

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

**Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle
DN 300 (12"), DP 24 bar
ed opere connesse**

ANALISI AREALE DELLA STABILITA' DEI PENDII

0	Emissione per permessi	Onori	Nisii	Mattei	Lug. '22
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 Scopo del lavoro	5
1.2 Normativa di riferimento	6
1.3 Documenti di Riferimento	6
2 METODOLOGIA INVESTIGATIVA	7
2.1 Geomorfologia	8
2.2 Geologia-geotecnica	10
2.3 Azione sismica	11
2.3.1 Parametri di risposta sismica locale	14
2.3.2 Verifica in condizioni statiche	15
2.3.3 Verifica in condizioni sismiche	16
3 DEFINIZIONE DEGLI INPUT	18
3.1 Caratterizzazione delle categorie topografiche	18
3.2 Caratterizzazione del sottosuolo	18
3.3 Caratterizzazione geologico-geotecnica del tracciato	19
3.4 Caratterizzazione della PGA (Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV)	22
3.5 Caratterizzazione delle coltri	22
3.6 Caratterizzazione del livello piezometrico	22
4 ANALISI DI STABILITA' DEI VERSANTI	24
4.1 Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche	24
5 SCHEDE MONOGRAFICHE DELLE INTERFERENZE CON LE AREE CRITICHE	26
5.1 ID01 Località: Cozzo Don Michele Comune: Campofranco	27
5.2 ID02 Località: Contrada Palermitano Comune: Campofranco	29
6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	31
6.1 Misure di mitigazione	31
7 BIBLIOGRAFIA	32

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

ALLEGATI

- Allegato 1: Carta delle categorie topografiche
- Allegato 2: Carta delle categorie di sottosuolo
- Allegato 3: Carta dei valori di PGA (Peak Ground Acceleration)
- Allegato 4: Carta litotecnica
- Allegato 5: Carta della stabilità dei versanti in condizioni statiche
- Allegato 6: Carta della stabilità dei versanti in condizioni dinamiche

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

1. PREMESSA

Il progetto denominato "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse" prevede, come intervento principale, la messa in opera di una nuova condotta DN 300 (12") di lunghezza pari a 35,050 km, che sostituirà il metanodotto "Derivazione per Porto Empedocle DN 250 (10"), MOP 24 bar" attualmente in esercizio e che verrà dismesso.

La nuova infrastruttura, in generale, garantirà un livello di sicurezza ottimale incrementando l'affidabilità e la flessibilità di trasporto della rete esistente.

Fanno parte del progetto in esame anche la messa in opera di 9 linee secondarie (Tab.1/A) e la rimozione di 9 linee secondarie esistenti (Tab. 1/B).

Tab. 1/A - Linea principale e linee secondarie in progetto

Denominazione metanodotto	DN (mm)	DP (bar)	Lunghezza (km)
Linea principale			
Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle	300	24	35,050
Linee secondarie			
Ricollegamento All.to Comune di Bompensiere	150	24	1,770
Rifacimento Diramazione per Agrigento	150	24	4,045
Rifacimento All.to Laterizi Akragas S.p.A.	100	24	0,110
Rifacimento All.to Comune di Agrigento	100	24	1,240
Rifacimento Collegamento Impianto Riduzione di Joppolo	300	24	0,280
Rifacimento Allacciamento Comune di Aragona	150	24	0,050
Ricollegamento Allacciamento Comune di Comitini	100	24	0,030
Rifacimento Allacciamento M&A Rinnovabili	100	24	0,245
Rifacimento Allacciamento Comune di Campofranco	100	24	0,070

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Tab. 1/B - Linee secondarie in dismissione

Denominazione metanodotto	DN (mm)	MOP (bar)	Lunghezza (km)
Linea principale			
Derivazione per Porto Empedocle	250	24	39,230
Linee secondarie			
Derivazione per Bompensiere	150	24	2,510
Diramazione per Agrigento	150	24	4,140
All.to Laterizi Akragas S.p.A.	100	24	0,030
All.to Comune di Agrigento	100	24	1,115
Collegamento Impianto Riduzione di Joppolo	200	24	0,275
All.to Comune di Aragona	150	24	0,030
All.to Comune di Comitini	100	24	0,010
All.to M&A Rinnovabili	100	24	0,010
All.to Comune di Campofranco	100	24	0,080

In particolare, il tracciato di progetto si sviluppa nei territori dei comuni di Campofranco, Casteltermini, Aragona, Joppolo Giancaxio, Raffadali, Agrigento, Porto Empedocle e le province interessate dal progetto sono quelle di Caltanissetta e di Agrigento.

1.1 Scopo del lavoro

Lo scopo di questa relazione è di presentare i risultati di uno studio di tipo areale eseguito su tutta la fascia di territorio interessata dal tracciato e finalizzato all'identificazione di zone potenzialmente critiche dal punto di vista geomorfologico.

L'analisi areale costituisce un approccio semplificato di primo livello che si applica attraverso verifiche di stabilità su pendii indefiniti.

La caratterizzazione dell'area è stata realizzata sulla base della cartografia geologica disponibile e delle informazioni ricavate sia da indagini geognostiche eseguite nel corso di precedenti lavori di progettazione, sia pianificate e realizzate durante questa fase progettuale. I risultati dello studio sono riportati su mappe che forniscono una classificazione del corridoio nel quale si sviluppa il tracciato di progetto, identificando le aree potenzialmente più critiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

1.2 Normativa di riferimento

Nella redazione dello studio in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica nazionale ed in particolare, le seguenti disposizioni:

- D.M. 17 gennaio 2018, Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018.
Suppl. Ordinario n. 8, Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, C.S.LL.PP. Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019.

1.3 Documenti di Riferimento

- [1] REL-CGD-E-03021 Relazione Geologica
- [2] REL-GEO-E-03022 Relazione geotecnica
- [3] REL-CI-E-03027 Relazione Idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti
- [4] REL-SIS-E-03024 Caratterizzazione della sismicità e verifica allo scuotimento sismico
- [5] REL-GEO-E-03025 Verifica tecnica di compatibilità delle interferenze dell'opera con aree PAI
- [6] PG-CGD-D-03207 Carta Geologia e Geomorfologica
- [7] PG-DRIF-D-03206 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e IFFI

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

2 METODOLOGIA INVESTIGATIVA

Al fine di valutare la compatibilità tra l'opera in progetto e le condizioni di dissesto dell'area attraversata, ci si è valse di un tool sviluppato da SAIPEM in ambiente GIS (Geographic Information System), basato sull'identificazione delle unità territoriali predisposte a franosità sia in condizioni statiche (asismiche) sia in condizioni dinamiche (sismiche).

La metodologia di analisi valuta la propensione al dissesto di aree ad elevata estensione dove sono già in atto movimenti franosi e di aree potenzialmente suscettibili di fenomeni di prima attivazione. Tra questi ultimi ricadono anche i fenomeni potenzialmente indotti da determinate azioni sismiche (franosità sismo-indotta).

L'approccio prevede l'integrazione di dati morfologici del territorio e geologico-geotecnici, idrogeologici e sismici del suolo, al fine di individuare aree o domini omogenei caratterizzati da un certo livello di pericolosità, espresso in termini di coefficiente di sicurezza.

È stata utilizzata una risoluzione tale da permettere l'individuazione delle zone a maggior criticità che interessano direttamente il tracciato dell'opera in progetto. Lo studio è finalizzato alla restituzione grafica di mappe rappresentanti diversi scenari ipotizzabili che tengono in dovuta considerazione le condizioni dei terreni coinvolti.

Per quanto riguarda le analisi in chiave sismica, sono stati proposti due tipologie di scenari distinti in funzione degli stati limite presi in considerazione e definiti dalle NTC del 2018 in riferimento alla tipologia di struttura.

Il *workflow* del sistema investigativo utilizzato viene descritto sinteticamente nella Fig. 2/A.

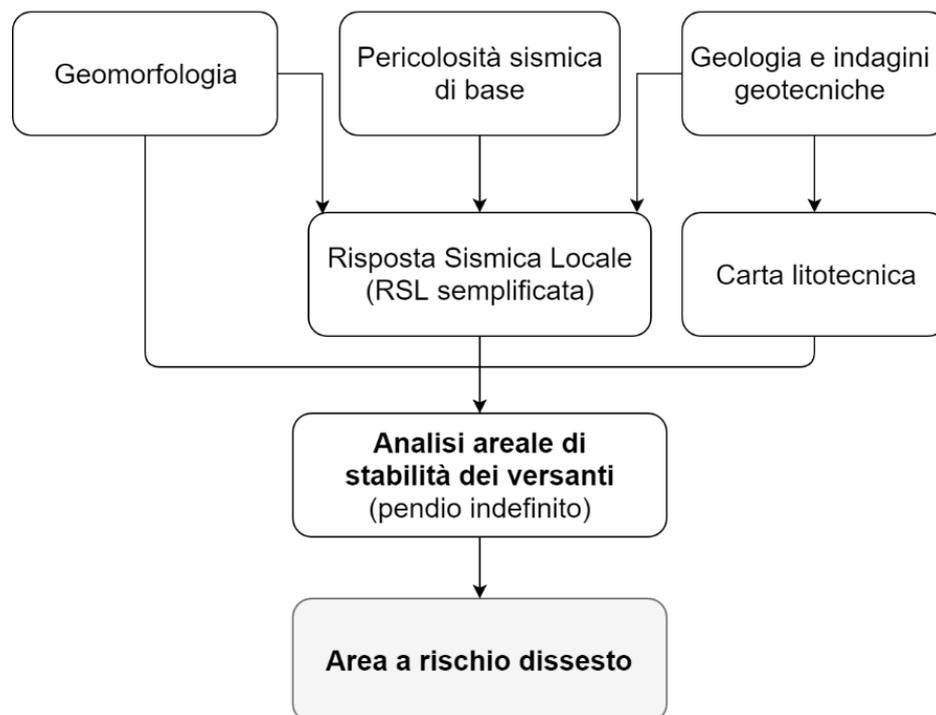


Fig. 2/A: Diagramma di flusso della metodologia investigativa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

2.1 Geomorfologia

L'assetto geomorfologico dell'area in studio è estremamente vario ed è influenzato dalle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti e dal loro assetto geologico-strutturale (REL-CGD-E-03021).

Il paesaggio è modellato principalmente per erosione selettiva in corrispondenza degli affioramenti terrigeni argillosi (Formazione Terravecchia), degli affioramenti litoidi della Serie evaporitica (Calcari e Gessi), delle calcareniti pleistoceniche (Formazione Agrigento) e dei calcari marnosi (Trubi).

L'assetto orografico, nel complesso, è caratterizzato da blande forme collinari con valli ampie su cui emergono rilievi rocciosi generalmente a forma allungata o creste isolate, che raggiungono un'altezza massima di circa 500 metri s.l.m.

Le morfologie più aspre e accidentate si impostano sulle litologie calcaree e gessose sovente interessate da fenomeni carsici con forme tipiche come solchi e scannellature (karren).

La porzione settentrionale del tracciato si sviluppa nel Bacino del Fiume Platani dove l'assetto morfologico varia decisamente spostandosi dal settore più settentrionale verso la zona di foce. In particolare, il progetto interessa il settore centrale del bacino, che presenta un assetto di tipo collinare condizionato dalle diverse caratteristiche di erodibilità delle litologie in affioramento: in corrispondenza degli ammassi rocciosi lapidei si sviluppano morfologie più aspre, con scarpate sub-verticali e versanti molto acclivi; mentre, laddove affiorano i termini argilloso-marnosi, le morfologie diventano via via più blande e particolarmente incise dal reticolo idrografico minore.

In questa porzione centrale del bacino, nelle zone di confluenza degli affluenti principali (Fiume Gallo d'Oro, Vallone di Aragona) all'interno dell'alveo del Fiume Platani, si sviluppano estese piane alluvionali di fondovalle in cui i corsi d'acqua assumono un andamento prevalentemente meandriforme; condizioni morfologiche di questo tipo sono individuate ad esempio nella prima parte del tracciato, tra Campofranco e Aragona. Procedendo verso sud il tracciato interessa il bacino idrografico del Fiume San Leone che ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare con estesi affioramenti argillosi dai quali emergono aspri rilievi rocciosi prevalentemente di natura gessosa e calcarea.

In linea generale, nella porzione nord-occidentale e nord-orientale del bacino idrografico affiorano i principali rilievi costituiti dalle unità litoidi dei termini della serie evaporitica messiniana, mentre nel settore centrale, non interessato dal progetto, emergono i rilievi di natura prevalentemente calcarenitica, sui quali sorge la città di Agrigento e il Parco Archeologico della "Valle dei Templi".

Procedendo verso Porto Empedocle l'area compresa tra i bacini Fosso delle Canne e Fiume San Leone ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare contraddistinto in massima parte dagli affioramenti lapidei prevalentemente gessosi della serie evaporitica.

Il contesto strutturale predominante, caratterizzato da uno stretto sistema di pieghe con assi orientati in direzione NW-SE, condiziona l'assetto geomorfologico. Infatti, in corrispondenza degli affioramenti evaporitici le linee di impluvio sono distribuite parallelamente agli assi di piega (figura 2.1/A) e spesso convergono all'interno di depressioni carsiche areali (doline) e puntuali (inghiottitoi), notevolmente diffusi lungo tutto il territorio. La morfologia risulta quindi prevalentemente aspra fino alla fascia costiera che si sviluppa nel settore meridionale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Qui si rileva un assetto sub-pianeggiante determinato da terrazzi marini tardo-pleistocenici, delimitati lungo la costa da un sistema di paleofalesie e di falesie stagionalmente attive, ai piedi delle quali si sviluppano fasce litorali sabbiose più o meno estese.



Fig. 2.1/A: Bacino del Vallone Salsetto, in cui la morfologia è condizionata dall'assetto strutturale caratterizzato dal susseguirsi di blande pieghe ravvicinate

Le differenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni e l'azione degli agenti esogeni in relazione alla stabilità dei versanti determinano il modellamento del territorio.

In particolare, sulle litologie argillose a comportamento plastico si sviluppano rilievi collinari poco acclivi in cui la rete idrografica risulta notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

Nel contesto anzi descritto si sviluppano condizioni di dissesto erosivo quali:

- il ruscellamento concentrato che si manifesta con la formazione di fossi di erosione particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e detritici;
- il ruscellamento diffuso che determina condizioni di erosione accelerata superficiale capace di degenerare in forme calanchive dove affiorano terreni argillosi.

Negli affioramenti litoidi (calcarei e gessi) il reticolo idrografico è poco sviluppato e si imposta in prevalenza lungo zone particolarmente fratturate, formando strette valli a "V". Le aree di affioramento delle formazioni costituenti il complesso di copertura, invece, presentano forme pianeggianti variamente terrazzate, o blande forme collinari tipiche dei terreni argilloso-sabbiosi. Localmente sono presenti anche strutture erosive (anche in forma di calanchi) che contrastano morfologicamente con i frequenti blandi versanti argillosi. Questi ultimi si raccordano tramite cospicui corpi eluvio-colluviali con i piatti fondovalle tutti caratterizzati da abbondanti depositi alluvionali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

In tale contesto, le informazioni topografiche di base, utilizzate per le analisi morfologiche, sono state ottenute partendo da un DTM (Digital Terrain Model) avente una risoluzione di 20m. Applicando il codice Slope di ArcGIS, in grado di determinare la variazione massima di quota tra ogni cella e quelle circostanti, è stato possibile determinare i profili e le pendenze dell'area d'interesse.

La carta delle pendenze è stata anche utilizzata per stimare i coefficienti di amplificazione topografica (ST) previsti nelle NTC 2018 e che riguarda i fenomeni di focalizzazione o defocalizzazione delle traiettorie di propagazione delle onde sismiche che avvengono in configurazioni geomorfologiche particolari (rilievi, creste, avvallamenti, ecc.), suddividendo il territorio nelle diverse categorie topografiche previste dalla normativa (Tab. 3.2.III delle NTC 2018, Fig. 2.1/B).

Fig. 2.1/B: Categorie topografiche previste dall'adozione della configurazione superficiale semplice (Tab. 3.2.III delle NTC 2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

2.2

Geologia-geotecnica

La caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni affioranti nell'area d'interesse è stata realizzata sulla base delle mappe geologiche, geomorfologiche già presenti (cartografia di base), integrata con le informazioni definite con i sopralluoghi, prove in sito e/o di laboratorio e dalla campagna geognostica (indagini dirette e indirette). Sulla base di questi dati è stata redatta una cartografia litotecnica e, in accordo con l'approccio semi-probabilistico delle NTC 2018, i valori caratteristici della resistenza meccanica dei suoli sono stati determinati per ogni unità individuata.

Pertanto, la caratterizzazione litotecnica ha avuto lo scopo di individuare zone omogenee, a ciascuna delle quali è stato associato un database contenente le informazioni sui valori geotecnici dei parametri di resistenza al taglio (φ' , c') e del peso di volume (γ). Le unità litotecniche a cui sono associati i parametri geotecnici fanno riferimento alle categorie di sottosuolo dell'approccio semplificato individuate nella Tab.3.2.II delle NTC 2018 (Fig. 2.2/A).

Si precisa che la caratterizzazione dei terreni è stata definita considerando le informazioni geotecniche ricavate nel corso dell'attuale fase progettuale e dalla consultazione dei dati di letteratura.

Nel complesso, sono stati esaminati i risultati delle seguenti indagini:

- n. 43 sondaggi a carotaggio continuo
- n. 11 prove penetrometriche statiche (CPTU)
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- n. 12 MASW
- n. 6 stendimenti con rilievi sismici a rifrazione
- n. 13 stendimenti con rilievi geoelettrici

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Categoria	Descrizione
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>

Fig. 2.2/A: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

Nelle definizioni precedenti la velocità equivalente rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- 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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

2.3 Azione sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, confermato successivamente dalle NTC 2018. La "pericolosità sismica di base", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Le NTC 2018 introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC 2018 forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al bedrock con superficie topografica orizzontale;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale.

Dal punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle precedenti NTC 2008), dalla Vita Nominale (V_N) e dalla Classe d'Uso (C_U) dell'opera. I nodi del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC 2008 hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC 2018, è caratterizzata da una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunta da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_R) che è funzione della probabilità di superamento (P_{VR}) di un valore di accelerazione orizzontale nella vita di riferimento dell'opera (V_R).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Fig. 2.3/A: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.I delle NTC 2018).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (cfr. § 2.4.2 delle NTC 2018):

- Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dal prodotto della vita nominale di progetto (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U) (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Fig. 2.3/B: Valori del coefficiente d'uso C_U (Tab. 2.4.II delle NTC 2018).

In accordo con il DPCM 3685/2003 il metanodotto in esame viene considerato opera strategica (Classe d'uso IV e Coefficiente d'Uso 2 per le NTC 2018).

L'infrastruttura in progetto rientra nelle costruzioni con livelli di prestazioni ordinari, quindi con valore minimo di Vita Nominale pari a 50 anni.

Di conseguenza, con $V_N=50$ anni e $C_U=2$ si ottiene un Periodo di Riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{VR}) nella vita di riferimento dell'opera (V_R) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NTC 2018).

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2018, sono stati considerati due stati limite:

- Stato Limite di Danno SLD (in esercizio);
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (a rottura).

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{VR}) sono forniti dalla sottostante Tabella 3.2.I delle NTC 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Fig. 2.3/C: Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2.I delle NTC 2018).

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (T_R) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \cdot V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

Da cui si ottiene un periodo di ritorno di 101 anni per uno Stato Limite di Danno (SLD) e di 949 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

2.3.1 Parametri di risposta sismica locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle categorie topografiche (Fig. 2.3/D e Fig. 2.3/E).

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Fig. 2.3/D: Espressioni per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) in funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V delle NTC 2018, in funzione delle categorie topografiche definite nella Fig. 2.3/E (Tab. 3.2.III delle NTC 2018) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Fig. 2.3/E: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella tabella n Fig. 2.3/E

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$PGA = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad (g)$$

In cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Pertanto, la carta della pericolosità sismica di base viene costruita in funzione dei valori del tempo di ritorno T_R considerati. Infine, per la valutazione della stabilità dei versanti in condizioni pseudo-statiche/dinamiche sono stati applicati i parametri sismici del terreno e i parametri relativi all'amplificazione locale (S), definito dal prodotto tra il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) e il coefficiente di amplificazione topografica (S_T).

2.3.2 Verifica in condizioni statiche

Il coefficiente di sicurezza (F_s) è stato stimato partendo da una metodologia basata sulla teoria dell'equilibrio limite lungo un pendio indefinito (Graham, 1984). Tale assunzione considera una sezione caratterizzata da uno spessore unitario, in cui le forze agenti vengono quindi considerate parallele alla superficie di scivolamento.

L'analisi di stabilità è stata effettuata dividendo l'area di interesse in un numero finito di celle elementari (10mx10m), ognuna delle quali risulta indipendente dalle altre (nel nostro caso ogni cella mantiene la stessa risoluzione del DTM utilizzato).

Il valore del coefficiente di sicurezza è stato calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$F_s = \frac{c' + (\gamma \cdot m \cdot \gamma_w) z \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi'}{\gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

in cui:

c' = coesione efficace;

γ = peso unitario del terreno;

m = rapporto tra il livello della falda e lo spessore del suolo (z_w/z);

γ_w = peso unitario acqua;

z = spessore dello strato di suolo analizzato;

β = pendenza della superficie di scivolamento;

ϕ' = angolo di resistenza al taglio efficace.

L'equazione è stata successivamente implementata in ambiente GIS su tutta l'area ricoperta dal tracciato, potendo così determinare il coefficiente di sicurezza su ogni cella considerata.

2.3.3 Verifica in condizioni sismiche

Considerando la risposta sismica locale, la massima accelerazione attesa al sito può essere calcolata attraverso la seguente relazione semplificata:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che considera gli effetti di amplificazione stratigrafica (S_S) e topografica (S_T);

a_g = accelerazione massima orizzontale attesa al bedrock.

I valori di β_s vengono suggeriti dalle NTC 2018 e variano in funzione del valore di a_g e delle caratteristiche litologiche del terreno.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Fig. 2.3/F: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima (Tab. 7.11.I delle NTC 2018).

I calcoli sono stati eseguiti sulla base della seguente espressione (Lambe, Whitman, 1968 e Hadj-Hamou, Kavazanjian, 1985):

$$F_S = \frac{c' \left[\gamma \cdot z \cdot \cos \beta \left(\cos \beta - k_h \cdot \sin \beta - m \frac{\gamma_w}{\gamma} \cos \beta \right) - \Delta u \right] \cdot \tan \phi'}{\gamma \cdot z \cdot \cos \beta \cdot (\sin \beta + k_h \cdot \cos \beta)}$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

in cui:

c' = coesione efficace;

γ = peso unitario del terreno;

z = spessore dello strato di suolo analizzato;

β = pendenza della superficie di scivolamento;

k_h = coefficiente sismico orizzontale = $\beta_s \cdot a_{max}/g$;

m = rapporto tra il livello della falda e lo spessore della coltre (z_w/z);

γ_w = peso unitario acqua;

Δ_u = sovrappressioni interstiziali;

φ' = angolo d'attrito effettivo.

L'implementazione della presente formula in ambiente GIS ha consentito di evidenziare le aree caratterizzate da diverso valore di F_s , il quale è stato stimato per le situazioni limite sia in condizioni statiche (assenza di sisma) che dinamiche (presenza di sollecitazioni sismiche).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

3 DEFINIZIONE DEGLI INPUT

Come anticipato precedentemente, l'utilizzo di questa metodologia investigativa prevede che ad ogni litologia siano associati i parametri geotecnici di resistenza al taglio e peso di volume che risultano dai risultati delle indagini geognostiche e dal confronto con i dati di letteratura (Rif. REL-GEO-E-03022). In accordo all'approccio semplificato cui fanno riferimento le NTC 2018, in funzione dei parametri geotecnici assegnati ad ogni unità, sono state attribuite le diverse categorie di sottosuolo.

Ai fini della definizione di particolari condizioni di criticità è stata eseguita un'analisi dei parametri di risposta sismica locale (Rif REL-SIS-E-03024). lungo l'intera area di riferimento attraversata dai tracciati di progetto.

In particolare, lo studio della pericolosità sismica locale è stato valutato in base all'assunzione di un tempo di ritorno, $T_R = 950$ anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Sulla base di tale assunzione è stato possibile definire i parametri di risposta sismica locale riferiti all'analisi dell'intero tracciato del metanodotto in progetto.

3.1 Caratterizzazione delle categorie topografiche

L'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto presenta una configurazione topografica semplice; pertanto, è possibile fare riferimento alla Tab. 3.2.III delle NTC 2018 (Fig. 2.1/B) per l'identificazione delle categorie topografiche.

L'analisi topografica, derivata dal modello di elevazione digitale del terreno (DTM), ha consentito l'assegnazione della categoria topografica in tutta l'area interessata dal tracciato di progetto. In particolare, si è ottenuta la seguente classificazione:

- Categoria topografica T1 (81,85%)
- Categoria topografica T2 (14,2%)
- Categoria topografica T3 (3,9%)
- Categoria topografica T4 (0,05%)

In diretta correlazione alla Tab. 3.2.V delle NTC 2018 (Fig. 2.3/E), sono stati definiti i seguenti coefficienti di amplificazione topografica (S_T):

- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T1: $S_T=1,0$
- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T2: $S_T=1,2$
- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T3: $S_T=1,2$
- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T4: $S_T=1,4$

Per la visualizzazione grafica della distribuzione delle categorie topografiche lungo l'area attraversata dal tracciato di progetto si rimanda all'Allegato 1 "Carta delle Categorie Topografiche".

3.2 Caratterizzazione del sottosuolo

Relativamente alla categorizzazione delle classi di sottosuolo si fa riferimento all'approccio semplificato indicato nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018 (Tab. 2.2/A), basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento. La definizione delle categorie è stata eseguita utilizzando dati di progetto e i risultati di n. 12 prove sismiche MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) eseguite lungo il tracciato.

La localizzazione delle prove sismiche è stata opportunamente riferita alle aree identificate come rappresentative dei contesti geologico-geomorfologici e litologici

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

evidenziati lungo il tracciato di progetto. In relazione a tali contesti e ai profili di velocità equivalente ($V_{s,eq}$) ricavati dalle prove MASW, è stata attribuita all'unità litotecnica coinvolta la categoria di sottosuolo corrispondente. Nella tabella sottostante (Tab. 3.2/A) si riportano l'elenco delle prove sismiche eseguite, il contesto geomorfologico e litologico di riferimento corrispondente, i dati relativi alle velocità equivalenti e la categoria di sottosuolo assegnata.

Tab. 3.2/A: Categorie sottosuolo dei vari cointesti geomorfologici e litologici.

ID MASW	km	Contesto geomorfologico	Litologia	$V_{s,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
Rif. Der. Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse					
PE-A-M03	1.160	Versante	Detrito di versante	375	B
PE-A-M02	1.560	Versante	Detrito di versante	378	B
PE-A-M01	3.680	Fondovalle	Depositi alluvionali	319	C
PE-B-M04	8.560	Fondovalle	Depositi alluvionali	273	C
PE-B-M05	8.930	Pianura	Depositi alluvionali	258	C
PE-B-M06	14.880	Versante	Formazione marnosa	401	B
PE-B-M07	16.550	Versante	Formazione gessosa	529	B
PE-B-M08	22.740	Fondovalle	Depositi alluvionali	382	B
PE-B-M09	25.990	Versante	Formazione argillosa	346	C
PE-B-M10	29.950	Pianura	Detrito di versante	401	B
PE-B-M10a	31.200	Versante	Formazione gessosa	392	B
PE-B-M11	35.040	Versante	Formazione gessosa	597	B

Come si può osservare dalla Tab. 3.2/A, le velocità equivalenti registrate dalle MASW variano da un minimo di 258 m/s ad un massimo di 597 m/s. Dai dati ottenuti si può affermare che, ai fini delle NTC 2018, le categorie di sottosuolo dei siti indagati ricadano tra la C e la B. A queste, occorre aggiungere una parte di terreni con affioramenti rocciosi rilevati nel corso dei sopralluoghi tecnici e che ricadono nella categoria A.

I risultati delle prove sismiche eseguite e dei rilievi tecnici sono stati estesi alle unità litotecniche corrispondenti presenti nell'area interessata dal tracciato di progetto. Pertanto, al termine dell'analisi, tutte le unità litotecniche presenti nell'area di studio sono state assegnate le corrispondenti categorie. In particolare, si è ottenuta la seguente suddivisione:

- Categoria di sottosuolo A (3,74%)
- Categoria di sottosuolo B (68,54%)
- Categoria di sottosuolo C (27,72%)

Per la visualizzazione grafica della distribuzione delle classi di sottosuolo lungo l'area attraversata dal tracciato di progetto si rimanda all'Allegato 2 "Carta delle Categorie di Sottosuolo".

3.3 Caratterizzazione geologico-geotecnica del tracciato

Il territorio interessato dalla realizzazione del metanodotto in esame appartiene alle province di Agrigento e Caltanissetta ed è compreso nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:100000 n. 267 "Canicatti" e n. 271 "Agrigento (Girgenti)".

La caratterizzazione geologica è stata elaborata utilizzando le informazioni presenti nelle note illustrative della cartografia indicata e in quelle della carta tematica geomineraria in scala 1:50000 che tuttavia non è disponibile per l'intero territorio in esame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Ulteriori elementi conoscitivi sono stati reperiti consultando altre fonti bibliografiche e cartografiche disponibili presso enti pubblici e privati.

Inoltre, considerando anche le informazioni geotecniche acquisite in sito e presenti in bibliografia, è stato possibile accorpate le unità litostratigrafiche che presentano caratteristiche fisico-meccaniche simili e proporre la seguente classificazione (Tab. 3.3/A):

Tab. 3.3/A: Definizione delle unità litotecniche individuate.

Sigla	Formazioni e depositi	Unità	Descrizione
GTL_1	Formazione di Cattolica	A1	Formazioni rocciose molto competenti
AVF_CR	Gruppo delle Argille variegata	A2	Formazioni rocciose competenti
GTL_2	Formazione di Cattolica (membro selenitico)		
AFL_A3	Detrito di versante e di falda	B1	Depositi di versante incoerenti
AFL_B2	Detrito di versante e di falda	B2	Depositi di versante coesivi
AB_2	Formazione di Terravecchia	B3	Argille brecciate
AB_4	Trubi		
AVF	Argille varicolori inferiori	B4a	Formazioni argillose e marnose cretatiche e eoceniche
LCT	Formazione di Licata	B4b	Formazioni argillose e marnose mioceniche
TPL	Tripoli		
TRV	Formazione di Terravecchia		
TRV_3	Formazione di Terravecchia (membro pelitico)		
AGG	Formazione di Agrigento	B4c	Formazioni argillose e marnose plioceniche e pleistoceniche
AGG_A	Formazione di Agrigento (membro pelitico)		
NAB	Formazione di Monte Narbone		
TRB	Trubi		
GPQ	Formazione di Pasquasia	B5	Formazioni gessose
BLC_B	Formazione marnoso arenacea del Belice	B6	Formazioni sabbiose e arenacee
TRV_2	Formazione di Terravecchia (membro sabbioso)		
AFL_BB	Depositi alluvionali	C1	Depositi ghiaioso-sabbiosi
AFL_BN	Depositi alluvionali terrazzati		
AFL_D	Depositi litoranei, eolici e dunali	C2	Depositi sabbiosi
GN	Depositi marini terrazzati		
A1	Detrito di frana	C3a	Depositi di frana di tipo indeterminato
A1_A	Detrito di frana	C3b	Depositi di frana attiva
A1_I	Detrito di frana	C3c	Depositi di frana inattiva
A1_Q	Detrito di frana	C3d	Depositi di frana quiescente

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

La parametrizzazione delle diverse unità ha permesso la costruzione di un modello geologico-geotecnico affidabile del sottosuolo lungo tutto il settore attraversato dal tracciato del metanodotto.

In riferimento all'analisi della stabilità dei versanti all'interno del corridoio identificato, la cartografia litotecnica è stata opportunamente integrata con gli elementi del dissesto censiti nel PAI della Regione Siciliana e rilevati in sito.

Il metodo adottato consente una valutazione preliminare della suscettibilità delle aree potenzialmente instabili. In particolare, l'approccio permette di individuare le zone potenzialmente soggette a frane di prima e seconda generazione (ovvero frane di nuova attivazione, propriamente cosismiche, e riattivazioni di frane preesistenti ad un evento sismico).

Nella Tab. 3.3/B sottostante, vengono riportati i parametri geotecnici attribuiti alle unità litotecniche presenti nella cartografia di base e ai depositi di frana individuati.

Tab. 3.3/B: Parametrizzazione delle unità litotecniche.

Unità litotecniche	Categoria di sottosuolo	Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione (kPa)
A1	A	24	40	100
A2	A	21	34	40
B1	B	19	32	0
B2	B	19	24	15
B3	B	19	26	20
B4a	B	21	22	30
B4b	B	21	26	20
B4c	B	21	26	30
B5	B	21	30	20
B6	B	20	38	10
C1	C	19	37	0
C2	C	19	32	0
C3a	C	18	24	0
C3b	C	18	20	0
C3c	C	18	22	3
C3d	C	18	22	2

Per la visualizzazione grafica della distribuzione delle unità litotecniche attraversate dal tracciato di progetto si rimanda all'Allegato 4 "Carta Litotecnica".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

3.4 Caratterizzazione della PGA (Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV)

La stima dell'accelerazione orizzontale di picco in superficie PGA (Peak Ground Acceleration) lungo il territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale S e l'accelerazione massima orizzontale attesa al suolo rigido a_g :

$$PGA = a_g \cdot S$$

Il coefficiente S , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_S \cdot S_T \quad \text{in cui:}$$

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

I valori di accelerazione al bedrock (a_g) determinati attraverso l'interpolazione della griglia nazionale dell'INGV per ogni punto del tracciato in progetto sono risultati essere:

- $a_g = 0.05 \div 0.175$ g per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=950$ anni)

Questi valori, moltiplicati per i differenti coefficienti di amplificazione S individuati lungo il tracciato, hanno permesso la stima dei seguenti valori di accelerazione massima attesa al suolo (PGA):

- **PGA = 0.071 ÷ 0.142 g** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=950$ anni).

Per la visualizzazione grafica della distribuzione della PGA lungo l'area attraversata dal tracciato di progetto si rimanda all'allegato 3 "Carta dei valori di PGA".

3.5 Caratterizzazione delle coltri

Nel presente studio, con il termine di coltre si fa riferimento a tutte le coperture e i depositi superficiali cartografati all'interno dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto. Tra queste rientrano i detriti di versante, i depositi alluvionali (fluviali attuali, recenti e terrazzati), le coltri eluvio-colluviali e i depositi di frana (compresi sia i depositi provenienti dalla cartografia geomorfologica che le aree censite da PAI).

In relazione alla metodologia investigativa adottata, vista la variabilità morfologica del territorio, le tipologie di coperture presenti e le matrici litologiche coinvolte, si è ritenuto di attribuire alla coltre uno spessore medio uniforme di 5 m.

3.6 Caratterizzazione del livello piezometrico

La caratterizzazione del livello piezometrico all'interno dell'area interessata dall'opera è stata realizzata avvalendosi dei dati bibliografici e dai rilievi idrogeologici eseguiti.

Il territorio è stato caratterizzato in 3 livelli piezometrici di riferimento, attribuiti sulla base del tipo di litologia e del contesto morfologico (piana alluvionale e versanti):

- Falda localizzata al piano campagna;
- Falda posta a -2.5 m di profondità dal p.c.;
- Falda posta ad una profondità superiore a -5 m dal p.c. (spessore massimo assunto per la coltre).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

In via cautelativa, in questo primo livello di analisi su scala areale, è stata assegnata una falda al piano campagna a tutte le coltri poste lungo i fondivalle, caratterizzate da depositi alluvionali recenti e terrazzati.

Alle coltri poste in condizioni morfologiche sfavorevoli (pendii e versanti), caratterizzate da depositi detritici di versante, coltri eluvio-colluviali e depositi di frana, è stato assegnato un livello piezometrico posto a -2.5 m di profondità dal piano campagna.

Al bedrock affiorante, individuato dalla cartografia geologica di base, è stata infine assegnata una profondità della falda superiore ai -5 metri dal piano campagna.

In riferimento alle possibili condizioni di falda prossima al piano campagna, come meglio specificato nella relazione idrogeologica (REL-CI-E-03027), si potrebbero avere delle interazioni temporanee con lo strato di saturazione, anche in relazione alle variazioni stagionali, esclusivamente durante le fasi di realizzazione dello scavo di posa.

Infatti, al termine delle operazioni di posa della condotta, sarà ricostituita la stratigrafia originaria, ripristinando di fatto le condizioni ante operam.

Nel corso dei lavori, in caso di presenza di acqua nei terreni superficiali, saranno adottati gli accorgimenti tecnici necessari ad eseguire scavi e posa in asciutto.

Il prosciugamento degli scavi potrà prevedere l'utilizzo di pompe ad immersione, di impianti well point o la realizzazione di altri interventi a carattere temporaneo che assicurino la loro efficacia ed efficienza per tutto il tempo necessario alla realizzazione delle opere civili e meccaniche.

Si esclude una variazione permanente dell'andamento delle acque sotterranee conseguente alla posa della linea, in quanto i flussi idrici sotterranei potranno subire una deviazione soltanto in corrispondenza della condotta, per poi ritornare, a lungo termine, alla loro condizione di equilibrio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

4 ANALISI DI STABILITA' DEI VERSANTI

Il corridoio analizzato è caratterizzato da ampie zone pianeggianti e da pendenze generalmente piuttosto basse. Lo studio effettuato mostra che le interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto e le aree a criticità geomorfologica sono limitate, sia in condizioni statiche (assenza di sisma), sia in presenza di sollecitazioni sismiche. La maggior parte di queste è identificata da aree già censite nella cartografia di riferimento.

Nell'analisi sono stati presi a riferimento tre valori significativi del coefficiente di sicurezza (F_s), basati sulla verifica della condizione di uguaglianza tra sforzi mobilitati e sforzi disponibili:

- $F_s < 1$ *Condizione instabile*
- $1,3 < F_s < 1$ *Condizione di attenzione*
- $F_s > 1,3$ *Condizione stabile*

Questo approccio consente di evidenziare anche quelle aree che, sebbene abbiano un coefficiente di sicurezza maggiore di 1 e non siano quindi in condizioni di instabilità tali da necessitare verifiche di maggior dettaglio, possono comunque essere oggetto di una rivalutazione dei dati di input e delle effettive condizioni geomorfologiche.

In generale, la pericolosità di base in condizioni statiche tende ad aumentare di criticità sotto l'effetto dell'azione sismica (condizioni dinamiche). Questo incremento di pericolosità è rappresentato sia in termini spaziali, legato ad un aumento dell'area instabile coinvolta, sia in termini di criticità stessa, in quanto si assiste ad una diminuzione generale del coefficiente di sicurezza delle aree individuate.

Il coefficiente F_s è stato valutato entro un preciso riferimento spaziale. Pertanto, è stato opportunamente considerato lo spessore delle coltri (5 m) come potenziale superficie di scorrimento della massa lungo il pendio (considerato indefinito).

Nel capitolo successivo sono descritte le zone che hanno presentato un livello alto di criticità ($F_s < 1$) che interferiscono con i tracciati in oggetto, o ubicate in prossimità di essi, comportando di fatto un rischio potenziale per l'opera.

4.1 Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche

Nell'Allegato 5 "Carta della stabilità dei versanti in condizioni statiche" è rappresentata la valutazione della stabilità dei versanti in condizioni di assenza di azioni sismiche, mentre nell'Allegato 6 "Carta della stabilità dei versanti in condizioni dinamiche" è riportata la valutazione della stabilità dei versanti in presenza di sollecitazioni sismiche (con accelerazioni orizzontali massime attese al suolo per un tempo di ritorno $T_R=950$ anni).

In generale, si osserva che il territorio interessato dall'opera in progetto non appare particolarmente sensibile ai movimenti gravitativi che risultano localizzati specialmente nel tratto più montuoso dell'area di studio, nel comune di Campofranco.

Le aree a criticità più elevata evidenziate dall'analisi corrispondono alle zone già censite all'interno del PAI o a frane segnalate nella cartografia geomorfologica o presenti nel catalogo IFFI.

In Tabella 4.1/A sono elencate le località delle potenziali aree instabili (con $F_s < 1$) che interferiscono con l'opera in progetto e le lunghezze indicative delle interferenze riferite alle progressive del tracciato in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 25 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Tab. 4.1/A: Localizzazione delle potenziali aree critiche (in condizioni statiche) interferenti con il tracciato di progetto (Rif. Allegato 5/6).

ID	Da km	A km	Località	Comune	Interferenza con aree censite
Rif. Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar					
01	0,270	0,670	Cozzo Don Michele	Campofranco	PAI-IFFI
Ric. All.to Comune di Bompensiere DN 150 (6"), DP 24 bar					
02	0,650	1,150	Palermitano	Campofranco	PAI-IFFI

Entrambe le aree di interferenza riportate in Tabella 4.1/A sono trattate con maggior dettaglio nel successivo Capitolo 5 "Schede monografiche delle interferenze con le aree critiche".

A causa della bassa sismicità dell'area in esame, l'analisi dei risultati evidenzia un modesto aumento del livello di criticità in condizioni sismiche rispetto a quanto verificato in condizioni statiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

5 SCHEDE MONOGRAFICHE DELLE INTERFERENZE CON LE AREE CRITICHE

In questo capitolo sono riportate le schede monografiche relative alle due zone di interferenze con le potenziali aree critiche individuate.

Ciascuna scheda comprende:

- stralcio planimetrico dell'area in scala 1:10.000 con indicazione dei risultati dell'analisi eseguita in condizioni statiche e in condizioni dinamiche;
- stralcio della carta geologica in scala 1:10.000 con indicazione delle indagini geognostiche eseguite;
- descrizione dell'area interessata dai tracciati in progetto;

Le schede sono state compilate valutando un insieme di informazioni, quali:

- risultati ottenuti dalla analisi areale di stabilità dei pendii (in condizioni statiche e dinamiche);
- dati acquisiti nel corso di sopralluoghi tecnici;
- dati provenienti dai risultati delle indagini geognostiche.

Le schede monografiche compilate contengono gli stralci di entrambe le analisi effettuate: condizioni statiche (asismiche) e condizioni dinamiche (sismiche).

In tal modo è stato possibile porre in correlazione diretta le analisi svolte, evidenziando il modesto aumento del livello di criticità sotto l'azione sismica dei fenomeni gravitativi nei contesti già caratterizzati da dissesto in condizioni statiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

5.1 ID01 Località: Cozzo Don Michele

Comune: Campofranco

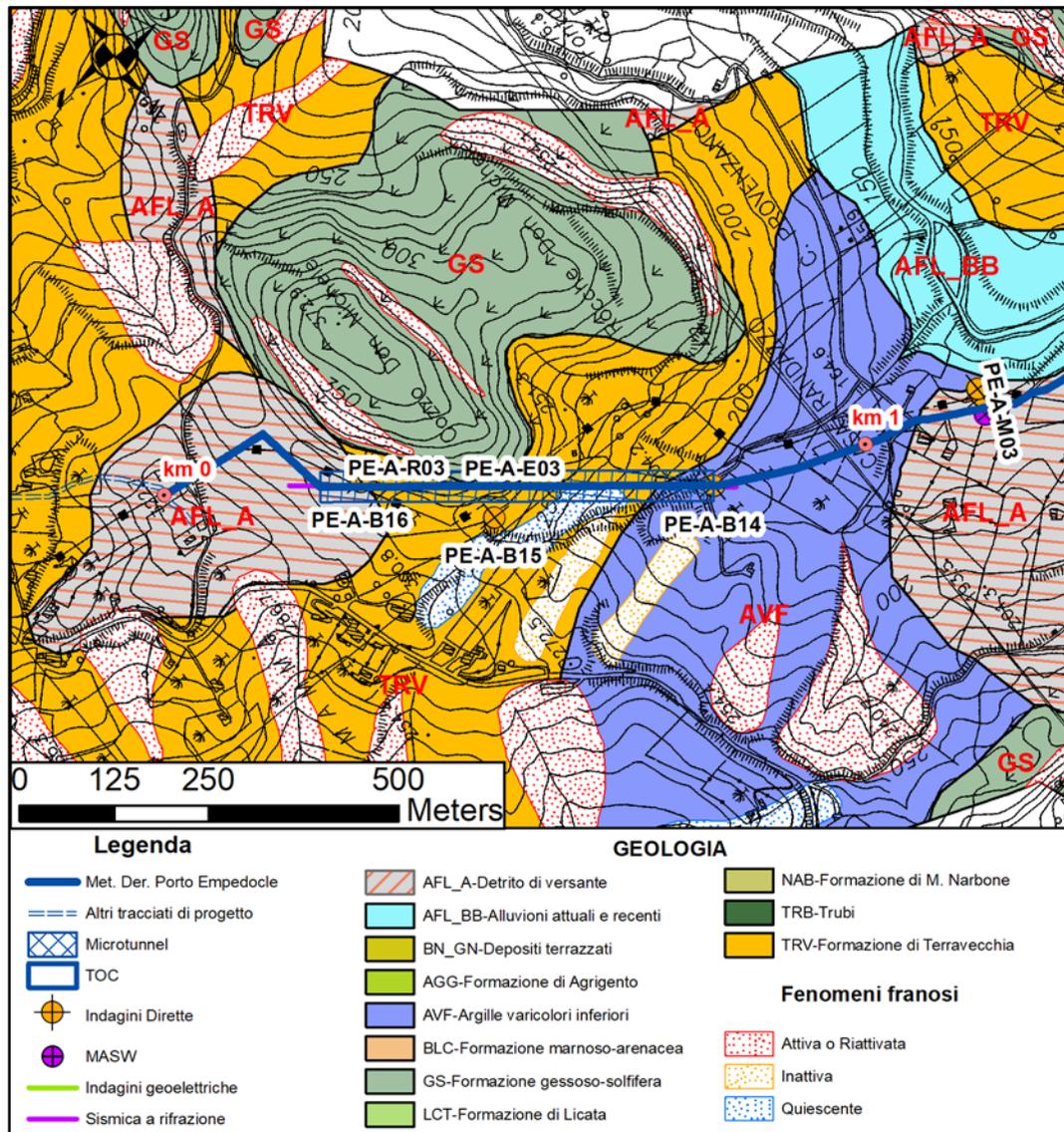


Fig. 5.1/A: Ubicazione dell'area critica con indicazione delle indagini eseguite.

Descrizione dell'area:

Tra il km 0,270 e il km 0,670, il tracciato di progetto attraversa il rilievo di Cozzo Don Michele, costituito da rocce evaporitiche, appartenenti alla Formazione gessoso solfifera, sovrastanti litotipi prevalentemente argillosi della Formazione di Terravecchia. Lungo i versanti del rilievo sono presenti coltri detritiche e depositi sabbioso-argillosi che, nei tratti più acclivi, mostrano una potenziale instabilità (Fig. 5.1/A).

Inoltre, si evidenzia anche la presenza di frane di crollo che coinvolgono i versanti gessosi a maggiore acclività.

In questo tratto, il tracciato di progetto lambisce la porzione terminale di un'area a pericolosità geomorfologica censita nel PAI della Regione Siciliana (P1) e presente nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), che tuttavia interessa il versante

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 28 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

opposto a quello nel quale si sviluppa il tracciato di progetto che, in questo tratto, sarà posato tramite la realizzazione di un microtunnel lungo circa 530 metri.

L'area è stata investigata con indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) e indirette (profili sismici e geoelettrici) per individuare lo spessore della coltre e delle formazioni attraversate e per definire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

Le stratigrafie, i profili e i risultati delle analisi di laboratorio sono raccolte nella "Relazione Geotecnica" (REL-GEO-E-03022), alla quale si rimanda per ogni approfondimento.

Osservazioni:

In considerazione delle caratteristiche morfologiche, litologiche e della presenza delle zone di dissesto evidenziate anche dal presente studio, l'attraversamento dell'area è previsto con metodologia *trenchless* (NQR20133-AT-6B-01110) ad una profondità tale da non interferire con le coltri rilevate e quindi senza peggiorare le condizioni di stabilità del versante (Fig. 5.1/B).

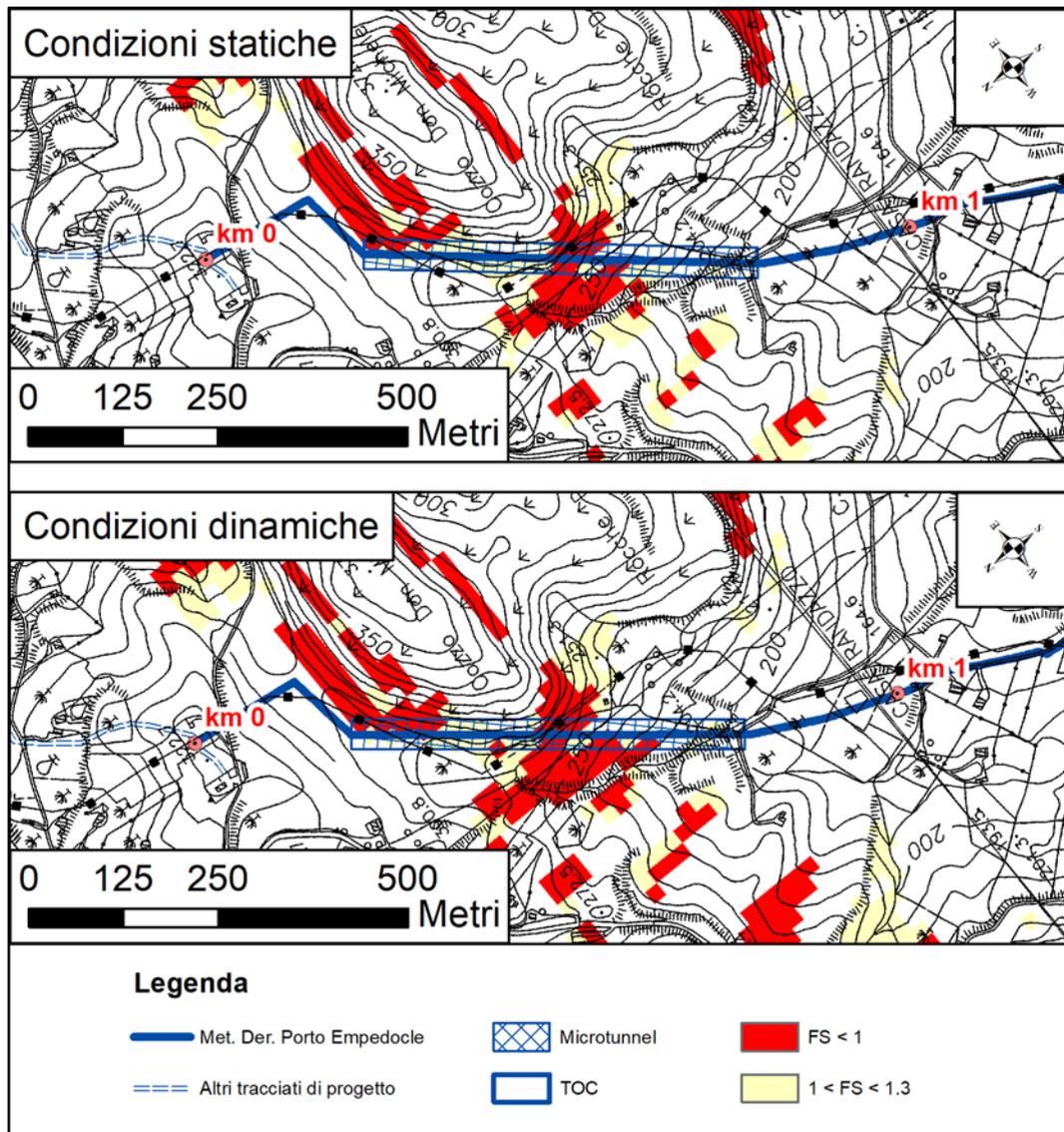


Fig. 5.1/B: Risultati dell'Analisi areale con indicazione del Fattore di Sicurezza.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 29 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

5.2 ID02 Località: Contrada Palermitano Comune: Campofranco

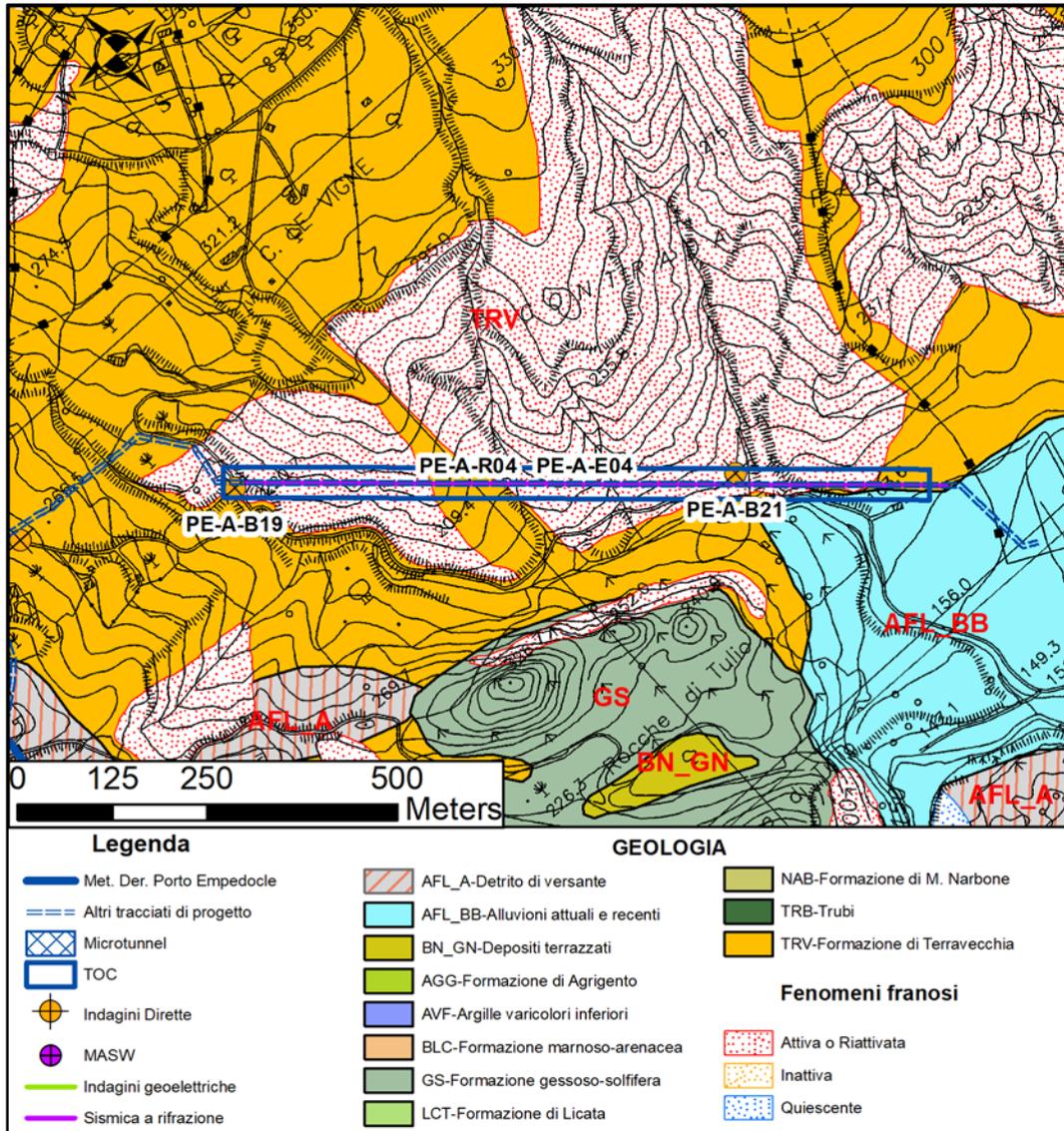


Fig. 5.2/A: Ubicazione dell'area critica con indicazione delle indagini eseguite.

Descrizione dell'area:

Tra il km 0,650 e il km 1,150 del tracciato del Ricollegamento all'allacciamento al Comune di Bompensiere, il metanodotto in progetto attraversa un rilievo collinare costituito dal membro pelitico della Formazione di Terravecchia e interessato da estesi fenomeni gravitativi (Fig. 5.2/A) censiti dall'Autorità di bacino competenti (P2) e presenti nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiano (IFFI).

L'area è stata investigata con indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) e indirette (profili sismici e geoelettrici) per individuare lo spessore della coltre e delle formazioni attraversate e per definire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

Le stratigrafie, i profili e i risultati delle analisi di laboratorio sono raccolte nella "Relazione Geotecnica" (REL-GEO-E-03022), alla quale si rimanda per ogni approfondimento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 30 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

Osservazioni:

In considerazione della presenza delle zone di dissesto censite ed evidenziate anche dal presente studio (Fig. 5.2/B), si è eseguita una "Verifica tecnica di compatibilità delle interferenze dell'opera con aree PAI" (REL-GEO-E-03025), nella quale si analizza il fenomeno gravitativo e si descrive la metodologia di attraversamento scelta (TOC). Le caratteristiche geometriche e i profili dell'opera trenchless sono forniti nell'elaborato NQR20133-AT-8B-01712.

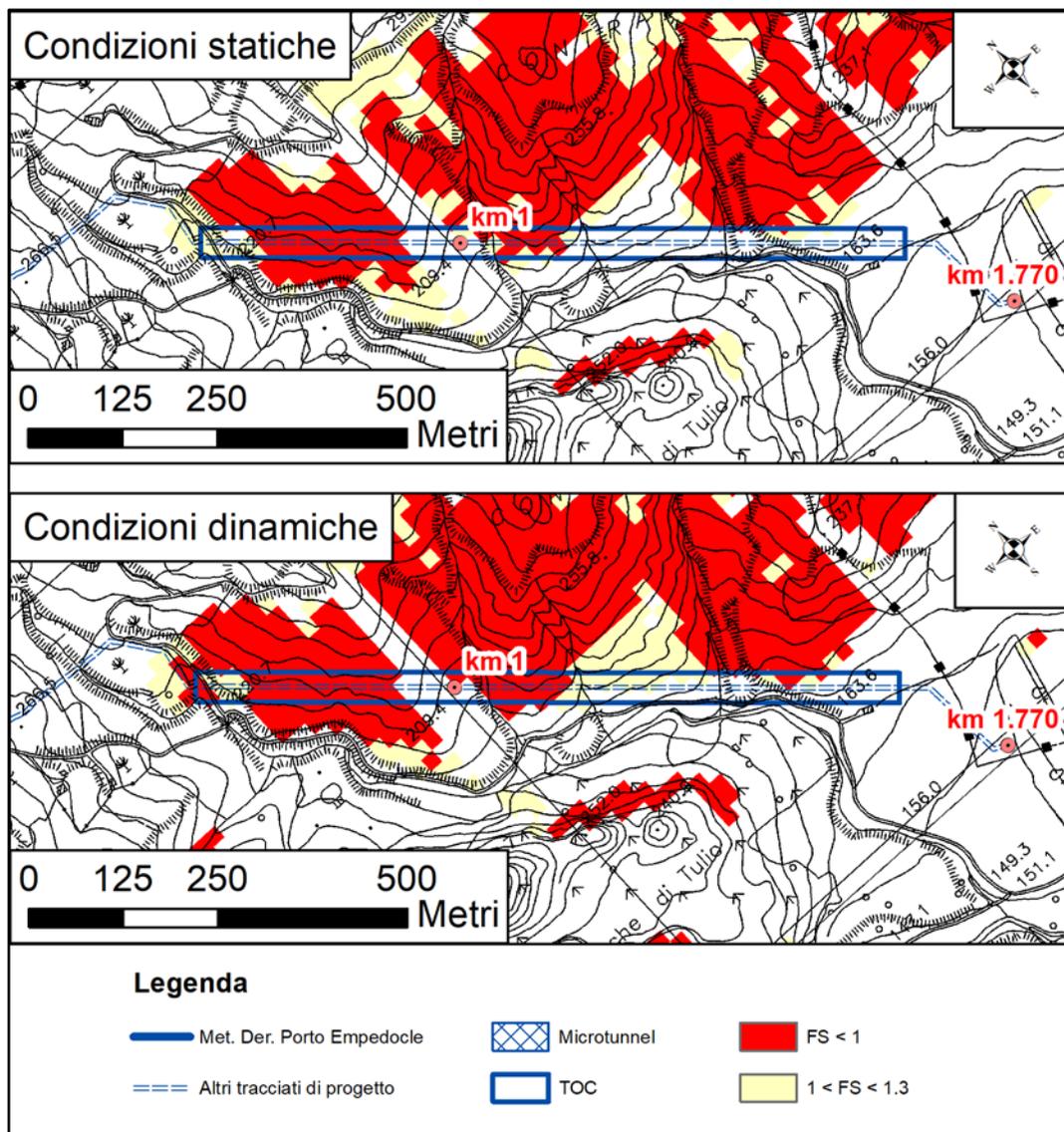


Fig. 5.2/B: Risultati dell'Analisi areale con indicazione del Fattore di Sicurezza.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 31 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi geomorfologica areale eseguita per il tracciato del Rif. Derivazione per Porto Empedocle ha richiesto la caratterizzazione di diversi parametri lungo l'asse del tracciato, quali:

- classi topografiche;
- classi di sottosuolo;
- unità geologiche-geotecniche affiorante;
- valore atteso di PGA;
- spessori delle coltri;
- livello piezometrico.

La parametrizzazione lungo il tracciato di questi valori è stata realizzata utilizzando dati bibliografici disponibili (es: banche dati e carte tematiche ufficiali; siti istituzionali quali ISPRA, INGV; etc.) e dati di progetto. Inoltre, per alcune aree sono state eseguiti approfondimenti con prove sismiche (MASW).

La verifica della stabilità dei versanti attraversati dal tracciato è stata eseguita, mediante l'algoritmo dell'equilibrio limite, lungo un pendio indefinito applicando due diversi approcci:

- condizioni statiche (assenza di azione sismica);
- condizioni dinamiche (massima azione sismica attesa) con metodo pseudo-statico.

I parametri utilizzati per le verifiche sono stati definiti in accordo alle procedure riportate nella normativa vigente (NTC 2018).

In considerazione del fatto che i tracciati di progetto percorrono in maniera estesa zone di fondovalle e quindi terreni prevalentemente pianeggianti e poco acclivi, nel corridoio esaminato sono state individuate solamente due aree critiche che interferiscono direttamente con il tracciato in progetto. Entrambe le aree sono attraversate con metodologie trenchless (microtunnel e TOC).

6.1 Misure di mitigazione

In generale, lo studio completo per la valutazione del rischio di una condotta che attraversa un'area in frana richiede una definizione approfondita del livello di pericolosità che caratterizza il dissesto (i.e. deformazione permanente del terreno), e successivamente, una verifica strutturale dell'opera all'azione attesa.

La risposta della modellazione strutturale fornisce lo stato tensionale indotto sulla condotta dalla deformazione del terreno circostante. Laddove i valori tenso-deformativi della condotta risultino elevati rispetto ai limiti di riferimento, si procede con la valutazione di eventuali soluzioni di mitigazione.

Nello specifico, al termine delle verifiche sullo stato di stabilità dei versanti attraversati dal tracciato del metanodotto in progetto (REL-GEO-E-03025) e della metodologia di attraversamento scelta, si ritiene che non siano necessari interventi di mitigazione specifici da adottare per aumentare la sicurezza della condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITA' REGIONE SICILIA	REL-SIS-E-03023	
	PROGETTO / IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 32 di 32	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83023

7 BIBLIOGRAFIA

Graham J., 1984. Methods of stability analysis. In: Slope instability, Eds D. Brunsen and D.B.Prior. Wiley and Sons, New York, pp 523-602.

Cantalamessa G., Di Celma C., Piccini M., Didaskalou P., Potetti M., Lori P., Campiani E., Correggiari A., Fogliani F., Trincardi F., Asioli A., Gallerani A., Langone L. & Lorenzini F., 2011. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 304 Civitanova Marche. Ispra, Servizio Geologico d'Italia.