermedie.

La finalità sostanziale del P.A.I. è pervenire ad un assetto idrogeologico del territorio che minimizzi il livello del rischio connesso ad indentificati eventi naturali esterni, incidendo, direttamente o indirettamente, sulle variabili Pericolosità, Vulnerabilità e Valore Esposto.

L'area interessata dal nuovo gasdotto in progetto, rientra nel bacino idrografico del Fiume Gela e nell'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Gela ed il Bacino del Fiume Acate (077) (CL-CT-EN).

Dall'analisi della cartografia ufficiale, non si hanno interferenze tra il tracciato del gasdotto in progetto con i fenomeni di dissesto censiti da tale autorità. L'unico fenomeno di instabilità è presente oltre i 200 metri, come visibile in Figura 6-1, nel tratto in cui la tubazione viene posata tramite tecnologia trenchless (TOC) a profondità di assoluta sicurezza.

Tale fenomeno di instabilità, ricadente a circa 200 da gasdotto in progetto, viene identificata tramite il codice 077A-2GE-060". Per quanto riportato nell'elenco dei dissesti con il relativo livello di rischio e pericolo, documento allegato al P.A.O. (rif. [22]), questo fenomeno viene identificato come "Fenomeno dovuto ad intenso processo erosivo", con stato "Attivo" e pericolosità "1 – moderata".

Essendo caratterizzato da un fenomeno di erosione puramente superficiale, il posizionamento della condotta attraverso tecnologia trenchless, risulta la soluzione progettuale, ideale, nel posizionare la stesa in condizioni di piena sicurezza.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 41 of 80	Rev. 5

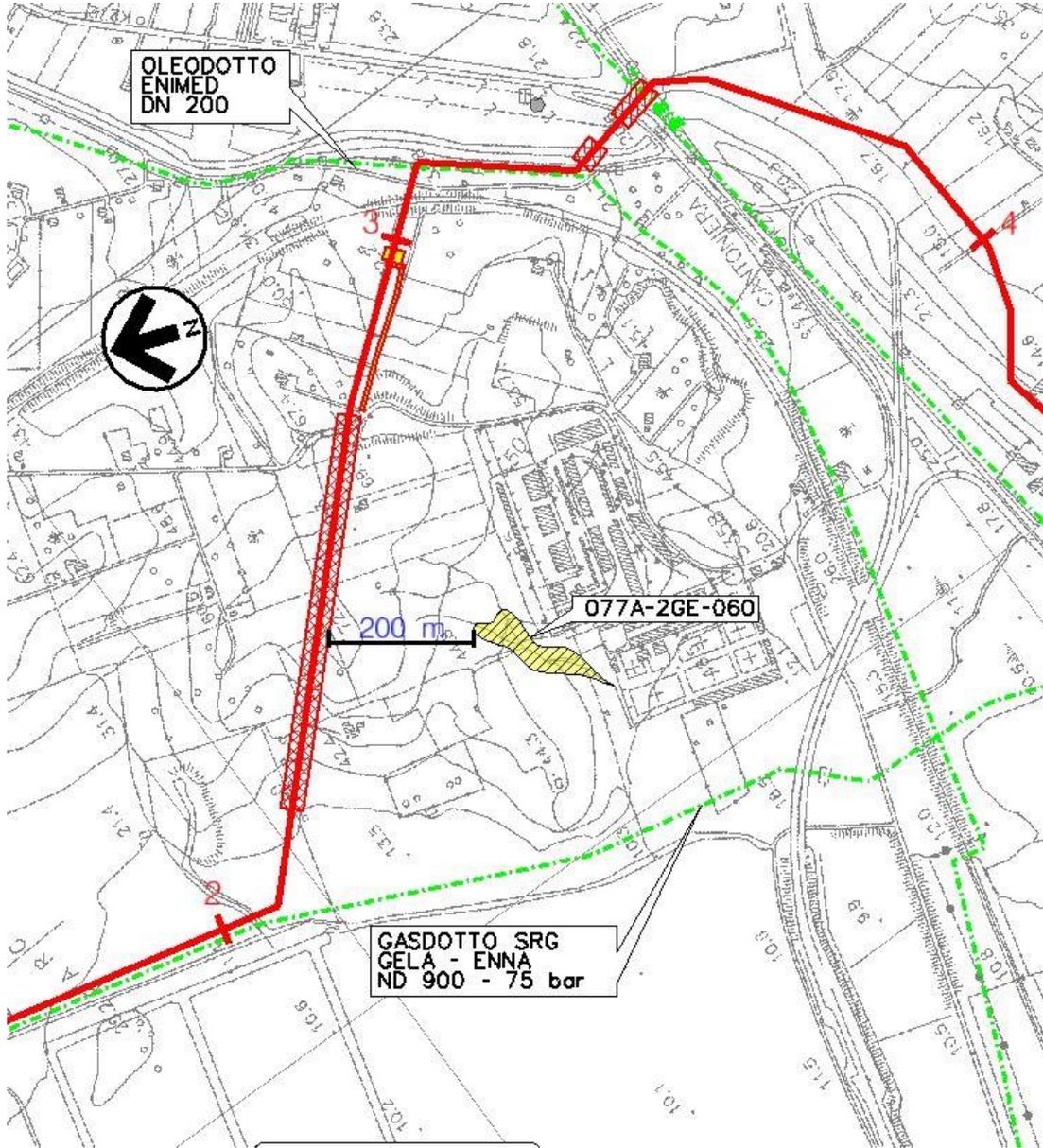


Figura 6-1 Estratto dal riferimento [6], rappresentato in cartografia il tracciato in progetto (linea rossa) e area in dissesto (area in giallo).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 42 of 80	Rev. 5

7 **SISMICITA' STORICA DELL'AREA DI GELA**

Il territorio della Sicilia sud-orientale è una delle zone a maggiore rischio sismico. Nell'area infatti si individua il Plateau ibleo limitato a N-NO dall'avanfossa Catania-Gela, ad E dalla scarpata ibleo-maltese e a S dalle strutture dello Stretto di Sicilia.

L'assetto geologico e strutturale dell'area e la sua evoluzione hanno dato origine ad una attività sismica poco frequente ma di elevata intensità. I dati storici riportano una serie di terremoti avvenuti tra il 1440 e il 1959 con magnitudo compresa tra 4.8 e 6.7, con eventi particolarmente intensi nel 1169 (magnitudo pari a 7.5) e nel 1693 (magnitudo pari a 7.8).

Le strutture tettoniche che hanno originato attività sismica sono rappresentate principalmente dalla faglia Scicli e dal graben di Scordia-Lentini ubicato a nord-est di Gela.

L'attività sismica recente ha registrato un terremoto di magnitudo 5.3 il 13 dicembre 1990 con epicentro presso la costa di Augusta; la struttura verosimilmente responsabile dell'evento sismico è una faglia ubicata ad est del graben Scordia-Lentini.

Secondo la mappa di Zonazione Sismogenetica ZS9 elaborata dall'INGV (vedi Figura 7-1), l'area in oggetto e tutta la zona della Piana di Gela ricade al margine nella zona 935, ove sono attesi eventi di elevata magnitudo prevalentemente caratterizzati da movimenti trascorrenti con componente estensionale variabile.

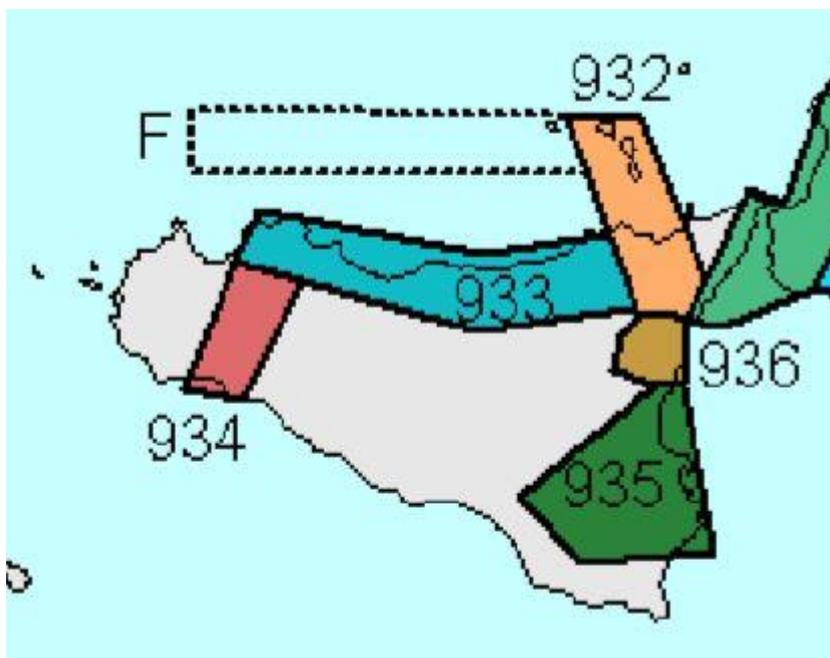
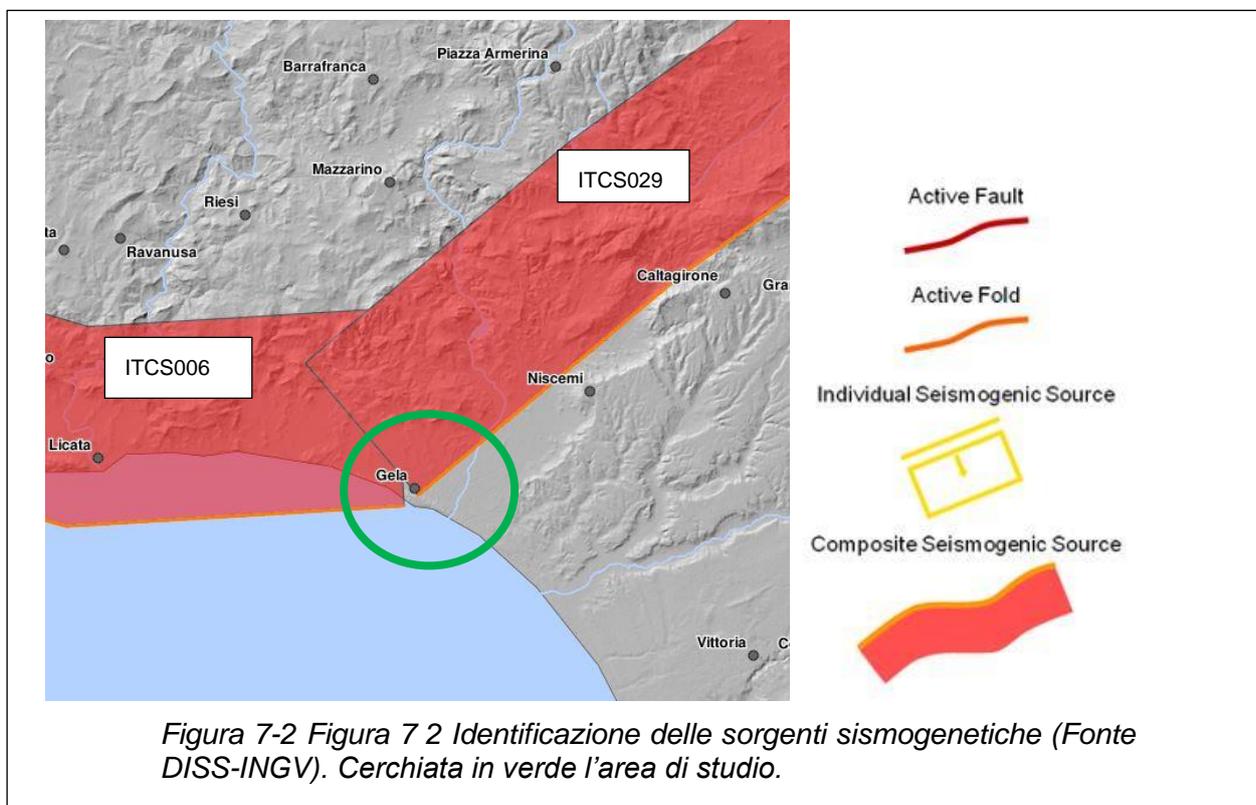


Figura 7-1 Zonazione sismogenetica Sicilia (Fonte INGV).

L'INGV individua, inoltre, nel Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) le sorgenti sismogenetiche composite illustrate in Figura 7-2 che interessano la porzione di territorio a nord e nord est di Gela.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 43 of 80	Rev. 5



Analizzando la mappa estratta dal database DISS si nota che l'area di studio è limitata da due sorgenti sismogenetiche indicate con i seguenti codici: ITCS029 e ITCS006. Di seguito si riporta una descrizione delle sorgenti sismogenetiche.

Sorgente sismogenetica composta ITCS006

Questa sorgente composta si ritrova a cavallo del sistema di sovrascorrimento Siciliano-Magrebide, con vergenza Sud, il quale forma la spina dorsale della Sicilia continentale. Il bordo principale di questo sistema di thrust si estende a terra nella sua parte orientale tra Gela e Catania, questa sezione risulta essere confinata ad Est dalle strutture legate al sistema di subduzione del bacino Ionico e nella sua parte occidentale ad Est di Sciacca.

Nella sua sezione centrale segue un ampio arco convesso a Sud che costeggia la costa meridionale della Sicilia per gran parte della sua lunghezza. Nella Sicilia occidentale, la tendenza generale del fronte di Thrust esterno Siciliano-Magrebide si trasforma gradualmente in un andamento NE-SO / NNE-SSO attraversando infine il Canale di Sicilia (Adventure Thrust Front, ATF) e collegandosi con i fronti di Thrust che affiorano a terra in Tunisia.

Al largo della costa meridionale della Sicilia, a est dell'ATF viene individuato, per separare due settori della Sicilia, un insieme di faglie trascorrenti con orientamento N-S, il cosiddetto sistema di faglia a chiave inglese Belice-Sciacca (Argnani et al., 1986). La cintura a pieghe e sovrascorrimenti siciliano-magrebide si sviluppò fin dal Miocene inferiore nel contesto convergente, all'incirca N-S, delle placche Africa-Europa, che deformò principalmente le rocce del paleomargine dell'Africa settentrionale caratterizzato da un dominio pelagico (piattaforme carbonatiche interposte da bacini profondi). Questa

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 44 of 80	Rev. 5

fonte si trova nell'entroterra del fronte più esterno della cintura di thrust magrebidi, che si trova a circa 15 km a sud nell'area di off-shore (in mare).

Le più recenti soluzioni GPS per l'ampia area della Sicilia, forniscono un dettaglio maggiore per l'area compresa tra il promontorio Ibleo e la catena siciliano-maghrebide nella Sicilia orientale (ad esempio Devoti et al., 2017). Su scala regionale, i dati GPS evidenziano un modello con vergenza N-S, attraverso i fronti esterni dei settori terrestri, del sistema di spinta siciliano-maghrebide, in accordo con le evidenze geologiche della loro recente attività testimoniata dalla deformazione Plio-quadernaria dei depositi di avanfossa e a Sud del Monte Vulcano Etna, di depositi marini e fluviali del tardo Pleistocene-Olocene.

I cataloghi storici e strumentali mostrano pochissimi eventi che possono essere associati alla fonte composita, concentrandosi vicino alla sua terminazione occidentale nell'area tra Sciacca e Selinunte (Castelvetrano). Il lavoro di Guidoboni et al. (2002) e Bottari et al. (2009) ha evidenziato il verificarsi di almeno due forti terremoti storici (non contenuti negli attuali cataloghi) che hanno prodotto danni e distruzione ai templi di Selinunte. Questi eventi potrebbero essere stati prodotti da singole fonti contenute in questa fonte composita o essere collegati all'attività dei fronti di thrust tra Castelvetrano e Capo Granitola. Tuttavia, non ci sono indicazioni per quanto riguarda la grandezza e la posizione reale delle fonti.

Gli autori ritengono che questo settore del sistema di thrust Appennino-Maghrebide sia caratterizzato da rari terremoti moderati generati da segmenti ciechi del sistema di thrust.

La direzione di queste fonti è stata presa dall'orientamento generale delle strutture tettoniche mappate. L'inclinazione è stata dedotta da considerazioni geologiche regionali riguardanti il piano di thrust. Il pitch è stato determinato sulla base di considerazioni geodinamiche generali. Le profondità minime e massime sono state dedotte da considerazioni geometriche riguardanti la profondità alla quale è radicata la spinta attiva. La direzione del movimento (Slip) è stata determinata da considerazioni geodinamiche, mentre la massima magnitudo è stata determinata da dati sismologici regionali.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 45 of 80	Rev. 5

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS006
Name	Sciacca-Gela
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	03-Aug-2006
Updated	26-Apr-2016

Display map ...



Related sources

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	10.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	260...320	LD	Based on regional geologic and tectonic data.
Dip [deg] min... max	20... 40	EJ	Inferred from regional geologic and tectonic data.
Rake [deg] min... max	75...125	EJ	Inferred from geological and tectonic considerations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.7	EJ	Unknown, values derived from preliminary modeling of terrace data.
Max Magnitude [Mw]	6.2	EJ	Derived from preliminary modeling of terrace data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 7-3 Informazioni generali sulla Sorgente Sismogenetica Composita ITCS006.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 46 of 80	Rev. 5

Sorgente sismogenetica composta ITCS029

Questa sorgente composta si trova a cavallo di un segmento del sistema di Thrust esterno siciliano-maghrebide a S-Est, che forma la spina dorsale della Sicilia continentale. Il bordo principale di questo sistema di Thrust si estende a terra nella sua parte orientale tra Gela e Catania,

Nella sua sezione centrale segue un ampio arco convesso a Sud che percorre la costa meridionale della Sicilia per gran parte della sua lunghezza.

Nella Sicilia occidentale, la tendenza generale del fronte di Thrust esterno Siciliano-Maghrebide si trasforma gradualmente in un andamento NE-SO / NNE-SSO attraversando infine il Canale di Sicilia e collegandosi con i fronti di Thrust che affiorano a terra in Tunisia.

Al largo della costa meridionale della Sicilia, a est dell'ATF, un insieme di faglie trascorrenti tendenza NS, il cosiddetto Belren-Sciaccia Wrench Fault System (Argnani et al., 1986) viene interpretato in due settori distinti della Sicilia. La cintura a pieghe e sovrascorrimenti siciliano-maghrebide si sviluppò fin dal Miocene Inferiore. La convergenza N-S delle placche Africa-Europa deformò principalmente le rocce appartenenti al paleomargine dell'Africa settentrionale caratterizzata da piattaforme carbonatiche e bacini profondi interposti (dominio pelagico).

Le più recenti soluzioni GPS per l'ampia area della Sicilia, forniscono un dettaglio maggiore per l'area compresa tra il promontorio Ibleo e la catena siciliano-maghrebica nella Sicilia orientale (ad esempio Devoti et al., 2017).

Su scala regionale, i dati GPS evidenziano un modello con convergenza N-S attraverso i fronti esterni dei settori terrestri del sistema di spinta siciliano-maghrebide, in accordo con le evidenze geologiche della loro recente attività, testimoniata dalla deformazione Plio-quadernaria dei depositi di avanfossa e a Sud del Vulcano Monte Etna, di depositi marini e fluviali del tardo Pleistocene-Olocene.

Questa fonte si trova lungo il fronte Nord-Est della cintura di thrust Maghrebide e lungo il margine interno dell'avanfossa Plio-Quaternaria noto come Avanfossa di Gela-Catania. La recente attività di spinta con una direzione di accorciamento N-S è dimostrata a ovest di Catania dalla deformazione dei depositi marini e fluviali del tardo Pleistocene-Olocene e dalla piegatura del substrato sedimentario del vulcano Monte Etna (Bousquet e Lanzafame, 1986).

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una significativa sismicità che può essere associata alla fonte composta, concentrando l'attività principalmente vicino alla sua estremità orientale, vicino a Catania e al vulcano Etna. I due eventi sismici più importanti che hanno colpito quest'area sono l'11 gennaio 1693 e il 20 febbraio 1818.

Molto probabilmente, lo shock principale del terremoto del 1693 includeva due o più eventi secondari, come suggerito dall'esistenza di due concentrazioni separate di danno più elevato, ma questa ipotesi non è esplicitamente supportata dalle fonti storiche disponibili. Nel DISS, si ipotizza che questo evento sia un terremoto complesso, con due shock che si verificano su due strutture compressive situate rispettivamente a nord e a sud della pianura catanese. Al contrario, il terremoto del 1818 in questo database non è associato a nessuna singola fonte.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 47 of 80	Rev. 5

Questo evento è riconosciuto come un terremoto tettonico (cioè non correlato all'attività vulcanica dell'Etna), e potrebbe essere stato generato da un segmento del sistema di Thrust Maghrebide come già ipotizzato da Lavecchia et al. (2007). Il settore occidentale e centrale di questa fonte composita non è associato a nessun terremoto specifico, sebbene il lavoro di Lavecchia et al. (2007) ipotizza che un gruppo di terremoti storici verificatisi vicino a Mineo (il più forte dei quali è l'evento del 3 ottobre 1624) sarebbe potuto essere causato da questo sistema di Thrust.

Due segmenti di questa Fonte sono stati associati al terremoto dell'11 gennaio 1693. Per un'analisi approfondita della sismogenesi in questa regione, il lettore può fare riferimento alla fonte individuale in questo database.

La direzione di queste fonti è stata presa dall'orientamento generale delle strutture tettoniche mappate. L'inclinazione è stata dedotta da considerazioni geologiche regionali riguardanti il piano di thrust. Il pitch è stato determinato sulla base di considerazioni geodinamiche generali. Le profondità minime e massime sono state dedotte da considerazioni geometriche riguardanti la profondità alla quale è radicata la spinta attiva. La direzione del movimento (Slip) è stata determinata da considerazioni geodinamiche, mentre la massima magnitudo è stata determinata da dati sismologici regionali.

GENERAL INFORMATION	
DISS-ID	ITCS029
Name	Gela-Catania
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Maesano F.E.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Maesano F.E.(1), Tiberti M.M.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	03-Aug-2006
Updated	24-May-2016
Display map ...	
Related sources	ITIS106

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	3.0	OD	Based on regional tectonic considerations.
Max depth [km]	10.0	OD	Based on regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	225...260	OD	Based on regional geologic and tectonic data.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on regional geologic and tectonic data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional geologic and tectonic data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Based on the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 7-4 Informazioni generali della Sorgente Sismogenetica Composita ITCS029.

Dalla consultazione del database ITHACA (catalogo delle faglie attive e capaci - Italy Hazards from Capable faulting), si evidenzia la presenza di una faglia attiva e capace ad una distanza superiore ai 26 km dal tracciato in progetto- Questa faglia viene identificata

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 48 of 80	Rev. 5

con il nome di “Comiso” e codice 10600. È una faglia normale e fa parte del sistema “Vittoria Plain”.

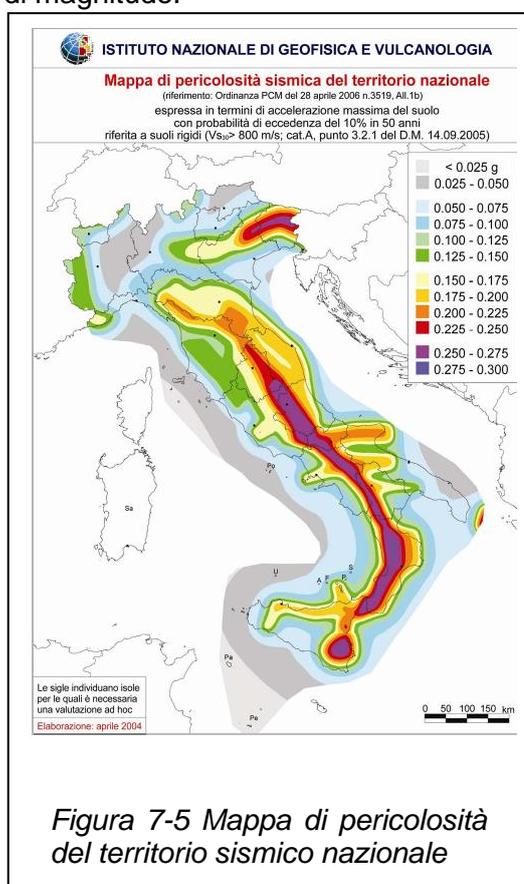
7.1 Pericolosità sismica di base

Il metodo probabilistico, con cui è stata costruita la carta nazionale della pericolosità di base considera il processo sismico come un processo statistico ed utilizza l'intero database o catalogo dei terremoti al di sopra di una prefissata soglia di magnitudo.

In base a questo approccio, la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo. Tale parametro è espresso, generalmente, in termini di accelerazione al bedrock mediante metodi probabilistici che consentono di associare una probabilità e quindi una incertezza a un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

Tra i parametri maggiormente utilizzati per scopi ingegneristici ci sono l'intensità macrosismica, la PGA (Peak Ground Acceleration) ed i valori spettrali. I risultati di questa metodologia sono riportati nell'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 che aggiorna la normativa sismica italiana recependo gli indirizzi europei (Eurocodice 8). Essi sono, in genere, riferiti ad un certo livello di probabilità in un dato periodo di tempo; il valore presentato dalla norma, per l'indicatore di pericolosità è quello che si prevede non venga superato nel 90% dei casi in 50 anni. I risultati possono anche essere interpretati come quel valore di scuotimento che nel 10% dei casi si prevede verrà superato in 50 anni, oppure la vibrazione che mediamente si verifica ogni 475 anni (cosiddetto periodo di ritorno). Si tratta di una scelta convenzionale utilizzata nel mondo e, in particolare in campo europeo, è il valore di riferimento per l'Eurocodice sismico. Non corrisponde, pertanto, né al massimo valore possibile per la regione, né al massimo valore osservato storicamente, ma è un ragionevole compromesso legato alla presunta vita media delle strutture abitative. Va sottolineato che i due indicatori di pericolosità più utilizzati (PGA e I-MCS) rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno. L'accelerazione orizzontale di picco (PGA) illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica. L'intensità macrosismica (I-MCS) rappresenta, invece, in un certo senso, le conseguenze socio-economiche, descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai terremoti.

La mappa di pericolosità, in termini di accelerazioni di picco, è rappresentata in Figura 7-5.



 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 49 of 80	Rev. 5

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere però descritta in modo da renderla compatibile con le Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2018 (Rif. [20]) e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

In base alle Norme Tecniche del 2018 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

La parte relativa alla determinazione delle azioni sismiche (allegati A e B delle NTC 2018) rappresenta una delle principali novità del testo normativo vigente; definitivamente abbandonato il concetto di "Zone Sismiche", il documento introduce un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio.

Il territorio nazionale ora viene catalogato con ben 10751 punti disseminati in modo omogeneo sul territorio nazionale; quindi si è in grado di determinare, dato un certo punto geografico, quale terremoto ha una certa probabilità di verificarsi.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'I.N.G.V., da cui è stata tratta la tabella A1 delle NTC, è costituita da mappe di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Le Norme Tecniche utilizzano gli stessi nodi su cui sono state condotte le stime di pericolosità sismica da parte di I.N.G.V.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> o da vari altri software.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Queste ultime sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi parametri sono definiti sempre in corrispondenza dei punti del reticolo di riferimento suddetto, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Si riporta nel seguito uno stralcio della mappa di pericolosità sismica su griglia di riferimento, da cui si evince che il comune di Gela è caratterizzato da un valore di accelerazione massima su suolo orizzontale compresa tra $0.125g$ e $0.150g$ (per probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 50 of 80	Rev. 5

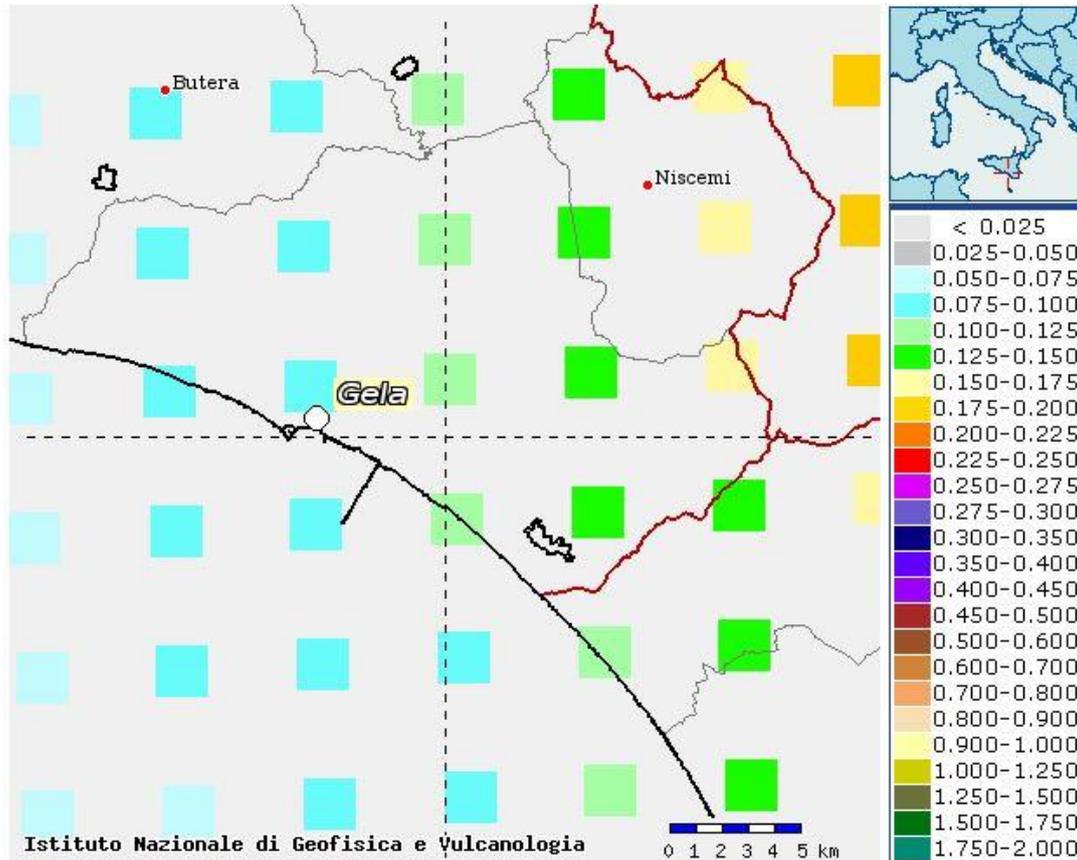


Figura 7-6 Mappa di Pericolosità Sismica per la zona interessata dall'intervento, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ($TR=475$ anni) Sorgente <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

In riferimento alle conseguenze di un'interruzione dell'operatività o di un possibile collasso, secondo la legislazione italiana [20], i lavori previsti rientrano nella categoria IV. Alla classe d'uso IV viene associato un coefficiente di utilizzo C_u di 2. Considerando una vita nominale V_N di 50 anni, il periodo di riferimento V_R , ottenuto moltiplicando la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente di utilizzo C_u , fornisce un valore di $V_R=100$.

Seguendo le linee guida europee e nazionali ([20] [23]) è associato, per un periodo di riferimento $V_R=100$, un valore del periodo di ritorno T_{NCR} uguale a 950 anni. A questo valore corrisponde una "probabilità di eccedenza in 50 anni" pari al 5%, come riportato nel sito INGV.

In particolare, dallo stralcio della mappa di pericolosità sismica su griglia di riferimento, si può notare che il comune di Gela si trova in corrispondenza di un valore di accelerazione massimo su terreno orizzontale di "categoria A" (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi) tra 0.175_g e 0.200_g (per probabilità di eccedenza pari al 5% in 50 anni) (vedi Figura 7-7).

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 51 of 80	Rev. 5

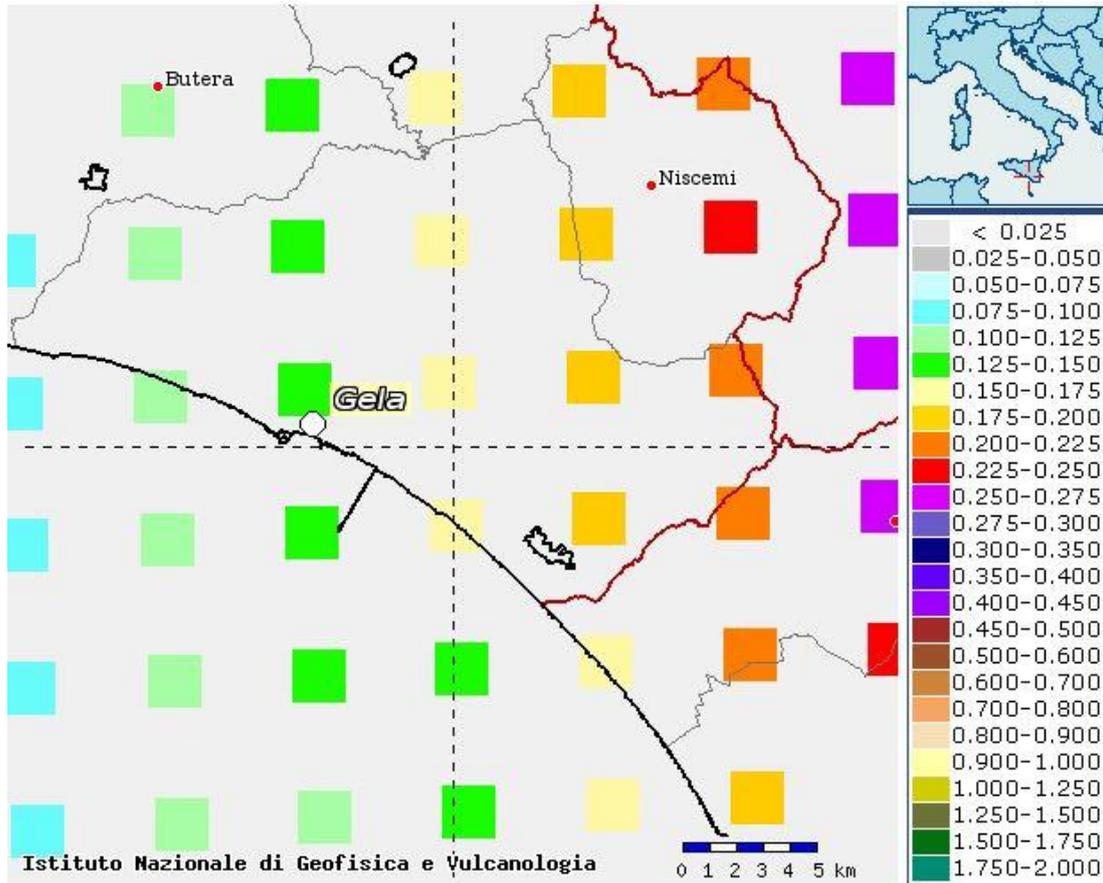


Figura 7-7 Mappa di Pericolosità Sismica per la zona interessata dall'intervento, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni) Sorgente <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 52 of 80	Rev. 5

7.2 Pericolosità sismica locale

Nota la pericolosità sismica di base, ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto, e noti i parametri di progetto, deve essere valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie (risposta sismica locale). In altre parole, la pericolosità sismica locale è lo studio delle eventuali modificazioni locali dello scuotimento sismico e comporta l'individuazione di fenomeni di amplificazione locale.

La normativa sismica vigente evidenzia, infatti, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V_{sh} all'interno delle coperture.

Per l'identificazione del profilo stratigrafico del sottosuolo, risulta necessaria la misura della velocità $V_{s,eq}$, che può essere effettuata tramite prospezioni sismiche (tramite sismica a rifrazione delle onde P ed Sh), o da sismiche in foro (downhole e crosshole).

Nel presente studio sono state utilizzate le misure della $V_{s,eq}$ effettuate tramite prospezioni sismiche finalizzate alla determinazione dei profili verticali delle velocità delle onde di taglio (V_s), analizzando la dispersione di velocità di fase delle onde di Rayleigh, nota in letteratura come Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW).

Al fine di ottenere gli spettri di risposta elastica in accelerazione rappresentativi delle componenti verticali e orizzontali, delle azioni sismiche di progetto, del sito esaminato, sono stati introdotti i parametri relativi al sito (risposta sismica locale):

- caratteristiche stratigrafiche (categoria di sottosuolo);
- Morfologia topografica (categoria topografica).

Da un punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione è di particolare importanza nella definizione e nell'interpretazione delle azioni sismiche; tale spettro si riferisce ad uno smorzamento convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente menzionati (pericolosità sismica di base, stratigrafia, topografia, probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato, riferito agli stati limite di progetto)

Per la valutazione dello spettro di progetto (componente orizzontale degli stati limite SLD e SLV) del sito investigato, si fa riferimento al Decreto Ministeriale 17.01.2018 [20].

Per la definizione delle caratteristiche spettrali dell'accelerazione di sito (dipendenti dalle coordinate del sito e del tipo di sottosuolo), utilizzati per il processo di calcolo per ogni singolo sito (Sito 1, Sito 2, Sito 3 e Sito 4 localizzati in prossimità degli edifici in progetto) sono riportati in seguito. Sono state eseguite anche indagini sismiche tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) in corrispondenza di questi siti.

In considerazione dei risultati ottenuti (vedere i dettagli dei calcoli sito per sito riportati in seguito) l'intero tracciato della condotta può essere suddiviso in due categorie di sottosuolo sismico. La prima sezione, tra l'inizio del tracciato (Terminal Station) e sino alla progressiva chilometrica 2+200, si ha una categoria di sottosuolo di tipo C: *Depositi di*

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 53 of 80	Rev. 5

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.

La seconda sezione compresa tra la progressiva chilometrica 2+200 e la line di costa (fine della parte a terra) ricade nella categoria di sottosuolo B: *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.

Per quanto riguarda la categoria topografica dell'intero tracciato della condotta in progetto, può essere associata alla categoria T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Sono stati eseguiti i calcoli per l'ottenimento dei parametri della pericolosità sismica di base, per tutte e due le categorie di sottosuolo identificate. Questi parametri sono coerenti con i dati bibliografici, relativi ad un'area a basso rischio sismico. Inoltre, facendo riferimento ai diversi siti analizzati lungo il tracciato della condotta in progetto, non vi sono delle differenze significative per quanto riguardano in Siti 2, 3 e 4, mentre per la prima sezione, associata ai valori calcolati nel Sito 1, i parametri sismici ottenuti sono leggermente più alti.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 54 of 80	Rev. 5

Pericolosità sismica locale Sito 1

Per la valutazione delle caratteristiche spettrali del valore di accelerazione al sito, sono stati adottati i seguenti valori di progetto:

- Vita nominale della costruzione (in anni) $V_N = 50$;
- Classe d'uso della costruzione: IV ($C_u=2$);
- Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) $V_R = 100$;
- Categoria di sottosuolo: C;
- Categoria Topografica: T1;
- Velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq} = 286.17$ m/s.

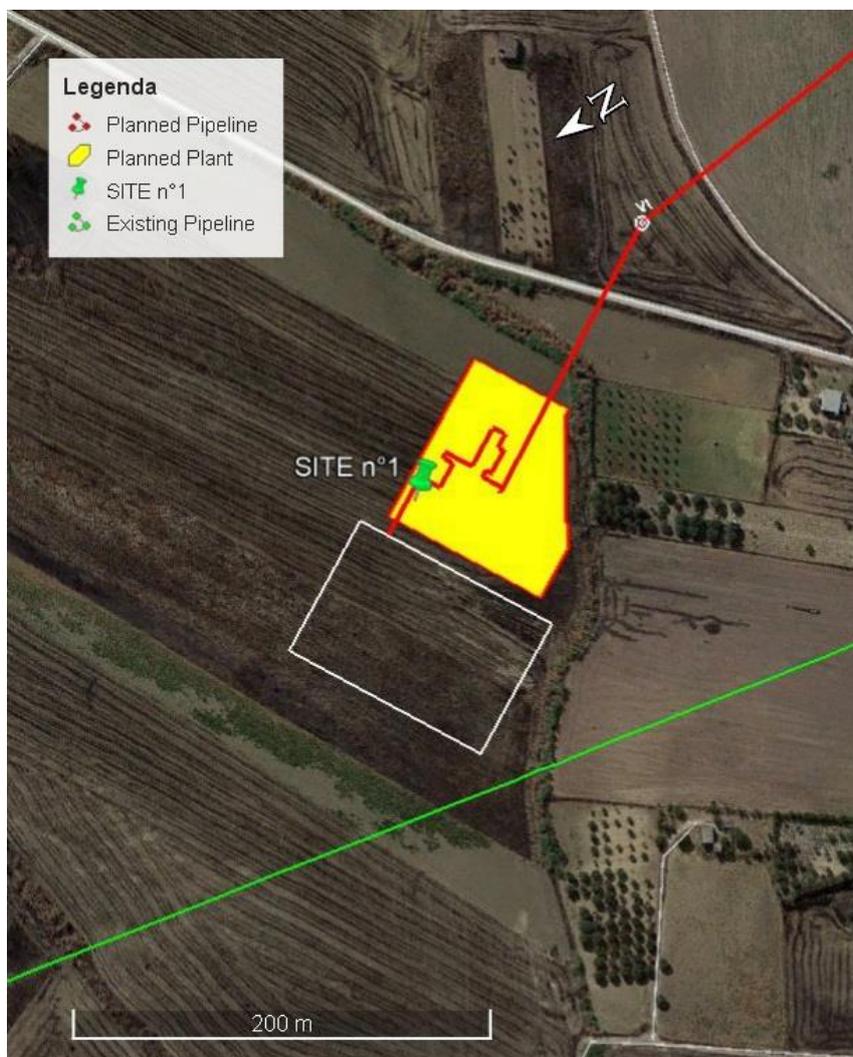


Figura 7-8 Ubicazione del sito di studio – Area del Terminale di Gela

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 55 of 80	Rev. 5

Vita nominale (V_N): 50 [anni]
 Classe d'uso: IV
 Coefficiente d'uso (C_u): 2
 Periodo di riferimento (V_R): 100 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLO: 60 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLD: 101 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLV: 949 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLC: 1950 [anni]
 Tipo di interpolazione: Media ponderata
 Coordinate geografiche del sito:
 Latitudine (WGS84): 37.0806808 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3167391 [°]
 Latitudine (ED50): 37.0817528 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3175650 [°]

Punto d'indagine

Stati limite	T_R [anni]	a_g [g]	F^0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	60	0,037	2,525	0,269
SLD	101	0,048	2,544	0,297
SLV	949	0,165	2,389	0,497
SLC	1950	0,228	2,479	0,527

Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria di sottosuolo C: 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

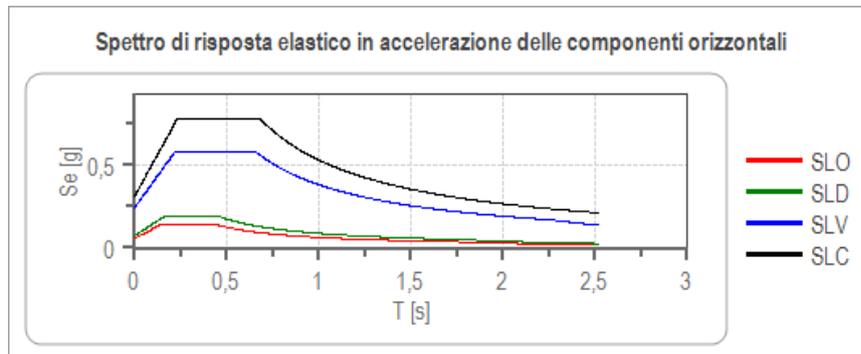
Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,011	0,014	0,058	0,087
k_v	0,006	0,007	0,029	0,043
A_{max} [m/s ²]	0,547	0,709	2,368	3,045
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 56 of 80	Rev. 5

Spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

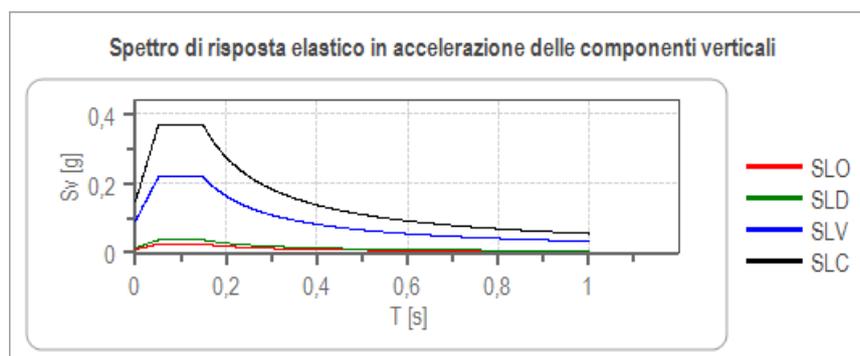


	C_u	a_g [g]	F^0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,525	0,269	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,146	0,437	1,749	0,056	0,141
SLD	2,0	0,048	2,544	0,297	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,156	0,467	1,793	0,072	0,184
SLV	2,0	0,165	2,389	0,497	1,460	1,320	1,000	1,460	1,000	0,219	0,657	2,262	0,241	0,577
SLC	2,0	0,228	2,479	0,527	1,360	1,300	1,000	1,360	1,000	0,228	0,685	2,513	0,311	0,770

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione delle spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000





MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _{c*} [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,525	0,269	1	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,024
SLD	2,0	0,048	2,544	0,297	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,036
SLV	2,0	0,165	2,389	0,497	1	1,320	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,217
SLC	2,0	0,228	2,479	0,527	1	1,300	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,147	0,365

Spettro di progetto

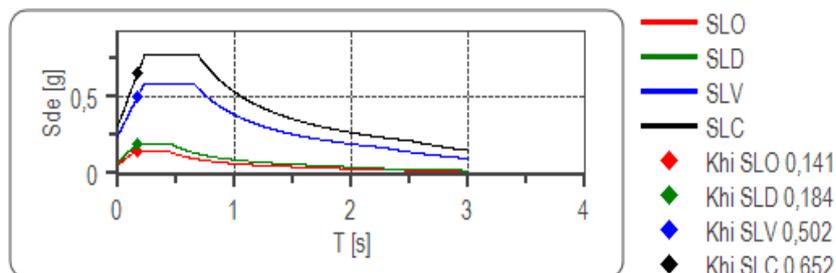
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.00

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.00

Periodo fondamentale T: 0.17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh = Sde(T) Orizzontale [g]	0,141	0,184	0,502	0,652
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,022	0,032	0,191	0,322

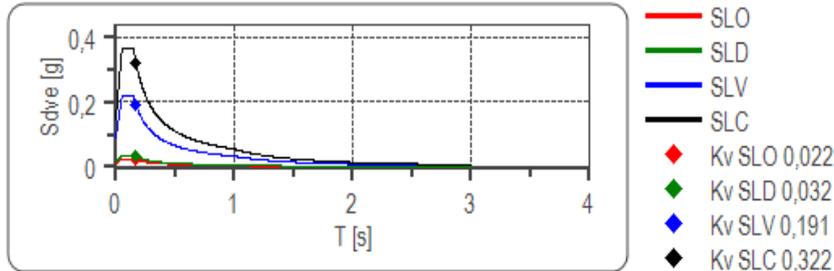
Spettro di progetto delle componenti orizzontali





MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

Spettro di progetto delle componenti verticali



	c_u	a_g [g]	F^0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,037	2,525	0,269	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,146	0,437	1,749	0,056	0,141
SLO verticale	2,0	0,037	2,525	0,269	1,500	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,024
SLD orizzontale	2,0	0,048	2,544	0,297	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,156	0,467	1,793	0,072	0,184
SLD verticale	2,0	0,048	2,544	0,297	1,500	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,036
SLV orizzontale	2,0	0,165	2,389	0,497	1,460	1,320	1,000	1,460	1,000	0,219	0,657	2,262	0,241	0,577
SLV verticale	2,0	0,165	2,389	0,497	1,460	1,320	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,217
SLC orizzontale	2,0	0,228	2,479	0,527	1,360	1,300	1,000	1,360	1,000	0,228	0,685	2,513	0,311	0,770
SLC verticale	2,0	0,228	2,479	0,527	1,360	1,300	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,147	0,365

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 59 of 80	Rev. 5

Pericolosità sismica di Sito 2

I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche, relativi al sito d'indagine, sono quelli qui sotto riportati:

- Vita nominale della costruzione (in anni) $V_N = 50$;
- Classe d'uso della costruzione: IV ($C_u=2$);
- Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) $V_R = 100$;
- Categoria di sottosuolo: B;
- Categoria topografica: T1;
- Velocità di propagazione media delle onde di taglio $V_{s,eq} = 443.15$ m/s.

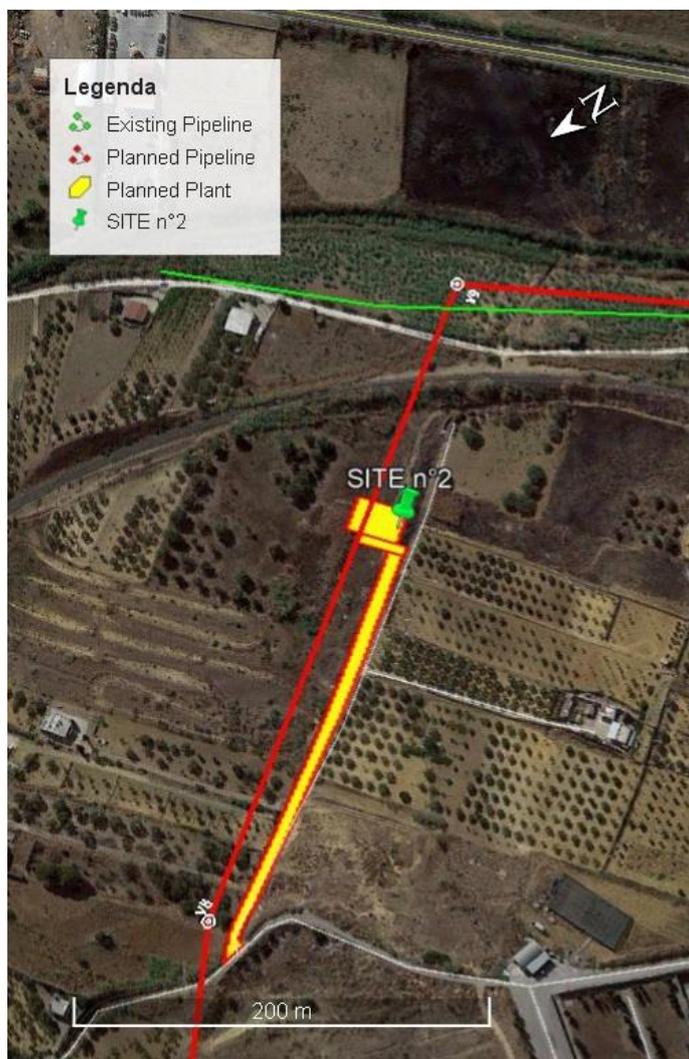


Figura 7-9 Ubicazione dell'area di studio – Area BVS 1

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 60 of 80	Rev. 5

Vita nominale (V_N): 50 [anni]
 Classe d'uso: IV
 Coefficiente d'uso (C_u): 2
 Periodo di riferimento (V_R): 100 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLO: 60 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLD: 101 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLV: 949 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLC: 1950 [anni]
 Tipo di interpolazione: media ponderata
 Coordinate geografiche del sito
 Latitudine (WGS84): 37.0571556 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3230228 [°]
 Latitudine (ED50): 37.0582275 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3238487 [°]

Punto d'indagine

Stati limite	T_R [anni]	a_g [g]	F^0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	60	0,037	2,526	0,269
SLD	101	0,049	2,543	0,297
SLV	949	0,168	2,388	0,492
SLC	1950	0,232	2,477	0,525

Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria di sottosuolo B: *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.*

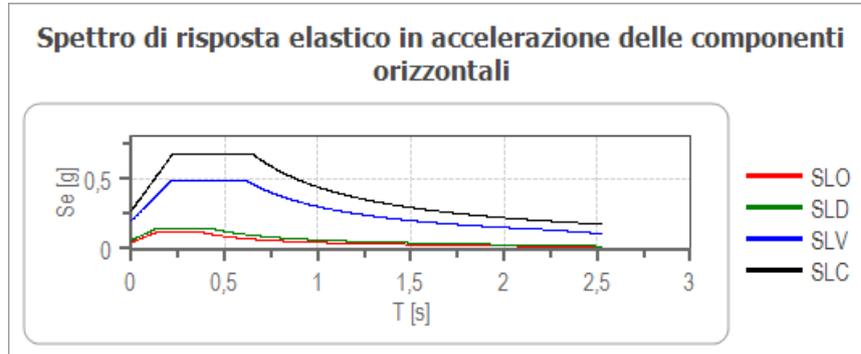
Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,009	0,012	0,048	0,076
k_v	0,004	0,006	0,024	0,038
A_{max} [m/s ²]	0,440	0,571	1,976	2,659
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 61 of 80	Rev. 5

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

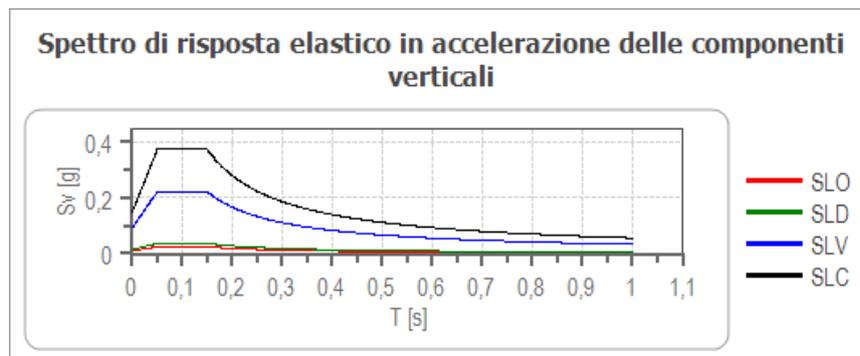


	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c * [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _i [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,526	0,269	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,128	0,385	1,749	0,045	0,113
SLD	2,0	0,049	2,543	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,415	1,794	0,058	0,148
SLV	2,0	0,168	2,388	0,492	1,200	1,270	1,000	1,200	1,000	0,208	0,625	2,272	0,202	0,481
SLC	2,0	0,232	2,477	0,525	1,170	1,250	1,000	1,170	1,000	0,219	0,656	2,527	0,271	0,672

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000



 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 62 of 80	Rev. 5

	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c [*] [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,526	0,269	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,025
SLD	2,0	0,049	2,543	0,297	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,037
SLV	2,0	0,168	2,388	0,492	1	1,270	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,093	0,222
SLC	2,0	0,232	2,477	0,525	1	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,151	0,373

Spettro di progetto

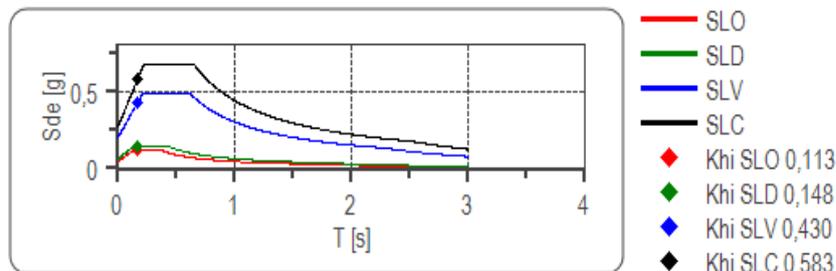
Fattore di struttura dello spettro orizzontale q: 1.00

Fattore di struttura dello spettro verticale q: 1.00

Periodo fondamentale T: 0.17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh = Sde(T) orizzontale [g]	0,113	0,148	0,430	0,583
kv = Sdve(T) Vertical e[g]	0,022	0,032	0,196	0,329

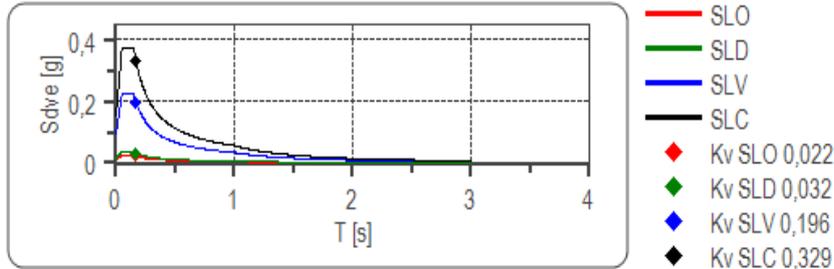
Spettro di progetto delle componenti orizzontali





MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

Spettro di progetto delle componenti verticali



	c_u	a_g [g]	F^0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,037	2,526	0,269	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,128	0,385	1,749	0,045	0,113
SLO verticale	2,0	0,037	2,526	0,269	1,200	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,025
SLD orizzontale	2,0	0,049	2,543	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,415	1,794	0,058	0,148
SLD verticale	2,0	0,049	2,543	0,297	1,200	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,037
SLV orizzontale	2,0	0,168	2,388	0,492	1,200	1,270	1,000	1,200	1,000	0,208	0,625	2,272	0,202	0,481
SLV verticale	2,0	0,168	2,388	0,492	1,200	1,270	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,093	0,222
SLC orizzontale	2,0	0,232	2,477	0,525	1,170	1,250	1,000	1,170	1,000	0,219	0,656	2,527	0,271	0,672
SLC verticale	2,0	0,232	2,477	0,525	1,170	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,151	0,373

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 64 of 80	Rev. 5

Pericolosità sismica di Sito 3

I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche, relativi al sito d'indagine, sono quelli qui sotto riportati:

- Vita nominale della costruzione $V_N = 50$;
- Classe d'uso della costruzione: IV ($C_u=2$);
- Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) $V_R = 100$;
- Categoria di sottosuolo: B;
- Categoria topografica: T1;
- Velocità di propagazione media delle onde di taglio $V_{s,eq} = 447.27$ m/s.

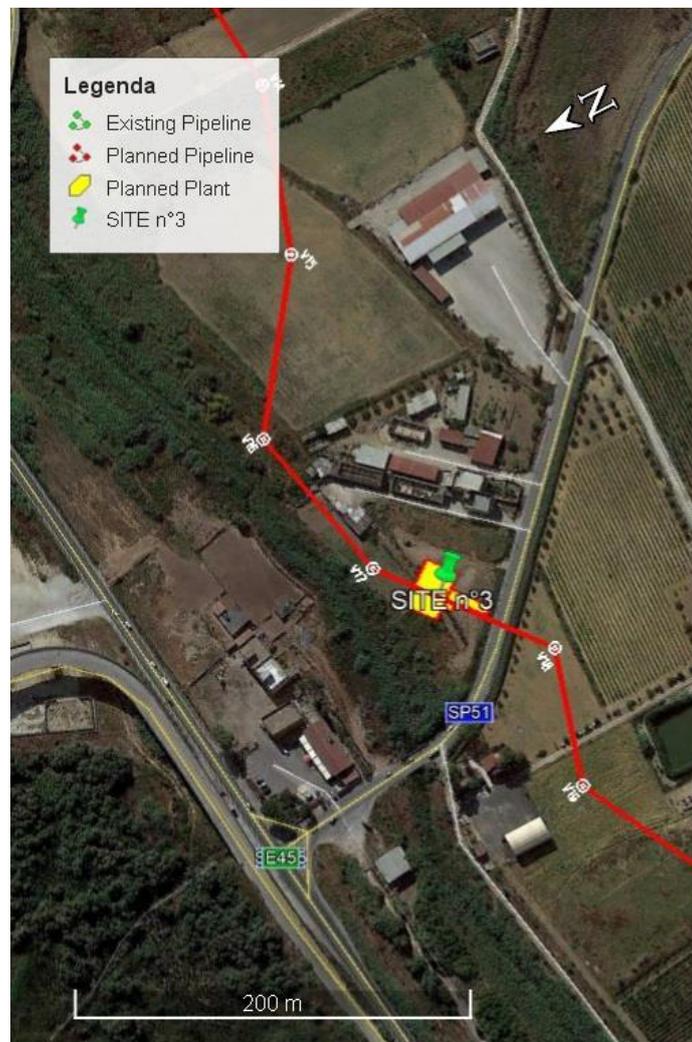


Figura 7-10 Ubicazione area di studio – Area BVS 2

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 65 of 80	Rev. 5

Vita nominale (V_N): 50 [anni]
 Classe di uso: IV
 Coefficiente d'uso (C_u): 2
 Periodo di riferimento (V_R): 100 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLO: 60 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLD: 101 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLV: 949 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLC: 1950 [anni]
 Tipo di interpolazione: media ponderata
 Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 37.0515900 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3146830 [°]
 Latitudine (ED50): 37.0526619 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3155088 [°]

Punto d'indagine

Stati limite	T_R [anni]	a_g [g]	F^0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	60	0,037	2,524	0,268
SLD	101	0,048	2,544	0,297
SLV	949	0,166	2,389	0,495
SLC	1950	0,229	2,478	0,526

Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria di sottosuolo B: *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.

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media minore o uguale a 15°

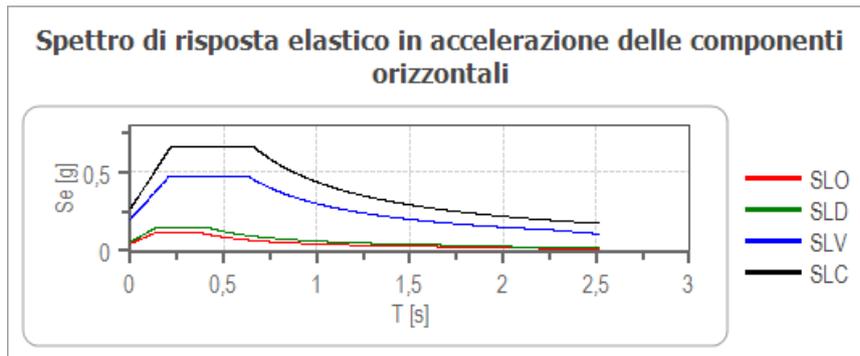
Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,009	0,012	0,048	0,075
k_v	0,004	0,006	0,024	0,037
A_{max} [m/s ²]	0,437	0,566	1,951	2,626

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 66 of 80	Rev. 5

Beta	0,200	0,200	0,240	0,280
------	-------	-------	-------	-------

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

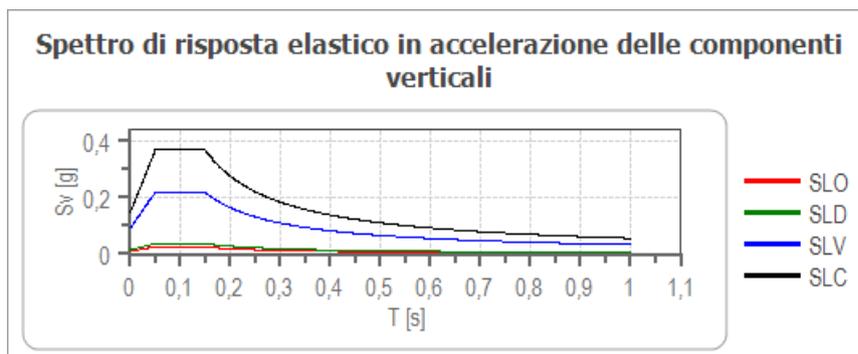


	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c * [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,524	0,268	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,128	0,384	1,748	0,045	0,112
SLD	2,0	0,048	2,544	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,415	1,793	0,058	0,147
SLV	2,0	0,166	2,389	0,495	1,200	1,270	1,000	1,200	1,000	0,210	0,629	2,263	0,199	0,475
SLC	2,0	0,229	2,478	0,526	1,170	1,250	1,000	1,170	1,000	0,219	0,658	2,515	0,268	0,664

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 67 of 80	Rev. 5

	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c [*] [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,037	2,524	0,268	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,024
SLD	2,0	0,048	2,544	0,297	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,036
SLV	2,0	0,166	2,389	0,495	1	1,270	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,218
SLC	2,0	0,229	2,478	0,526	1	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,148	0,366

Spettro di progetto

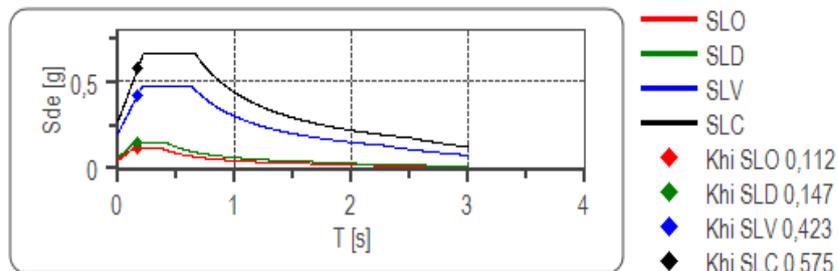
Fattore di struttura dello spettro orizzontale q: 1.00

Fattore di struttura dello spettro verticale q: 1.00

Periodo fondamentale T: 0.17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh = Sde(T) orizzontale [g]	0,112	0,147	0,423	0,575
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,021	0,032	0,192	0,323

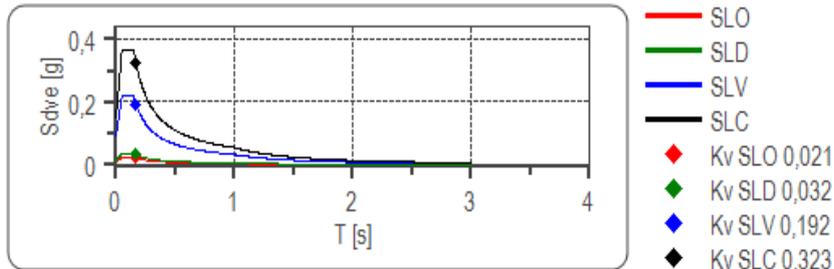
Spettro di progetto delle componenti orizzontali





MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

Spettro di progetto delle componenti verticali



	c_u	a_g [g]	F^0 [-]	T_c [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,03 7	2,52 4	0,26 8	1,20 0	1,43 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,12 8	0,38 4	1,74 8	0,04 5	0,11 2
SLO verticale	2,0	0,03 7	2,52 4	0,26 8	1,20 0	1,43 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 0	0,02 4
SLD orizzontale	2,0	0,04 8	2,54 4	0,29 7	1,20 0	1,40 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 8	0,41 5	1,79 3	0,05 8	0,14 7
SLD verticale	2,0	0,04 8	2,54 4	0,29 7	1,20 0	1,40 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 4	0,03 6
SLV orizzontale	2,0	0,16 6	2,38 9	0,49 5	1,20 0	1,27 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,21 0	0,62 9	2,26 3	0,19 9	0,47 5
SLV verticale	2,0	0,16 6	2,38 9	0,49 5	1,20 0	1,27 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,09 1	0,21 8
SLC orizzontale	2,0	0,22 9	2,47 8	0,52 6	1,17 0	1,25 0	1,00 0	1,17 0	1,00 0	0,21 9	0,65 8	2,51 5	0,26 8	0,66 4
SLC verticale	2,0	0,22 9	2,47 8	0,52 6	1,17 0	1,25 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,14 8	0,36 6

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 69 of 80	Rev. 5

Pericolosità sismica di Sito 4

I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche, relativi al sito d'indagine, sono quelli qui sotto riportati:

- Vita nominale della costruzione $V_N = 50$;
- Classe d'uso della costruzione: IV ($C_u=2$);
- Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) $V_R = 100$;
- Categoria di sottosuolo: B;
- Categoria topografica: T1;
- Velocità di propagazione media delle onde di taglio $V_{s,eq} = 474.86$ m/s.

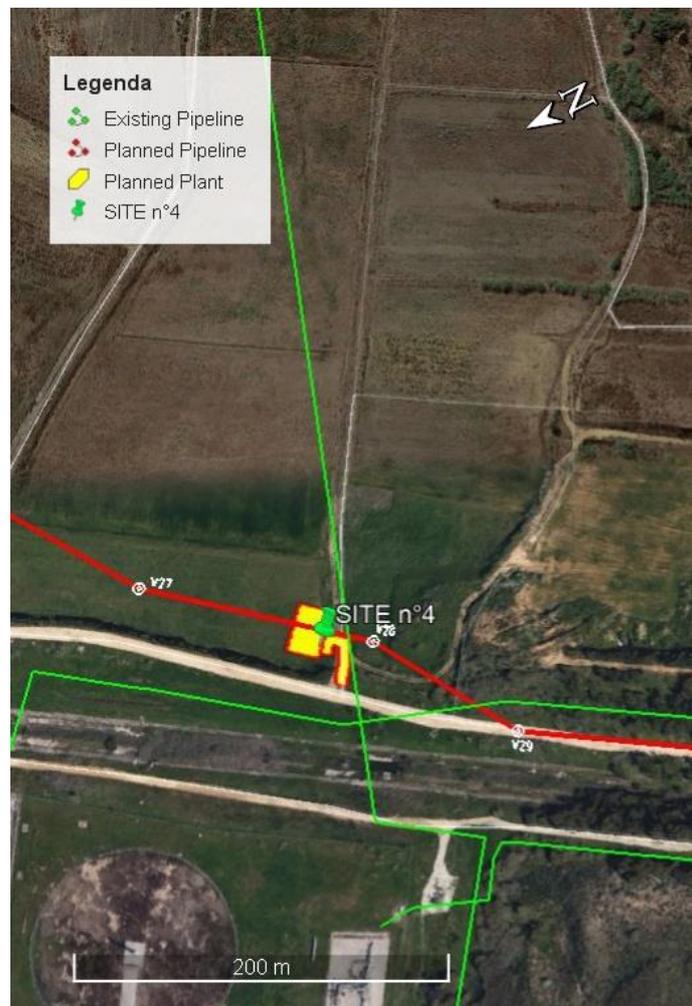


Figura 7-11 Ubicazione dell'area di studio – Area BVS 4

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 70 of 80	Rev. 5

Vita nominale (V_N): 50 [anni]
 Classe d'uso: IV
 Coefficiente d'uso (C_u): 2
 Periodo di riferimento (V_R): 100 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLO: 60 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLD: 101 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLV: 949 [anni]
 Periodo di ritorno (T_R) SLC: 1950 [anni]
 Tipo di interpolazione: media ponderata
 Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 37.0441780 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3001757 [°]
 Latitudine (ED50): 37.0452499 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3010015 [°]

Punto d'indagine

Stato limite	T_R [years]	a_g [g]	F^0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	60	0,035	2,497	0,265
SLD	101	0,045	2,552	0,297
SLV	949	0,148	2,413	0,515
SLC	1950	0,205	2,494	0,539

Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria di sottosuolo B: *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.*

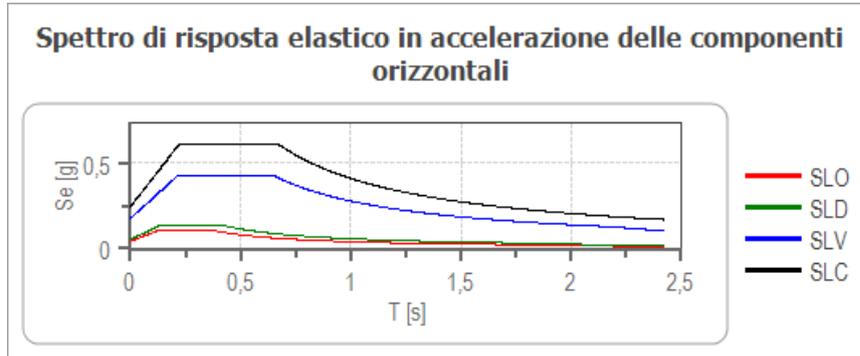
Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,008	0,011	0,043	0,069
k_v	0,004	0,005	0,021	0,034
A_{max} [m/s ²]	0,416	0,529	1,741	2,414
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 71 of 80	Rev. 5

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

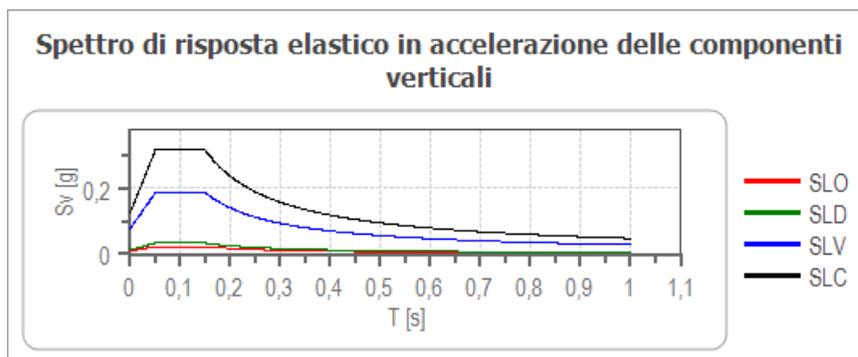


	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c * [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _i [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,035	2,497	0,265	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,126	0,379	1,741	0,042	0,106
SLD	2,0	0,045	2,552	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,416	1,780	0,054	0,138
SLV	2,0	0,148	2,413	0,515	1,200	1,260	1,000	1,200	1,000	0,216	0,649	2,192	0,178	0,428
SLC	2,0	0,205	2,494	0,539	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,223	0,669	2,421	0,246	0,614

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000



 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 72 of 80	Rev. 5

	C _u	a _g [g]	F ⁰ [-]	T _c [*] [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,035	2,497	0,265	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,022
SLD	2,0	0,045	2,552	0,297	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLV	2,0	0,148	2,413	0,515	1	1,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,077	0,185
SLC	2,0	0,205	2,494	0,539	1	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,125	0,313

Spettro di progetto

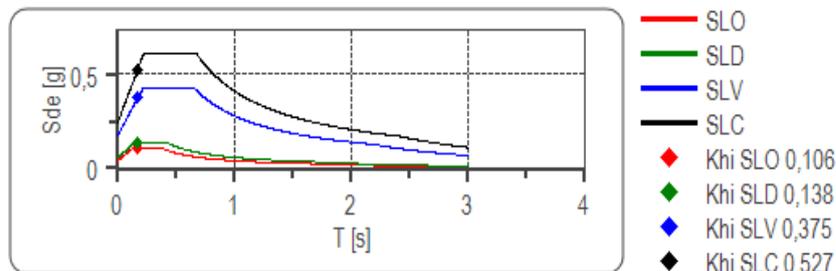
Fattore di struttura dello spettro orizzontale q: 1.00

Fattore di struttura dello spettro verticale q: 1.00

Periodo fondamentale T: 0.17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh = Sde(T) orizzontale [g]	0,106	0,138	0,375	0,527
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,020	0,029	0,164	0,276

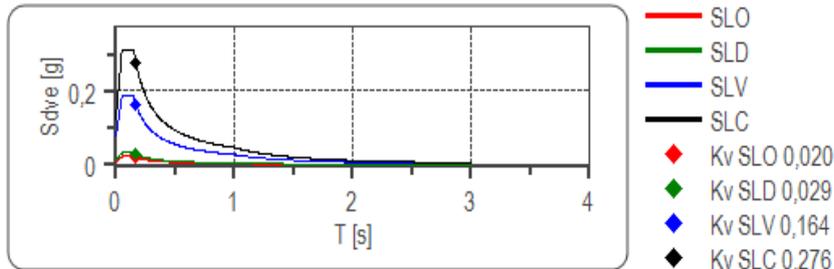
Spettro di progetto delle componenti orizzontali





MINISTRY FOR ENERGY
AND WATER MANAGEMENT
WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA

Spettro di progetto delle componenti verticali



	c_u	a_g [g]	F^0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,035	2,497	0,265	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,126	0,379	1,741	0,042	0,106
SLO verticale	2,0	0,035	2,497	0,265	1,200	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,022
SLD orizzontale	2,0	0,045	2,552	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,416	1,780	0,054	0,138
SLD verticale	2,0	0,045	2,552	0,297	1,200	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLV orizzontale	2,0	0,148	2,413	0,515	1,200	1,260	1,000	1,200	1,000	0,216	0,649	2,192	0,178	0,428
SLV verticale	2,0	0,148	2,413	0,515	1,200	1,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,077	0,185
SLC orizzontale	2,0	0,205	2,494	0,539	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,223	0,669	2,421	0,246	0,614
SLC verticale	2,0	0,205	2,494	0,539	1,200	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,125	0,313

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 74 of 80	Rev. 5

8 VALUTAZIONE DELLA METODOLOGIA DI COSTRUZIONE OPERE TRENCHLESS

8.1 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

Per la posa della condotta in progetto, tra le progressive chilometriche 2+210 – 2+720, per l'attraversamento di un rilievo collinare caratterizzato da depositi sabbiosi con sottili livelli calcarenitici intercalati, viene valutato l'utilizzo della tecnologia trenchless, in particolare si è optato per la trivellazione orizzontale controllata o TOC.

Di fondamentale importanza per la fase di progettazione e successiva esecuzione della perforazione, è la conoscenza delle caratteristiche del sottosuolo, ovvero le caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dell'area attraversata.

Sulla base delle indagini effettuate e delle caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dell'area, descritte nei capitoli precedenti, di seguito viene fornita una valutazione di fattibilità geologica della metodologia trenchless prevista (trivellazione orizzontale controllata).

La trivellazione orizzontale controllata (TOC) è attualmente una delle tecnologie trenchless più utilizzate nell'installazione delle condotte. Rispetto ad altre tecnologie di posa, consente di installare una tubazione sotterranea senza lo scavo di trincee e con una minimizzazione delle superfici interessate. Per tale motivo questa è una tecnica che viene molto utilizzata, soprattutto quando si devono attraversare aree urbane, autostrade, corpi idrici e altre aree sensibili dal punto di vista ambientale e geologico.

Le fasi principali di installazione di una condotta, attraverso l'utilizzo della TOC, possono essere suddivise in tre attività fondamentali, riportate di seguito:

- Perforazione foro pilota:
- Alesaggi per l'aumento del diametro del foro;
- Installazione della condotta.

La progettazione di un'installazione tramite tecnologia trenchless, non deve tenere solo in considerazione l'andamento geometrico della perforazione ma anche le sollecitazioni indotte durante la fase di perforazione e di tiro-posa della condotta, al fine di dimensionare correttamente sia la tubazione stessa che le attrezzature di perforazione. Inoltre è necessario calcolare le pressioni di utilizzo dei fanghi per assicurare la pulizia e la stabilità del foro nonché, la pressione massima di utilizzo per evitare fenomeni di rottura del terreno, e quindi fuoriuscita di fanghi di perforazione. Pertanto, è opportuno una corretta determinazione dei parametri delle litologie attraversate, in particolari quelli che sono direttamente collegate alla determinazione della resistenza, deformabilità e permeabilità del materiale.

Esistono molti contesti geotecnici che potrebbero comportare problematiche significative all'esecuzione della TOC e pertanto devono essere tenute in considerazione durante la fase di progettazione e costruzione. Alcuni esempi sono:

- a) Terreni molto soffici o sciolti: difficoltà nel mantenimento della direzionalità in quanto la testa di taglio potrebbe essere soggetta ad un approfondimento non controllato.
- b) Ghiaia sciolta o compatta: Problemi di stabilità sulla tenuta del foro e perdita dei fluidi di perforazione;

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 75 of 80	Rev. 5

- c) Contenuto significativo di ciottoli o massi: problemi di stabilità del foro e difficoltà di mantenimento della direzionalità;
- d) Strati paralleli di materiale con caratteristiche geotecniche molto diverse tra loro: deviazione della testa di perforazione dallo strato più tenace e conseguentemente problemi di mantenimento della direzionalità;
- e) Zone di elevata fratturazione nell'ammasso roccioso: perdita dei fluidi di perforazione ed instabilità del foro;
- f) Cavità, specialmente dovute a fenomeni di dissoluzione: grave perdita dei fluidi di perforazione ed instabilità del foro;
- g) Rocca dura: Usura eccessiva degli utensili, influenzando la programmazione e pianificazione della trivellazione, sino a rendere non fattibile il progetto;
- h) Falda artesianica: problemi relativi alla qualità dei fanghi di perforazione.

All'interno della seguente tabella, vengono riportate in modo schematico le differenti condizioni di fattibilità della trivellazione TOC, in funzione della tipologia di terreno presente.

Soil Conditions	Generally Suitable	Difficulties May Occur	Substantial Problems
Soft to very soft clays, silts, and organic deposits		x	
Medium to very stiff clays and silts	x		
Hard clays and highly weathered shales	x		
Very loose to loose sands above and below the water table (not more than 30 % gravel by weight)		x	
Medium to dense sands above or below the water table (not more than 30 % gravel by weight)	x		
Very loose to dense gravelly sand (30 % to 50 % gravel by weight)		x	
Very loose to dense gravelly sand (50 % to 85 % gravel by weight)			x
Very loose to very dense gravel			x
Soils with significant cobbles, boulders, and obstructions			x
Weathered rocks, marls, chalks, and firmly cemented soils	x		
Slightly weathered to unweathered rocks		x	

Tabella 8-1 Tipologie di terreno e idoneità della trivellazione orizzontale controllata (ASTM F1962).

8.1.1 Fattibilità della Trivellazione Orizzontale Controllata e rischi progettuali

Data la natura litologica dei terreni attraversati dalla perforazione (TOC) in progetto, ovvero terreni a grana fine caratterizzati principalmente da sabbie ed argille, non vengono individuate criticità significative dal punto di vista geologico. Si consiglia comunque di utilizzare piccoli accorgimenti come: riduzione dei tempi operativi; alta viscosità dei fluidi di perforazione.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 76 of 80	Rev. 5

8.2 Spingitubo

La spingitubo è una tecnica di posa di condotte in aree dove è molto probabile il rischio di crollo del terreno o in aree in cui si ha la necessità di posizionare la condotta senza l'utilizzo di scavi (ad esempio in corrispondenza di attraversamenti stradali o ferroviari). Tale tecnica, essendo utilizzabile in con diverse tipologie di terreni e rocce, rappresenta uno dei metodi più affidabili ed economici di posa delle condotte.

La spingitubo, o perforazione tramite coclea, viene eseguita, generalmente, utilizzando una coclea dotata di una testa di taglio all'interno di un tubo di acciaio, dalle dimensioni comprese tra 450 a 1500 mm di diametro. La coclea viene fissata, quindi, ad un'alesatrice a spinta.

Generalmente il tubo di acciaio che costituisce il rivestimento esterno, viene installato in sezioni lunghe 6 metri per cui, si ha la necessità di avere una buca di spinta lunga almeno 10 metri, al fine di ospitare la sezione del tubo e la macchina di spinta. Viene generalmente realizzato un pozzo di uscita, sull'estremità opposta all'area di lavoro, sebbene non sia sempre necessario.

La spingitubo viene efficacemente utilizzata per l'installazione di sezioni di tubo con lunghezza massima complessiva non superiore ai 70-100 metri (in funzione del diametro del tubo di rivestimento e della natura del terreno).

Al termine delle operazioni di posa del tubo camicia in acciaio, il tubo dedicato al trasporto del gas (cioè il gasdotto in progetto) viene inserito nel tubo camicia con dei distanziatori in plastica adeguati.

Questa tecnica di perforazione può essere utilizzata in tutti i tipi di terreno costituiti da: torba, argilla, limo, sabbie e ghiaia. Per quanto riguarda i depositi grossolani (ciottoli) tale tecnica presenta delle difficoltà di esecuzione, mentre non è raccomandabile eseguirla all'interno delle rocce.

All'interno del progetto sono previste n° 10 attraversamenti con tecnologia spingitubo (vedi Tabella 8-2). I terreni attraversati, essendo principalmente costituiti da terreni sabbiosi e limosi, gli attraversamenti tramite spingitubo possono essere considerati fattibili senza particolari criticità realizzative.

No.	Progressiva chilometrica	Attraversamento	Lunghezza (m)
1	0+105	Strada Provinciale n.82 Strada Storica	24
2	3+065	Linea ferroviaria "Gela-Catania"	56
3	3+090	Strada Comunale (non asfaltata)	56
4	3+365	Canale Priolo	48
5	3+435	Strada Comunale (non asfaltata)	66
6	3+470	Strada Statale No. 115 Strada Storica	66

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 77 of 80	Rev. 5

No.	Progressiva chilometrica	Attraversamento	Lunghezza (m)
7	3+480	Tubo acquedotto DN 400 (16") in ghisa - ASI	66
8	3+480	No.5 Tubi di approvvigionamento idrico - CALTACQUA	66
9	4+380	Strada Provinciale N. 51 & Acquedotto	32
10	5+750	Linea ferroviaria "Canicatti-Siracusa"	85

Tabella 8-2 Lista degli attraversamenti previsti in progetto da eseguire con la tecnica spingitubo.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 78 of 80	Rev. 5

9 CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

Lo scopo della presente documento è la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dell'area interessata dalla condotta in progetto, nel territorio comunale di Gela (parte a terra), del gasdotto "Melita Transgas Pipeline".

La struttura geologica del sottosuolo della Piana di Gela è caratterizzata, quindi, da terreni prevalentemente a composizione argillosa, con intercalazione discontinua di intervalli evaporitici, con spessore da centinaia a diverse migliaia di metri. Tali terreni risultano ricoperti in modo discontinuo, da un sottile livello di depositi alluvionali e localmente da depositi calcarenitici del Quaternario, con contenuto variabile di limo, avente spessore di alcune decine di metri.

Le indagini condotte hanno messo in evidenza una certa eterogeneità litologica: è stata identificata la presenza di elementi fini che vanno dalle argille (grigia compatta a color nocciola) alle argille sabbiose fino alle sabbie limose (marrone scuro) e sabbie grossolane.

È stata anche riscontrata la presenza di livelli arenacei (colore giallo ocra) e livelli conglomeratici con ciottoli di dimensioni centimetriche e di natura eterogenea.

Sulla base delle indagini svolte, sono stati identificati i modelli litologici e geotecnici lungo il tracciato del gasdotto in progetto così come riportati nel capitolo 4.

Dalle indagini effettuate è possibile schematizzare l'assetto litostratigrafico dell'area in tre livelli principali:

Suolo (coltre pedogenetica): La coltre pedogenetica riscontrata dai sondaggi presenta come un orizzonte relativamente sottile, con spessore variabile dai 0.3 ai 1.30 m, ed è stata riscontrata nei sondaggi dall'S1s all'S5s. Tale coltre pedogenetica è costituita prevalentemente da sabbie e presenta una densità bassa. Tale livello risulta essere in transizione graduale con i sottostanti depositi olocenici, caratterizzato da depositi sabbiosi e siltosi.

Depositi olocenici: Tali depositi olocenici sono caratterizzati da: depositi dunali, mobili e fossili, consistenti in sabbie e rari ciottoli, originatesi dalla disgregazione delle sabbie pleistoceniche e la loro successivo accumulo. Sabbie di spiaggia, distribuite e presenti in modo continuativo lungo la linea di costa.

Depositi plesitocenici: Sono costituiti da depositi marnosi, limosi ed argillosi marini, risalenti al Pleistocene, di colore grigio-blu, che costituiscono il substrato delle formazioni presenti nell'area della pianura di Gela. Limi e limi sabbiosi, marne di colore ocra, con granulometria medio-fine, e rari livelli conglomeratici e locali intercalazioni calcarenitiche, costituiscono i rilievi collinari.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area di interesse può essere considerata facente parte del complesso idrogeologico "Litotipi a permeabilità primaria media". Rientrano all'interno di questo gruppo i depositi alluvionali eterogenei e a litologia variabile da sabbie limose ad argille limose, caratterizzati da una permeabilità variabile (da medio alta a medio-bassa). Queste formazioni includono spesso, come intercalazioni, orizzonti ad elevata permeabilità i quali diventano vie preferenziali per la circolazione dell'acqua.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 	CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LOCALITA' MALTA & ITALIA	DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE	Pag. 79 of 80	Rev. 5

Attraverso la caratterizzazione litostratigrafica del sottosuolo, eseguita tramite le indagini svolte, è stata fatta una valutazione sulla fattibilità delle opere trenchless in progetto. Dalla valutazione effettuata si ottiene che tutte le opere trenchless (TOC e Spingitubo) in progetto, risultano fattibili senza mostrare criticità realizzative.

Dalle analisi eseguite è emerso che per tutti i campioni prelevati, i valori degli elementi analizzati rientrano nei limiti della "Concentrazione Soglia di Contaminazione" definita nella Tabella 1/A, Annesso 5, parte IV, Titolo V del Decreto Legislativo 152/2006 [24], che prevede siti per uso verde pubblico, privato e residenziale, pertanto, il suolo può essere considerato non inquinato e, a norma di legge, può essere riutilizzato nello stesso sito di scavo.

Infine, considerando risultati ottenuti dalle indagini sismiche (vedere i dettagli dei calcoli sito per sito riportati nel paragrafo 7.2) l'intero tracciato della condotta può essere suddiviso in due categorie di sottosuolo sismico. La prima sezione, tra l'inizio del tracciato (Terminal Station) e sino alla progressiva chilometrica 2+200, si ha una categoria di sottosuolo di tipo C: *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.

La seconda sezione compresa tra la progressiva chilometrica 2+200 e la linea di costa (fine della parte a terra) ricade nella categoria di sottosuolo B: *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.

 MINISTRY FOR ENERGY AND WATER MANAGEMENT WSC, QORMI ROAD, LUQA, MALTA	 		CONTRATTO N. CT 3108/2018	COMMESSA 171001
	LUOGO MALTA & ITALIA		DOC. 20-RT-E-5007	
	PROGETTO MELITA TRANSGAS PIPELINE		Pag. 80 of 80	Rev. 5

10 ANNESSI

- **Annesso 1** – Tracciato con carta geologica ed idrogeologica - Italia
- **Annesso 2** – Rapporto di prova indagini geognostiche.