
	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1



RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse

**Punto di Intercettazione di Derivazione Importante con Stacco con discaggio
(PIDI n. 5 + PIDA) DN 300 (12") x DN 150 (6")
Loc. "Villa Cassaro"**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

1	Aggiornamento AU 327 per Prescrizioni VIA	Onori	Rocchetti	Mattei	Gen. 2025
0	Emissione per Autorizzazione Unica	Onori	Rocchetti	Mattei	Lug.2023
	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data



File dati: nqr20133-rel-geo-e-10302_r1

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1	Generalità	4
1.2	Scopo del documento	5
1.3	Documentazione di riferimento	5
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO GENERALE	6
2.1	Lineamenti geologico strutturali	6
2.2	Lineamenti geomorfologici	8
2.3	Rappresentazione cartografica delle componenti geologiche	9
2.4	Piano Assetto Idrogeologico	10
3.	CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO	11
3.1	Descrizione del sito	11
3.2	Campagna geognostica	11
3.3	Rappresentazione stratigrafica	12
3.4	Falda acquifera	13
4.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
4.1	Classificazione sismica	14
4.2	Pericolosità sismica di base	15
4.3	Risposta sismica locale	19
4.4	Valutazione del potenziale di liquefazione	23
5.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E FATTIBILITA' GEOLOGICA	24
6.	INDICAZIONI SULLE FONDAZIONI	25
6.1	Generalità	25
6.2	Modello geotecnico e parametri caratteristici del terreno	25
6.3	Caratteristiche tipologiche delle fondazioni	26
6.4	Interazione terreno-struttura - [terreno alla Winkler]	27



	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

ALLEGATO 1: L&R S.r.l. – S. Giovanni La Punta (CT)
Indagini geognostiche dirette

ALLEGATO 2: LABORATORIO GEOMECCANICO Orazi – Mombaroccio (PU)
Certificati prove di laboratorio geotecnico

ALLEGATO 3: GEORES S.r.l. – Frosinone (FR)
Indagini geognostiche indirette (MASW)

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

1. PREMESSA

1.1 Generalità

La presente relazione, redatta su incarico di Snam SpA, fornisce le principali indicazioni sui caratteri geologici, geomorfologici e sismici, dell'area dove è prevista la realizzazione del Punto di Intercettazione di Derivazione Importante (PIDI) n. 5 del "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse".

L'area sulla quale ricade l'impianto in progetto, è ubicata nel Comune di Aragona (AG), in località "Villa Cassaro", circa 1 km ad Ovest del capoluogo comunale, in prossimità della S.P. n.17.

Al Catasto dei terreni il sito è individuato, al F. 58 del comune di Aragona, in base alla Cartografia Tecnica Regionale, ricade nella Sezione 629160 "Aragona" e, altimetricamente, si trova ad una quota di circa 419 m s.l.m.

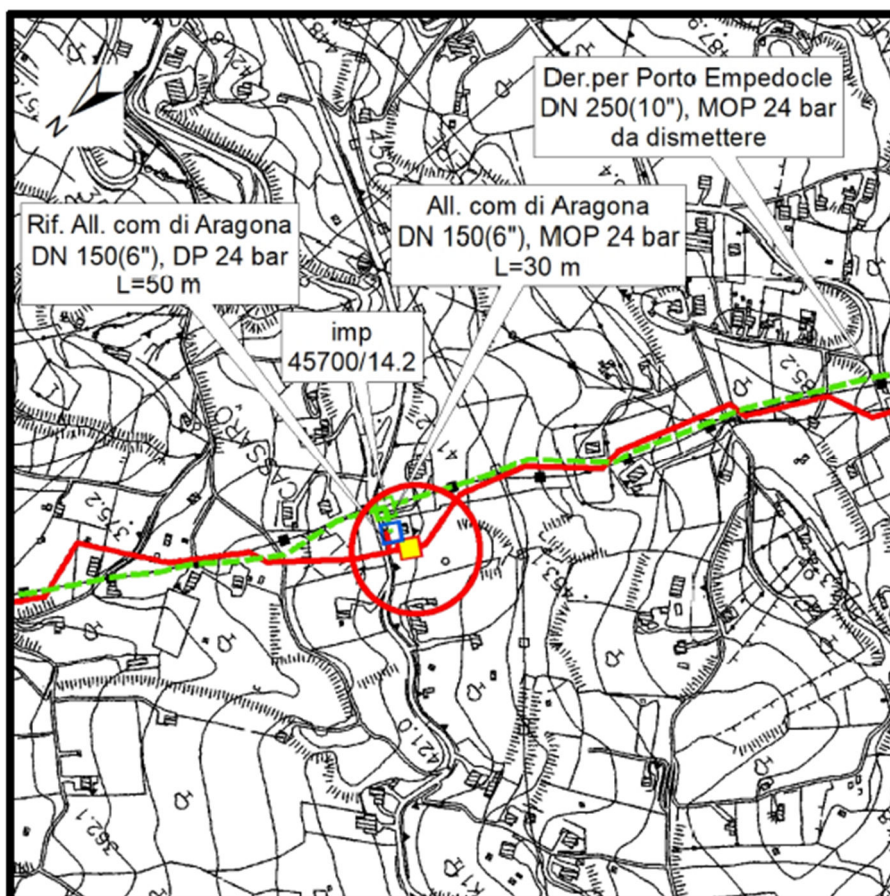




Figura 1.1: Corografia area impianto, scala 1:10000
(CTR Sicilia Sezione 629160 "Aragona")

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

1.2 Scopo del documento

Lo scopo della presente relazione è di fornire una caratterizzazione geologica, geomorfologica e sismica del sito nel quale si prevede la realizzazione del Punto di Intercettazione di Derivazione Importante (PIDI) n. 5 del "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse", località "Villa Cassaro".

Il modello geologico e sismico sarà sviluppato sulla base dei dati disponibili in letteratura e considerando i risultati provenienti dalla campagna geognostica e dai rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio eseguiti nell'area di intervento.

1.3 Documentazione di riferimento

Riferimenti Normativi

Il progetto di cui alla presente relazione è redatto in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito "NTC"), emesse con Decreto Ministro delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo del Dipartimento della Protezione Civile, ai sensi delle Leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, così come riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto legge 28/05/2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss. mm. ii.; è inoltre redatto in conformità alle seguenti disposizioni di legge:

- *Circolare del Ministero dei lavori Pubblici, n. 3797 (Pres. Cons. Superiore-Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)*
Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni.
- *Circolare 21/01/2019, n. 7 del Ministero delle infrastrutture e trasporti*
Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.

Elaborati di Progetto

1	DIS-MEC-C-11194	Punto di Intercettazione di Derivazione Importante con stacco con discaggio (PIDI n. 5 + PIDA - Località "Villa Cassaro")
2	REL-CGD-E-03021	Progetto di fattibilità tecnica ed economica – Relazione geologica
3	REL-SIS-E-03024	Progetto di fattibilità tecnica ed economica - Caratterizzazione della sismicità e Verifica allo scuotimento sismico
4	REL-CI-E-03027	Progetto di fattibilità tecnica ed economica - Relazione idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il tracciato del "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse" in progetto si sviluppa per circa 35,070 km, in direzione N-S, da Campofranco a Porto Empedocle.

Il territorio interessato dalla realizzazione del metanodotto ricade nelle province di Caltanissetta e Agrigento ed è compreso nei Fogli della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100000, nei Fogli n. 267 "Canicattì" e n. 271 "Agrigento".

La caratterizzazione geologica è stata elaborata attingendo alle informazioni presenti nella cartografia indicata e utilizzando anche ulteriori elementi conoscitivi derivati da rilevamenti geologici inediti e integrati con i dati raccolti attraverso le campagne geognostiche condotte per il metanodotto in progetto.

Sono inoltre state utilizzate le Tavole dell'Ente delle Miniere degli anni '50-'60, che hanno costituito la base dei Fogli in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia.

La definizione e la rappresentazione dell'assetto geologico/stratigrafico e tettonico sono state uniformate agli standard previsti dall'ISPRA (Cartografia CARG della Regione Siciliana) e secondo le convenzioni di classificazione della CIS (Commissione Italiana di Stratigrafia).

2.1 Lineamenti geologico strutturali



L'area di studio, localizzata tra la parte meridionale della Catena Appenninico-Maghrebide e la parte occidentale del Promontorio Ibleo, appartiene al Bacino di Caltanissetta. L'evoluzione dinamico-strutturale di questo bacino è stata schematizzata, dal 1960 (Ogniben, 1960, 1969) fino ai primi modelli strutturali per l'area italiana (C.N.R., 1975), considerandolo come una associazione di sedimenti post-orogeni formati in seguito alla fase parossistica del Miocene, responsabile della formazione della catena di thrust dell'area mediterranea. In seguito, nel 1980 (Catalano e D'Argenio, 1982; C.N.R., 1983; Bianchi et al., 1989; Ben Avraham et al., 1990; Lentini et al., 1990, 1996; Butler et al., 1992, 1995; Catalano et al., 1993, 1996; Lickorish et al., 1999), come avevano suggerito precedentemente Beneo (1958), Rocco (1959), Roda (1967a), l'orogenesi siciliana è stata considerata persistente fino al Quaternario (Falda di Gela), sebbene con una minore intensità rispetto alle fasi precedenti, caratterizzate da movimenti compressivi-traslativi e rotazioni sincrone (Catalano et al., 1977; Grasso et al., 1987).

Pertanto, l'avanfossa tra la Catena Appenninico-Maghrebide e l'avampaese Ibleo, varia nel tempo e nello spazio all'avanzare del fronte della catena, portando alla formazione di differenti unità strutturali paleogeografiche ("Bacini Satelliti"), considerate anche come bacini di "piggy-back" (Catalano et al., 1993; Vitale, 1996; Lentini et al., 1991), nell'intervallo compreso tra il Miocene inferiore e il Quaternario. Sembrerebbe che questo avanzamento non si sia verificato con continuità, ma attraverso numerosi eventi, che hanno causato una graduale riduzione del bacino di avanfossa.

Durante il Miocene superiore l'avanfossa si restringe, assumendo un andamento NE-SO, e migra ulteriormente verso l'avampaese Ibleo Pelagiano (Nigro & Renda, 2000).

Tra il Tortoniano sup. ed il Messiniano inf. i settori più interni della catena accolgono la deposizione di successioni nei bacini satelliti in estensione (Formazione Terravecchia - unità litostratigrafica, introdotta da Schmidt Di Friedberg, 1965, ed

File dati: nqr20133-rel-geo-e-10302_r1

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

istituita dallo stesso Autore sulla base di quanto descritto da Flores, 1959), che riflettono processi di collasso della catena (Giunta et al., 1999b).

Lungo il margine interno dell'avanfossa progradano conoidi costituite da facies conglomeratiche e pelitico – sabbiose che lasciano posto, nei settori assiali ed esterni, a depositi pelagici (Formazione Licata) (Nigro e Renda, 2000).

Il successivo restringimento dell'avanfossa coincide, nel Messiniano superiore, con la deposizione delle evaporiti che, nei settori intramontani in estensione dell'orogene (Giunta et al., 1999b), sono prevalentemente rappresentati da facies torbiditiche (Nigro e Renda, 2000).

A partire dal Pliocene superiore (Catalano & D'Argenio, 1982), il Bacino di Caltanissetta è stato interessato da rapidi processi di subsidenza come suggerito dalle analisi biostratigrafiche dei relativi depositi clastico-carbonatici (Di Stefano et al., 1993).


Tra il Pliocene ed il Pleistocene l'avanfossa si riduce ulteriormente, anche attraverso rotazioni della catena (Oldow et al., 1990) accogliendo la deposizione dei Trubi e delle sovrastanti successioni in parte torbiditiche (Formazione Marnoso – Arenacea del Belice) (Nigro e Renda, 2000).

In questo intervallo si ha la massima estensione areale dei settori della catena; la sedimentazione avviene principalmente in ristrette aree (Bacino di Caltanissetta), sul dorso delle unità tettoniche della Falda di Gela.

L'avanfossa pleistocenica raggiunge in questo periodo la sua minima estensione areale sia a terra che nei settori sommersi antistanti il Golfo di Gela (Argnani, 1987).

L'assetto geologico-strutturale dell'area è tipico della Sicilia centro-meridionale, caratterizzato dagli affioramenti di età terziaria e quaternaria in cui prevalgono i termini evaporitici ricoperti dalle unità terrigene post-evaporitiche, distribuite secondo un sistema prevalente di pieghe con assi orientati in direzione NO-SE. I litotipi più antichi sono rappresentati dai terreni argillosi pre-evaporitici e si rinvencono spesso al nucleo delle principali anticlinali, mentre i terreni post-evaporitici pliocenici occupano i nuclei delle sinclinali.

Nell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto affiorano, oltre a localizzati nuclei delle Argille varicolori inferiori, le formazioni appartenenti al Bacino di Caltanissetta, dalla Formazione Terravecchia alla Formazione Agrigento, quest'ultima definita per indicare i depositi calcarenitici che sormontano le argille della Formazione Monte Narbone.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

2.2 Lineamenti geomorfologici

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. 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 m 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 rifacimento 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 argillo-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 in corrispondenza della 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.

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.

File dati: nqr20133-rel-geo-e-10302_r1

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

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.

2.3 Rappresentazione cartografica delle componenti geologiche

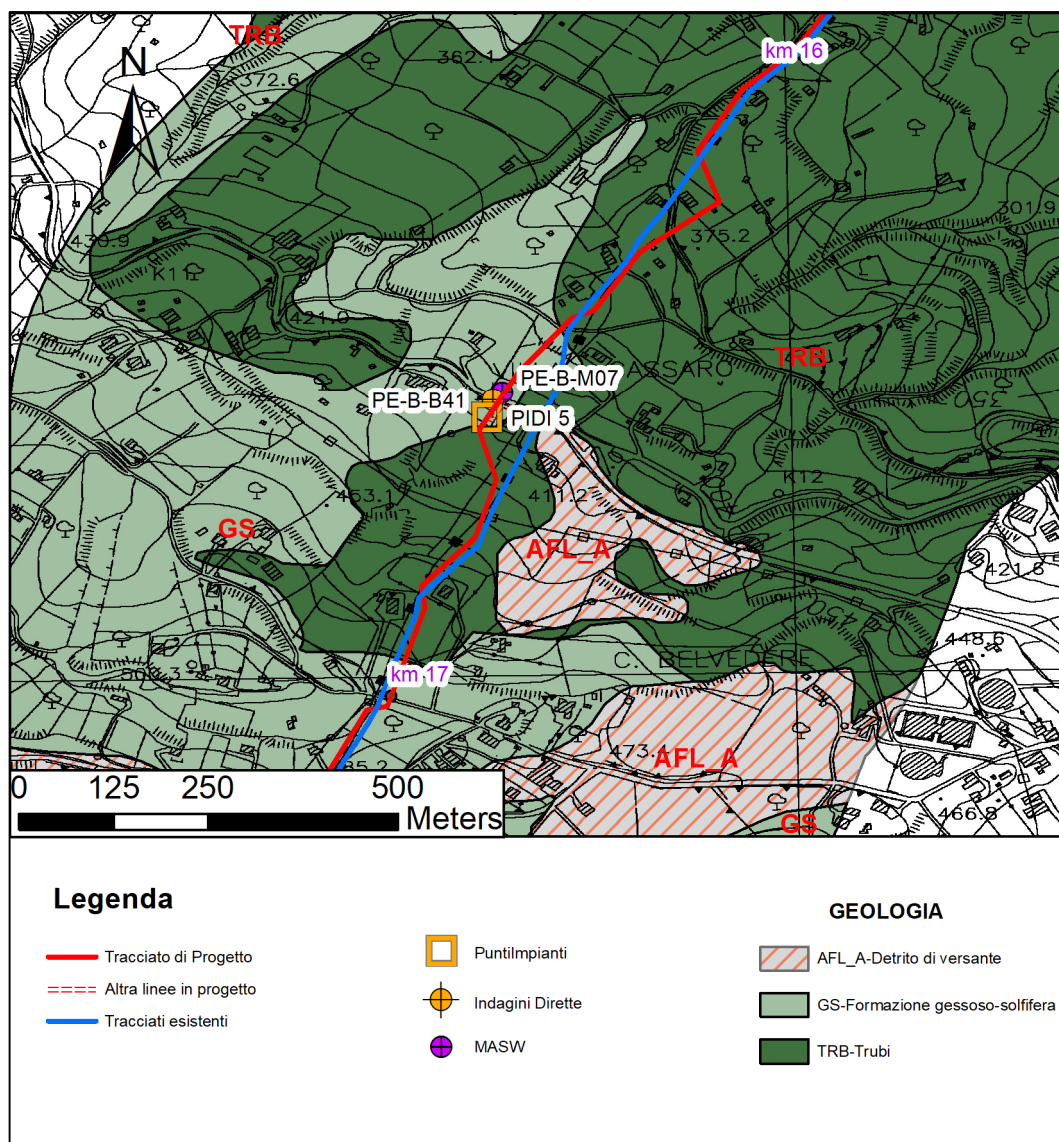


Figura 2.1: Carta geologica dell'area di intervento, scala 1:10000

Nell'area oggetto, di studio affiorano i seguenti termini, dall'alto verso il basso (cronologicamente):

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

DEPOSITI SUPERFICIALI

AFL_A: Detrito di versante e depositi eluvio-colluviali: deposito di versante massivo o stratificato, caratterizzato da clasti angolosi o sub-angolosi eterometrici, con contenuto variabile di matrice sabbiosa o limosa; depositi eluviali e colluviali costituiti da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbiosa, rappresentati da coperture detritiche dovute ad alterazione "in situ" delle rocce affioranti o da depositi mobilizzati dalla gravità e da processi di ruscellamento.

FORMAZIONI DI BASE



Depositi continentali, marini e lacustri

TRB: Trubi: Il termine Trubi è utilizzato ampiamente nella letteratura geologica siciliana e attualmente è considerato un nome formazionale appartenente all'unità tradizionale del nuovo Catalogo delle formazioni italiane. Si tratta di calcari e calcari – marnosi, a luoghi sabbiosi, bianco–grigiastri ben stratificati. Nell'area di Aragona si presentano come calcari marnosi ben stratificati di colore bianco–giallastro, con intercalazioni marnose. Gli strati dei Trubi hanno uno spessore decimetrico e si presentano a granulometria fine, mentre le marne intercalate presentano uno spessore centimetrico.

GS: Gruppo della Gessoso-Solfifera: tale denominazione raggruppa la Formazione di Pasquasia e la Formazione di Cattolica. La Formazione di Pasquasia è costituita: da argille siltoso-micacee, gessi straterellati, a grossi cristalli e saccaroidi, con intercalazioni argilloso-marnose; da gessoruditi, gessi microcristallini laminati e gessi massivi in grossi cristalli geminati e marne, in strati e banchi fino a 3 m, separati da sottili giunti pelitici, alternati a gessoclastiti, con spessore fino a 100 m e di ambiente evaporitico con risedimenti clastici. La Formazione di Cattolica è costituita da: Membro Calcare di Base composto da calcari cristallini grigio-giallastri, calcari dolomitici e dolomie vacuolari o brecciati, stratificati in banchi fino a 2 m, separati da giunti pelitici medio-sottili con livelli sottili di calcilutiti grigie laminate, con spessore di 20-50 m e ambiente evaporitico; Membro selenitico, composto da gessi selenitici stratificati in banchi di spessore 1-3 m, alternati a laminiti gessose, con spessore di 30-100 m.

2.4 Piano Assetto Idrogeologico

In considerazione della posizione dell'area interessata dai lavori per la realizzazione dell'impianto in oggetto e dal confronto fra i dati di progetto e la cartografia di riferimento inclusa al PAI, non risultano interferenze con le aree perimetrate a pericolosità idraulica.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

3. CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

3.1 Descrizione del sito

L'area dell'impianto in progetto è ubicata in un tratto poco acclive (pendenza media di 5-6 gradi) di un lungo versante caratterizzato da litologie prevalentemente calcareo marnose e gessose, a luoghi interessato dalla presenza di una coltre detritica superficiale, a spessore variabile.

In relazione all'andamento morfologico locale poco acclive ed alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti, è possibile affermare che l'area di sedime dell'impianto presenta sicuri caratteri di stabilità non esistendo, allo stato attuale, i presupposti per l'insorgere di spinte gravitative e/o tangenziali significative.

Nel corso della campagna geognostica non è stato individuato il livello piezometrico, né sussistono i presupposti per la presenza di una superficie piezometrica continua prossima al piano campagna. I dati idrogeologici sono estesamente trattati nella Relazione Idrogeologica NR20133-REL-CI-E-03027 parte integrante dello Studio di Impatto Ambientale.

Per quanto riguarda le possibili interferenze con il reticolo idrografico superficiale, si evidenzia che non sono presenti corsi d'acqua continui ma solamente fossi naturali e scoline artificiali realizzate per la regimazione e il drenaggio delle acque meteoriche.

Si ritiene quindi che non sussistano i presupposti per lo sviluppo di fenomeni erosivi che possano interessare l'area dell'impianto di progetto mentre non si esclude la possibilità di fenomeni di esondazione in concomitanza di eventi di massima piena, peraltro con battenti idrici limitati.

3.2 Campagna geognostica

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la Ditta L&R S.r.l. di S. Giovanni La Punta (CT) ha eseguito:

- n. 1 sondaggio geognostico a rotazione a carotaggio continuo, nel periodo di dicembre 2021, spinto fino alla profondità di 15 m dal piano campagna e identificato in planimetria con la sigla PE-B-B41. Nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico si è provveduto a:
 - rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
 - eseguire prove di consistenza speditive con Pocket Penetrometer sulle carote estratte dagli strati coesivi;
 - prelevare n. 3 campioni indisturbati, con campionatore a infissione a pareti sottili (Shelby);
 - prelevare n. 1 campione litoide appartenente alla formazione di base (gessoso solfifera).

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi di Mombaroccio (PU) ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità e di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

File dati: nqr20133-rel-geo-e-10302_r1

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Inoltre, al fine di valutare le caratteristiche di risposta sismica dei terreni interessati dall'impianto e per la misura delle velocità equivalenti (V_s,eq) richieste dalle NTC2018 per la definizione della categoria di sottosuolo di fondazione, la ditta Geores S.r.l. di Frosinone ha eseguito un'indagine geofisica con metodologia "Multichannel Analysis of Surface Waves" (MASW), identificata in planimetria con la sigla PE-B-M07.

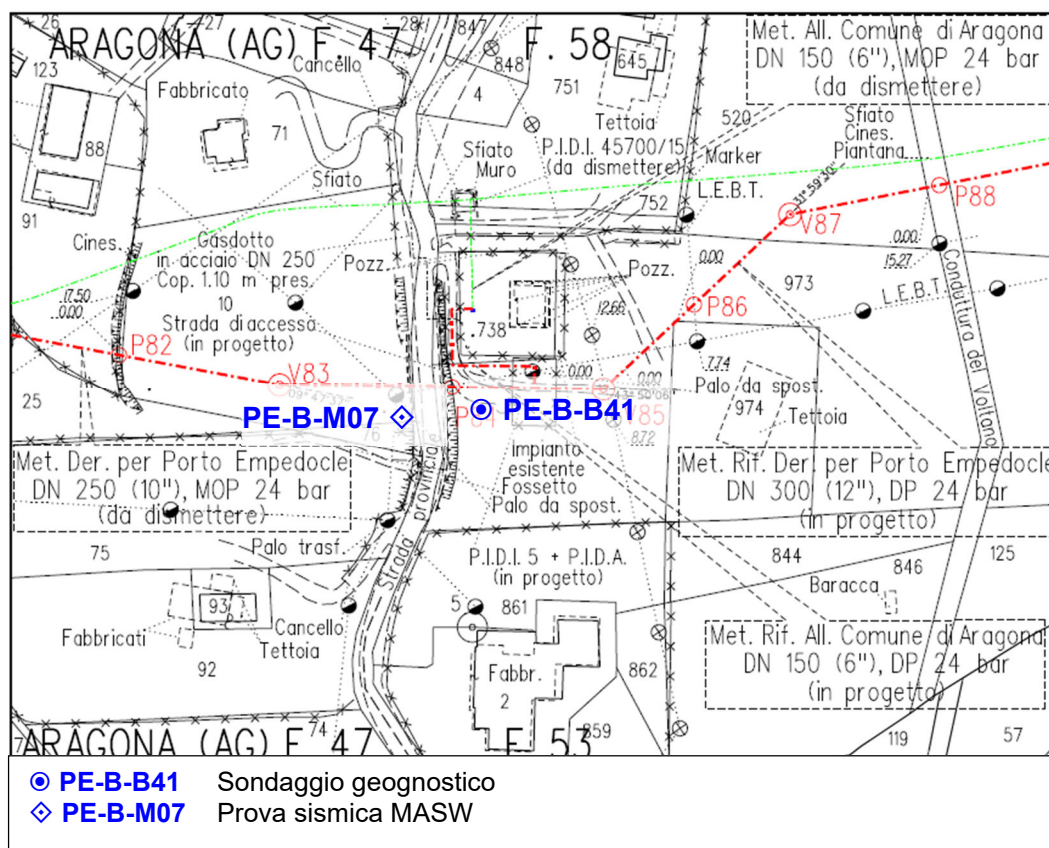



Figura 3.1: Planimetria Catastale, scala 1:2000

La stratigrafia del sondaggio geognostico è riportata nell'Allegato 1, i certificati delle prove di laboratorio geotecnico sono riportati nell'Allegato 2 mentre i diagrammi e l'elaborazione della prova sismica MASW sono riportati nell'Allegato 3.

3.3 Rappresentazione stratigrafica

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, evidenzia la presenza di terreno vegetale nella porzione più superficiale del profilo (spessore di circa 70 cm) che è sovrapposta a terreni prevalentemente argillosi riferibili a una coltre di origine eluvio-colluviale. La formazione di base è costituita da gessi e argille scagliettate. I parametri geotecnici sono stati definiti direttamente tramite prove di laboratorio o, in alternativa, derivano da valutazioni basate su dati di letteratura e da prove di laboratorio eseguite su terreni con caratteristiche analoghe.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

All'interno della successione stratigrafica, è possibile distinguere:

- uno strato superficiale (da 0 a 0,7 m dal piano campagna) di terreno vegetale argilloso, debolmente sabbioso;
- uno strato intermedio, spesso circa 6,4 m, di natura argillosa, con inclusi clasti millimetrici e intercalazioni di livelli gessosi, da molto consistente a poco consistente, di colore beige;
- uno strato basale gessoso di colore biancastro, costituito da macrocristalli e a tratti molto fratturato.

Sulla base delle valutazioni geologiche e delle indagini e prove condotte, è stata determinata la colonna stratigrafica rappresentativa dell'area interessata dall'intervento.

Strato 1. (dal p.c. sino a 7,1 m di profondità)

Coltre eluvio-colluviale costituita da argille limose da molto consistenti a poco consistenti con inclusi clasti millimetrici.

- Peso di volume naturale $\gamma = 19.0 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata $c_u = 70 \div 170 \text{ kPa}$
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 25 \div 27^\circ$
- Coesione efficace $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$
- Modulo edometrico $E_{ed} = 5 \div 7 \text{ MPa}$

Strato 2. (da 7,1 m sino alla massima profondità investigata)

Formazione gessoso solfifera: gessi di colore biancastro a tratti molto fratturato.



- Peso di volume naturale $\gamma = 22.0 \div 23.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza alla compressione monoassiale $q_u = 8 \div 15 \text{ MPa}$
- Resistenza al taglio non drenata* $c_u = 250 \div 350 \text{ kPa}$
- Modulo di compressibilità $E' = 50 \div 60 \text{ MPa}$

**Stima indicativa per caratterizzare il litotipo*

3.4 Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica (dicembre 2021) non è stato individuato il livello piezometrico, né sussistono i presupposti per la presenza di una superficie piezometrica continua prossima al piano campagna.

Eventuali ristagni d'acqua possono comunque verificarsi all'interno della coltre eluvio-colluviale, nel corso di eventi meteorici particolarmente intensi.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

4.1 Classificazione sismica

A seguito dell'entrata in vigore dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 8 maggio 2003, n. 105, tutti i comuni italiani risultano classificati in zona sismica, ripartiti in quattro ambiti riferiti a diversi livelli di rischio decrescente da 1 a 4.

Con il Decreto del Dirigente generale del DRPC Sicilia 11 marzo 2022, n. 64 è stata resa esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana, redatta con i criteri dell'Ordinanza PCM 28 aprile 2006, n. 3519, la cui proposta è stata condivisa dalla Giunta Regionale con la Deliberazione 24 febbraio 2022, n. 81, tenendo conto delle rettifiche riportate d'ufficio riguardo ai Comuni di Favara (AG) e Pantelleria (TP); il comune di Aragona è classificato come Zona 2.

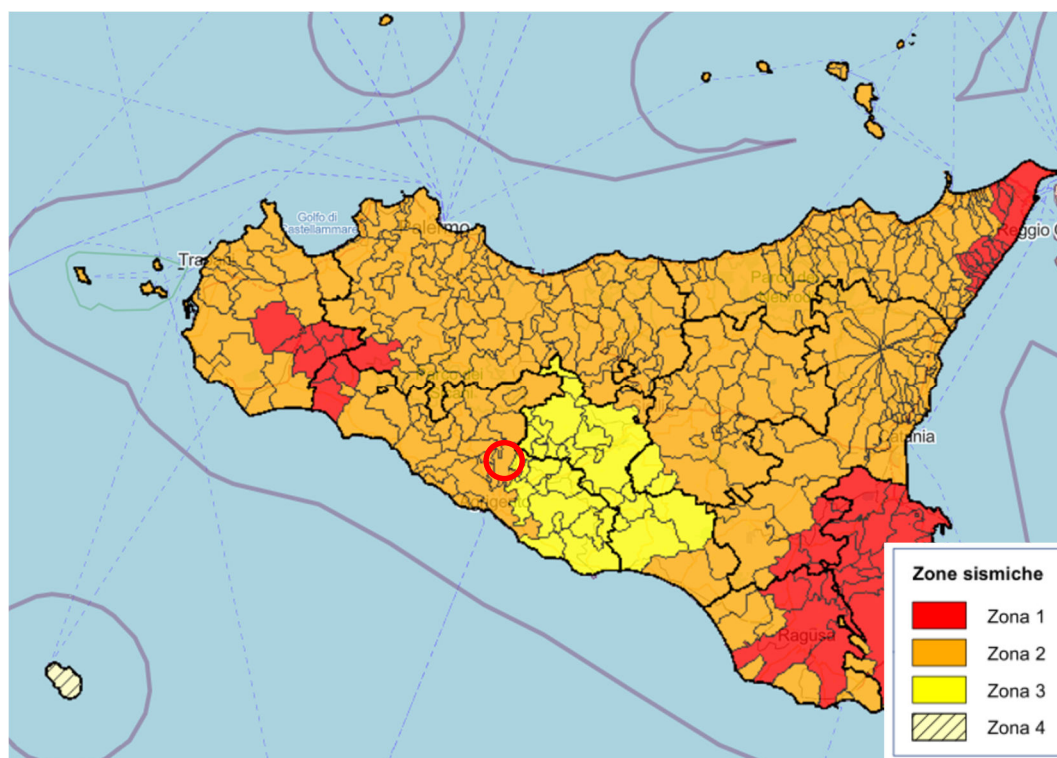


Figura 4.1: Mappa Classificazione Sismica Sicilia Decreto D.D.G. n.64_22

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

4.2 Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) DM 14/01/2008 hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica di base. Sebbene il testo di queste norme sia stato aggiornato e sostituito dal Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (NTC2018), l'impianto normativo è rimasto inalterato.

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, 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. Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa, a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (cfr. § 2.8 delle NTC 2018).

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di nodi di riferimento composto da 10751 punti. I valori dei parametri sismici sono pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>) e sono forniti in relazione ai periodi di ritorno considerati (T_R).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, sono disponibili i seguenti parametri:

a_g : accelerazione orizzontale massima attesa 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.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), 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 hanno un passo di circa 10 km (0.05°) e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

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 nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenenti il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le NTC2018 definiscono l'azione sismica in funzione del periodo di ritorno (T_R) che dipende dalla probabilità di superamento (P_{VR}) di un valore di accelerazione orizzontale nel Periodo di Riferimento (V_R) dell'opera. Quest'ultimo 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). In Tabella 4.1 sono riportati i valori minimi di Vita Nominale (V_N) di progetto da assegnare ai diversi tipi di costruzioni.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.1: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.I delle NTC 2018).

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

Il coefficiente d'uso (C_U) è assegnato sulla base della classe d'uso a cui può essere riferita la costruzione in progetto. La definizione delle classi d'uso è riferita alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'infrastruttura. In accordo alle NTC2018 (cfr. § 2.4.2 delle NTC 2018), le costruzioni sono suddivise in Classi d'Uso così definite:

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.

Il valore di ciascun coefficiente d'uso (C_U) associato alle classi d'uso è riportato in Tabella 4.2 (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

Tabella 4.2: Valori del coefficiente d'uso C_U (rif. Tab. 2.4.II delle NTC 2018).

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

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

In accordo con il Decreto del capo dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21/10/2003, il metanodotto in oggetto deve essere considerato come opera strategica (Classe d'uso IV e Coefficiente d'Uso pari a 2).

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

Il Periodo di Riferimento si ottiene dal prodotto tra Vita Nominale e Coefficiente d'Uso, per cui: $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni

La probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{VR}) nel Periodo di riferimento dell'opera (V_R) è 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 considerati due stati limite:

- Stato limite di esercizio: Stato Limite di Danno (SLD);
- Stato limite ultimo: Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{VR}) sono forniti nella Tabella 4.3 (rif. Tab. 3.2.1 delle NTC 2018).

Tabella 4.3: Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2.1 delle NTC 2018).

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%

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



$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Per i due stati limite esaminati, considerando anche le approssimazioni indicate nella Circolare n. 7 del 21/01/2019, si ottengono i seguenti periodi di ritorno (T_R):

- 100 anni per lo Stato Limite di Danno (SLD);
- 950 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).



I valori di a_g , F_0 e T_C^* sono riportati nell'Allegato B alle NTC2018.

Nel caso in esame, tali caratteristiche sono state identificate come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento, con approssimazioni prudenziali (

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.4).

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.4: Sintesi dei parametrici sismici

Coordinate sito (WGS84):		Longitudine:	13.606520°	Latitudine:	37.410634°
Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]	
SLO	60	0.030	2.464	0.246	
SLD	101	0.036	2.469	0.292	
SLV	949	0.074	2.634	0.440	
SLC	1950	0.088	2.730	0.488	

Risulta così definito lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale di riferimento su suolo rigido.

4.3 Risposta sismica locale

Per risposta sismica locale si intendono tutte le modifiche del moto sismico atteso in un sito (in termini di amplificazione, frequenza e durata del moto) introdotte dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

In definitiva, identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido (bedrock), è necessario valutare la loro variazione (in generale amplificazione) negli strati più superficiali (risposta sismica locale).

Le norme di riferimento (NTC2018) definiscono la risposta sismica locale di un sito attraverso la stima di:

- categoria topografica;
- categoria di sottosuolo.

Gli effetti amplificativi dell'azione sismica in un sito sono causati da fenomeni fisici che alterano la propagazione delle onde sismiche (riflessioni, risonanze, diffrazioni, etc.), che si innescano in corrispondenza di irregolarità morfologiche e/o di eterogeneità litostratigrafiche degli strati più superficiali del terreno.

Questo metodo è stato esteso per caratterizzare dal punto di vista litotecnico e morfologico, mediante l'attribuzione di categorie alle quali sono associati dei coefficienti di amplificazione, il corridoio di territorio nel quale si sviluppa il tracciato in progetto.

Categoria Topografica

La morfologia del sito ove verrà realizzato l'impianto è stata caratterizzata sulla base delle categorie topografiche definite nella normativa NTC2018 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC2018).

In Tabella 4.5 sono descritte le caratteristiche per l'assegnazione delle categorie topografiche.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.5: Descrizione delle categorie topografiche previste dalle NTC2018
(cfr. 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 $i > 30^\circ$

Le NTC2018 assegnano dei coefficienti di amplificazione (S_T) (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018), per ciascuna delle categorie topografiche definite in Tabella 4.5.

In Tabella 4.6 sono riportati i valori dei coefficienti di amplificazione topografica corrispondenti a ciascuna categoria.

Tabella 4.6: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T
(Tab. 3.2.V delle NTC 2018).


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

In generale, 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 4.6, fino al livello di base, dove S_T assume valore unitario (cfr. § 3.2.3.1 delle NTC2018).

L'area in esame presenta un andamento morfologico blandamente acclive (pendenza minore di 15°); per tale ragione può essere assegnata una Categoria Topografica T1 cui si associa un valore del coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$

Categoria di Sottosuolo

L'identificazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita in accordo all'approccio semplificato delle NTC2018 (cfr Tab. 3.2II delle NTC2018), come descritto nella Tabella 4.7 seguente.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.7: Descrizione delle categorie di sottosuolo (cfr. Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

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>

La definizione della velocità equivalente ($V_{S,eq}$) nelle NTC2018 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio (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 sismiche di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come la formazione costituita da roccia o terreno 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.

Ad integrazione dei dati stratigrafici in possesso, nel mese di settembre 2021, la Ditta GEORES di Frosinone ha eseguito una prova sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), denominata PE-B-M07, al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio V_S e calcolare il valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,eq}$).

Nel caso in esame, in presenza del "bedrock sismico" a profondità pari a circa 22 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è risultata essere $V_{S,eq} = 529$ m/s.

Sulla base della velocità $V_{S,eq} \geq 529$ m/s determinata nel corso della prova MASW, per quanto riguarda la categoria di sottosuolo da assumere quale riferimento progettuale, ai fini della risposta sismica locale, il profilo stratigrafico del sito di progetto ricade nella categoria B

Da ciò si determina il relativo valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , secondo Tabella 3.2.V delle NTC2018.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Tabella 4.8: Espressioni per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) in funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s è stato definito in accordo alla Tabella 3.2.IV delle NTC2018 (vedi Tabella 4.8).

Il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) e il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

La stima dell'accelerazione orizzontale di picco in superficie (PGA) attesa nel periodo di ritorno 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 del coefficiente di amplificazione topografico (S_T) e di quello di amplificazione stratigrafico (S_s), può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$


I valori di accelerazione attesi al substrato rigido (a_g) sono stati determinati attraverso l'interpolazione della griglia nazionale dell'INGV per ogni punto del tracciato in progetto, come richiesto dalle NTC2018. Questi, moltiplicati per i differenti coefficienti di amplificazione S individuati, hanno permesso la stima dei seguenti valori di accelerazione massima attesa al suolo (PGA), per gli Stati Limite indicati in Tabella 4.3.

La stima della massima velocità orizzontale al suolo (PGV) per gli stati limite considerati in accordo alle norme NTC2018 (cfr. Par. § 3.2.3.3, NTC2018) può essere definita mediante la seguente relazione:

$$PGV = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$$

in cui:

- a_g : accelerazione di picco attesa al substrato rigido (espressa in m/s^2);
- S : fattore di risposta sismica locale;
- T_C : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Quest'ultimo parametro si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

essendo:

- T_c^* definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione (Tabella A1 delle NTC 2018);
- C_c : un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 3.2.V delle NTC 2018, riportata in Tabella 4.8).

Le tabelle sottostanti (Tabella 4.9 e Tabella 4.10) forniscono i parametri sismici che caratterizzano il sito in esame, rispettivamente in corrispondenza del substrato rigido e al suolo.

Tabella 4.9: Parametri sismici del sito in esame (substrato rigido)

Longitudine [WGS84]	Latitudine [WGS84]	Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
13.606520°	37.410634°	SLD	101	0.036	2.469	0.292
		SLV	949	0.074	2.634	0.440



Tabella 4.10: Parametri sismici del sito in esame (suolo)

Stato limite	S_T	S_s	S	PGA [g]	C_c	PGV [m/s]
SLD	1.0	1.2	1.2	0.043	1.41	0.028
SLV	1.0	1.2	1.2	0.089	1.30	0.080

4.4 Valutazione del potenziale di liquefazione

La valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei terreni interessati dall'opera in progetto è stata eseguita considerando la sismicità storica, studiata sulla base del Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai Terremoti (CEDIT) e verificando le caratteristiche dei terreni e la presenza di una superficie piezometrica nel sito in esame. La descrizione dettagliata delle metodologie adottate è riportata all'interno della relazione redatta per la caratterizzazione della sismicità (REL-SIS-E-03024 parte integrante dello Studio di Impatto Ambientale), alla quale si rimanda per ogni approfondimento in merito.

Le verifiche eseguite indicano la presenza di terreni non liquefacibili.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E FATTIBILITA' GEOLOGICA

L'area dell'impianto in progetto è ubicata in un tratto poco acclive (pendenza media di 5-6 gradi) di un lungo versante caratterizzato da litologie prevalentemente calcareo marnose e gessose, a luoghi interessato dalla presenza di una coltre detritica superficiale, a spessore variabile, all'interno del bacino idrografico del fiume Platani.

L'analisi della Risposta Sismica Locale, determinata mediante il metodo semplificato ha permesso la definizione dei seguenti parametri di amplificazione:

Tabella 5.1: Parametri sismici del sito in esame

Stato limite	a _g [g]	PGA [g]	PGV [m/s]
SLD	0.036	0.043	0.028
SLV	0.074	0.089	0.080

In relazione ai dati scaturiti dal rilievo geologico e geomorfologico e da quelli stratigrafici in possesso si possono riassumere le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal confronto fra i dati di progetto e del PAI, L'area interessata dalla realizzazione del PIDI n. 5 non rientra all'interno delle aree a pericolosità idraulica né sono presenti corsi d'acqua rilevanti che determinare elementi di rischio per l'impianto in progetto;
- In relazione all'andamento morfologico locale caratterizzato da modesta acclività e alle caratteristiche dei terreni, è possibile affermare che l'area di sedime dell'impianto presenta sicuri caratteri di stabilità non esistendo, allo stato attuale, i presupposti per l'innescò di spinte gravitative e/o tangenziali significative;
- le caratteristiche stratigrafiche permettono di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni in concomitanza di eventi sismici.

Sulla base delle considerazioni espone nella presente relazione, nella realizzazione del Punto di Intercettazione di Derivazione Importante (PIDI) n. 5 del "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12") DP 24 bar ed opere connesse" in località "Villa Cassaro", non esistono particolari problematiche dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico tali da inficiarne l'esecuzione.

Per quanto riguarda la possibilità di formazione di fenomeni di ristagno idrico ed impaludamento legati all'andamento morfologico locale ed alla scarsa permeabilità dei sedimenti superficiali, si ritiene consigliabile la realizzazione del piano di calpestio dell'impianto ad una quota leggermente sopraelevata rispetto a quella del pc locale.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 25 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

6. INDICAZIONI SULLE FONDAZIONI

6.1 Generalità

In questa parte della relazione vengono fornite delle indicazioni del tutto preliminari e di larga massima sulle tipologie fondazionali adottabili.

6.2 Modello geotecnico e parametri caratteristici del terreno

Ai fini della progettazione di dettaglio dell'intervento in progetto, sono state sviluppate apposite indagini (rilievi topografici di dettaglio, indagini geognostiche, analisi generali di carattere geologico), i cui risultati hanno permesso la definizione degli aspetti progettuali correlati alle problematiche accertate; ovvero: le condizioni morfologiche, litologiche e geotecniche dei terreni.

La caratterizzazione del sito, la definizione dell'assetto litologico e la modellazione geotecnica, costituenti una delle basi progettuali dell'opera, discendono dalle valutazioni basate sui risultati delle indagini geognostiche effettuate, che sono state ritenute commisurate alla dimensione ed alla scala del problema, all'importanza ed all'estensione dell'opera, e conseguentemente alle finalità progettuali; la profondità e l'estensione delle analisi condotte comprendono infatti i volumi di terreno direttamente od indirettamente coinvolti dalle sollecitazioni di progetto.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite e degli studi effettuati, ai fini del dimensionamento delle opere e delle relative verifiche di stabilità si assume la stratigrafia riportata nella seguente Figura 6.1, unitamente ai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

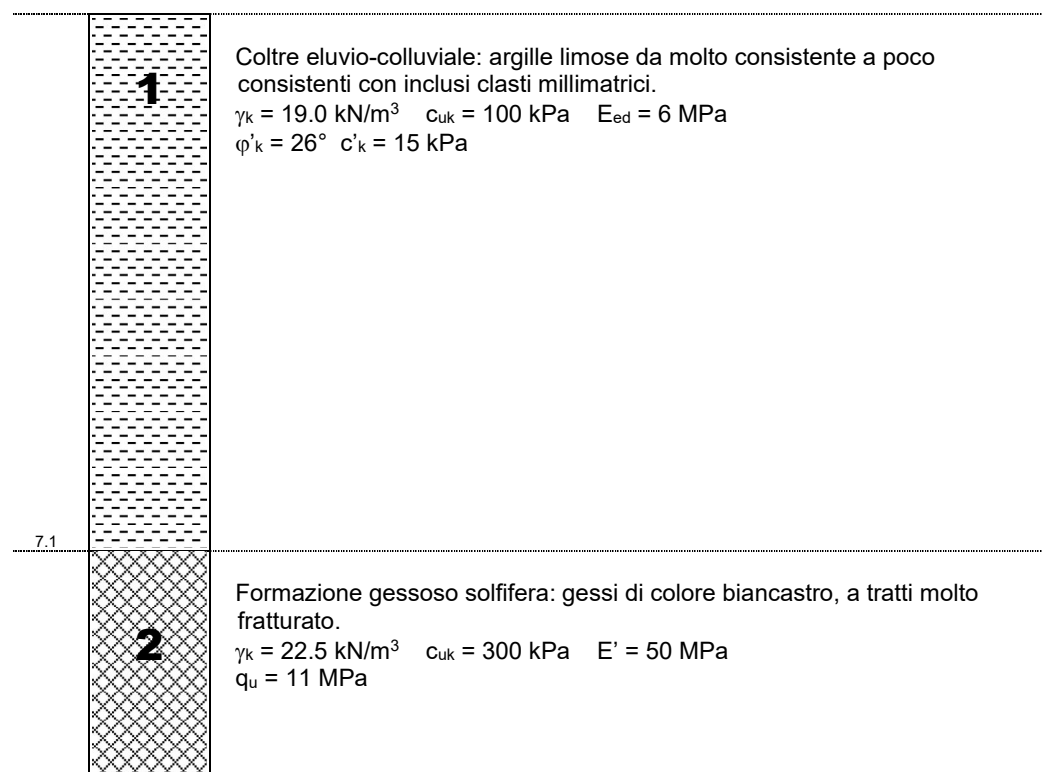



Figura 6.1: Schema stratigrafico e valori caratteristici dei parametri geotecnici

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

Prima della esecuzione dell'opera, potranno essere eseguiti appositi saggi esplorativi, finalizzati alla verifica della caratterizzazione geotecnica di progetto.

Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche riscontrate in situ, laddove esse risultassero localmente distaccarsi da quanto stimato ai fini progettuali, il dimensionamento delle opere previste in progetto potrebbe essere conseguentemente modificato.

6.3 Caratteristiche tipologiche delle fondazioni

La natura e le caratteristiche del terreno di fondazione, unitamente alle indicazioni progettuali di massima (con previsione di limitati carichi trasmessi sul terreno), sono tali da consentire l'uso generalizzato di fondazioni dirette basate sullo Strato 1 argilloso-limoso, da molto consistente a poco consistente.

Nel caso in corrispondenza del piano di fondazione si rinvenivano sacche di sedimenti più compressibili, si renderà necessaria la realizzazione di un bonifico in misto granulare, steso e compattato a strati di spessore compreso tra 20 e 30 cm, in dipendenza della potenza dei mezzi di costipamento impiegati.



In tal caso, alla base del bonifico, andrà posto in opera un telo di tessuto non tessuto, meglio se accoppiato con una geogriglia, per distribuire in modo maggiormente omogeneo il carico evitando che il misto granulare venga inglobato nel sottostante terreno naturale. Nella situazione stratigrafica locale si ritiene sconsigliabile, in alternativa alla realizzazione del bonifico in misto granulare, l'utilizzo di un getto di calcestruzzo magro ("magrone") se non per spessori del tutto limitati.

La composizione granulometrica del misto granulare dovrà soddisfare una delle prescrizioni della AASHTO Designation M 147 riportate nella Tabella 6.1 seguente.

Tabella 6.1: AASHTO Designation M 147

ASTM - sieve designation		Grading A	Grading B	Grading C	Grading D
2	inch (50 mm)	100	100	---	---
1	inch (25 mm)	---	75÷95	100	100
3/8	inch (9.5 mm)	30÷65	40÷75	50÷85	60÷100
n.	4 (4.76 mm)	25÷55	30÷60	35÷65	50÷85
n.	10 (2.00 mm)	15÷40	20÷45	25÷50	40÷70
n.	40 (0.42 mm)	8÷20	15÷30	15÷30	25÷45
n.	200 (0.075 mm)	2÷8	5÷20	5÷15	5÷20

- 1) I granuli della frazione grossolana, cioè della frazione trattenuta a 2.00 mm (setaccio No. 10), devono essere costituiti da elementi di roccia dura e tenace: si dovranno scartare materiali costituiti da elementi teneri che tendono a disgregarsi quando sottoposti a cicli di gelo e disgelo e/o di umidificazione ed essiccamento.
- 2) La frazione grossolana deve avere una percentuale di perdita in peso per usura, determinata nel corso di una prova Los Angeles (AASHTO Designation: T 96) non superiore al 50%.
- 3) I limiti di Atterberg, eseguiti sul passante al setaccio ASTM n.40 (0.420 mm), dovranno avere i seguenti valori:
 - Limite Liquido \leq 25 %;
 - Indice Plastico \leq 6 %.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Aragona (AG)	REL-GEO-E-10302	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 27	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80302_r1

- 4) La densità secca massima degli strati compattati dovrà essere pari al 95 % della densità secca massima ottenute con prove di costipazione tipo AASHTO Modificata (AASHTO T 180, ASTM D 1557).
- 5) Al fine di controllare il rispetto della prescrizione al precedente punto 4), si dovrà eseguire almeno una misura di densità in situ per ogni strato di materiale compattato.

6.4 Interazione terreno-struttura - [terreno alla Winkler]

Per le valutazioni dell'interazione tra le strutture di fondazione ed il terreno di fondazione, questo può essere caratterizzato mediante l'assunzione di un modulo di reazione verticale unitario come definito nella sottostante Figura 6.2 (valutato per una impronta di carico di forma quadrata e di lato 1.0 m, in superficie).

Valori orientativi del modulo di reazione K_{unit} per piastra quadrata di 1 m di lato in superficie (kg_p/cm^3)				
Terreno incoerente				
Compattezza	sciolta	media	densa	
D_r	0,25	0,50	0,75	
$N(SPT)(*)$	7	20	40	
Secca o umida	0,40 ÷ 1,20	1,20 ÷ 6,00	6,00 ÷ 21	
Immersa	medio 0,78 0,33	medio 2,63 1,73	medio 10,5 6,00	
Terreno coerente				
Consistenza	molle	consistente	molto consistente	dura
Resistenza alla compressione semplice (kg_p/cm^2)	0 ÷ 1	1 ÷ 2	2 ÷ 4	> 4
$N(SPT)(*)$	4	12	24	> 32
	Considerare $K = 0$ e fare studio di trave rigida	0,75 ÷ 1,5 medio 1,05	1,5 ÷ 3,0 medio 2,18	> 3 medio 4,5

Figura 6.2: Valori indicativi del modulo di reazione K_{unit} - Berardi G. (1974) "Ingegneria delle Fondazioni", Enciclopedia dell'Ingegneria, Vol. VII, ISEDI, Mondadori, p. 45-149.

In particolare, nel caso in esame, in riferimento allo schema stratigrafico di Figura 6.1, è stato determinato un valore di K_{unit} pari a:

Strato 1: coltre eluvio-colluviale argillosa
 $K_{unit,1} = 15 \text{ MN/m}^3$

Strato 2: Formazione gessoso solfifera
 $K_{unit,2} = 60 \text{ MN/m}^3$

Nel caso di presenza del bonifico in misto granulare compattato, dalle caratteristiche di rigidezza notevolmente superiori a quelle del terreno naturale ($K_{unit} > 60 \text{ MN/m}^3$), è possibile definire un valore di K_w riferibile al volume significativo di terreno di fondazione, stimato attraverso una media ponderata degli strati intercettati.