

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 1 di 29	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME

RELAZIONE SISMICA



0	Emissione per enti	CALLAI F. FANELLI F.	M.AGOSTINI A.COVARELLI	R.BOZZINI G.GIOVANNINI	Novembre 2021
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 2 di 29	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	CARATTERIZZAZIONE SISIMICA	6
3.1	SISMICITÀ STORICA.....	7
3.2	ZONAZIONE SIMOGENETICA	9
3.3	PERICOLOSITÀ SIMICA DI BASE.....	10
3.3.1	Stati limite e relative probabilità di superamento nel periodo (Pvr)	13
3.4	RISPOSTA SIMICA LOCALE.....	16
3.4.1	Categoria di sottosuolo.....	16
3.4.2	Condizioni topografiche	18
3.5	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SIMICA.....	19
3.5.1	Amplificazione stratigrafica.....	19
3.5.2	Amplificazione topografica	20
3.6	ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AL SUOLO	21
3.7	FONDAZIONI SUPERFICIALI E PENDII NATURALI	22
3.8	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE	24
3.8.1	Spettro di progetto	26
4	CONCLUSIONI	28

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 3 di 29	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

1 INTRODUZIONE

L'opera denominata "Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica di Portovesme" rientra nel quadro del cosiddetto sistema della Virtual Pipeline, che ha lo scopo di consentire il rilancio delle attività produttive della Regione Sardegna, assicurando agli utenti l'accesso ad energia a prezzi sostenibili, in linea con quelli del resto d'Italia, e consentendo l'avvio del processo di decarbonizzazione della Regione.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo gasdotto DN 650 (24") che collegherà l'impianto FSRU di Portovesme alle principali utenze industriali dell'area (Euroallumina) e consentirà la connessione dell'FSRU alla Rete Energetica Tratto Sud.

L'opera, nel suo complesso, attraversando il territorio della provincia del Sud Sardegna all'interno dei comuni di Portoscuso e di Carbonia (vedi Figura 1.1), si articola in una serie di interventi che, oltre a riguardare la posa della nuova condotta DN 650 (26") per una lunghezza pari a 6,638 km, comporta l'installazione di una rete di linee secondarie di vario diametro che, prendendo origine da quest'ultima, assicurano l'allacciamento al bacino di utenze attraversato dalla stessa condotta.

In sintesi, il progetto prevede la messa in opera delle seguenti linee:

- Coll. FSRU Portovesme DN 650 (26"), DP 75 bar, L= 6,638 km;
- Derivazione per Portoscuso DN 400 (16"), DP 75 bar, L= 5,619 km;
- Allacciamento Eurallumina DN 300 (12"), DP 30 bar, L= 0,165 km.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 4 di 29	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031



Fig. 1.1: Inquadramento territoriale ed individuazione dell'area di intervento (cerchio giallo).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 5 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente lavoro è stato redatto con esplicito riferimento alla seguente normativa:

- Cir. C.S.LL.PP n. 7 del 21 gennaio 2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- UNI 11531-1 aprile 2014 – Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 – «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- D.G.R. n.15/31 del 30 marzo 2004 – Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 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";
- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, con la quale sono stati approvati i “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”.
- D.M.LL.PP. 16.01.1996 – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche;
- D.M. LL.PP. 11.03.1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Legge. n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”, che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero LL.PP.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 6 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3 CARATTERIZZAZIONE SISIMICA

Al fine di ridurre gli effetti dell'azione sismica sulle costruzioni, il 20 marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", con la quale sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone" che riclassifica l'intero territorio nazionale in quattro zone a diversa pericolosità, eliminando le zone non classificate.

Di seguito si riporta un inquadramento sismico dell'area in studio, una trattazione di maggior dettaglio è sviluppata nell'elaborato REL-SIS-E-00010 RELAZIONE SISIMICA.

Con il D.G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31 la Regione Autonoma della Sardegna ha recepito l'O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003, confermando che tutto il territorio regionale ricade in **Zona Sismica IV**, (contraddistinta da un valore dell'accelerazione su suolo rigido minore o uguale a 0,05 g).

La più recente O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519 «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone», ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, per cui a ciascuna delle 4 zone sismiche viene attribuito un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima sul suolo rigido (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Tab. 3/A: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

ZONA SISIMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g
4	$\leq 0,05$ g

Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti, se prima dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008, il valore di accelerazione (a_g) fornito dalla classificazione sismica era utilizzabile ai fini progettuali, dal 1 luglio 2009, per ogni costruzione si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2018) e sulle condizioni topografiche così come esplicitato dalla vigente normativa sulle costruzioni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 7 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.1 Sismicità storica

La sismicità storica dell'area in esame è stata analizzata consultando i seguenti cataloghi redati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (**CPTI15**): fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo (M_w) ≥ 4.0 , di interesse per il territorio nazionale;
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (**DBMI15**): fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima (i_{max}) ≥ 5 , di interesse per il territorio nazionale e per alcuni stati confinanti.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2019 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato. Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a M_w 4.0 o superiore (Figura 3.1/a – figura A).

Negli ultimi decenni sono stati diversi i terremoti di energia non esattamente trascurabile localizzati in Sardegna oppure a poche decine di chilometri dalle sue coste con epicentro in mare.

- 18 giugno 1970: terremoto di magnitudo M_w 4.8 localizzato nel Mare di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste Liguri e in Costa Azzurra.
- 28 agosto 1977: terremoto di magnitudo M_w 5.4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte. Anche se la distanza è considerevole, la scossa viene avvertita in modo molto sensibile in tutta la Sardegna meridionale e provoca panico a Cagliari.
- 26 aprile 2000: due forti scosse, la maggiore di magnitudo M_w 4.8, localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nord orientale, in particolare a Olbia e Posada.

Sono noti anche, tra i terremoti storicamente più antichi, quello del 4 giugno 1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado della scala Mercalli) e al 1960 (V grado della scala Mercalli, con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Allora, i terremoti venivano registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica, e gli effetti venivano misurati soltanto con la scala Mercalli in quanto non esistevano strumentazioni per poter misurare la magnitudo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 8 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Il database DBMI15 archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di elaborare la sismicità storica delle località italiane, ossia consente di definire un elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di eventi sismici.

In Figura 3.1/a (figura B), è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse (cfr. cerchio rosso) sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo.

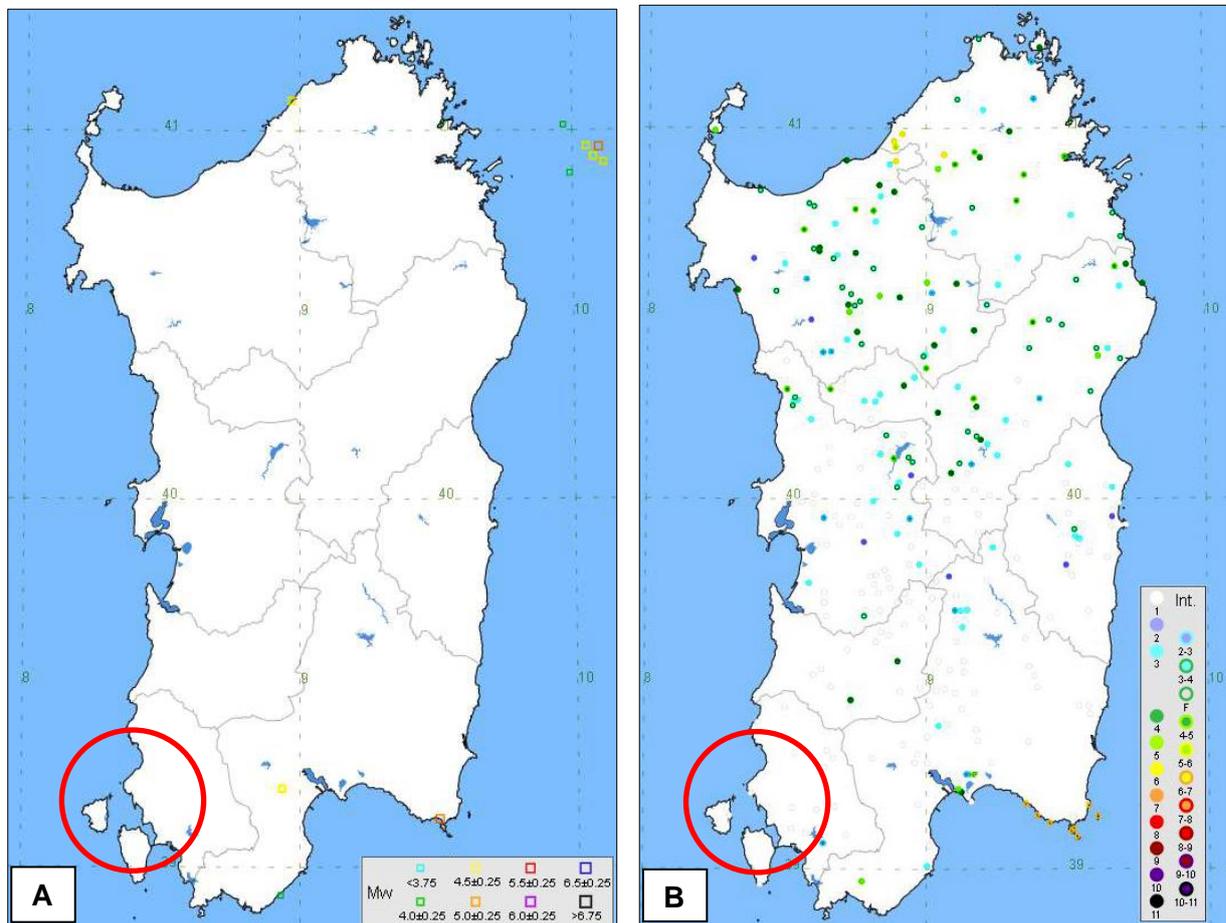


Figura 3.1/a: Mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 e DBMI15 relativi alla Regione Sardegna.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 9 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.2 Zonazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata **ZS9**, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale ed è stata elaborata con lo scopo di creare una base per la stima della pericolosità sismica (hazard) del territorio nazionale e si fonda su un modello sismotettonico riferibile alla correlazione dei seguenti elementi:

- Il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti;
- La distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo;
- Il modello cinematico dell'area mediterranea centrale, riferito agli ultimi 6 milioni di anni.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPT12, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fogliazione prevalente. La zonazione è costituita da 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F), che presentano limiti di colorazione nera e blu. I limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

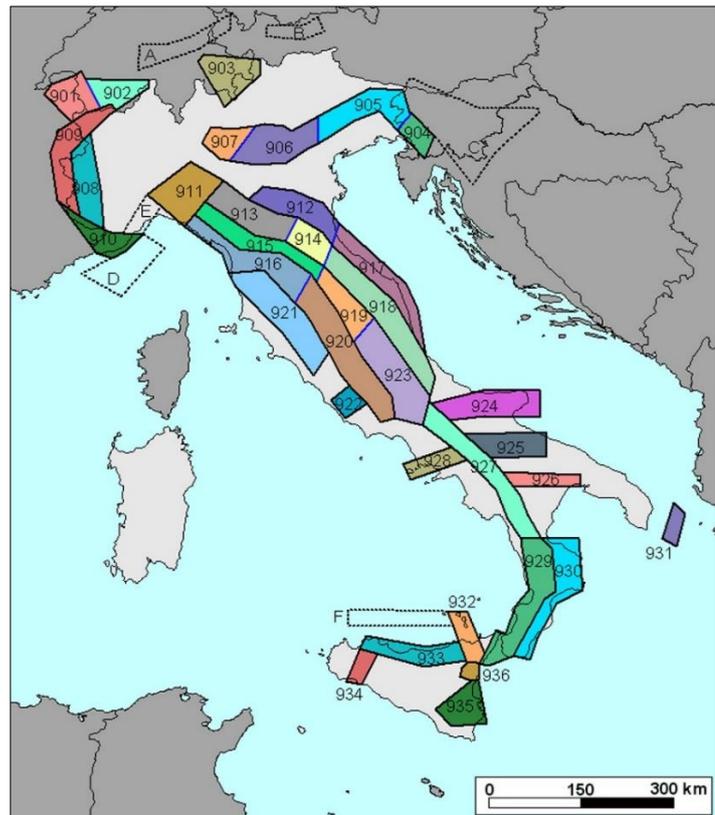


Figura 3.1/a: Zonazione sismogenetica z9.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si evidenzia come la Sardegna non sia caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo. Studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale (Stucchi et al., 2007) hanno prodotto risultati in accordo a quelli evidenziati dalla ZS9 in merito alla difficoltà di individuare per il territorio sardo una mappa delle sorgenti sismogenetiche a causa della bassa sismicità che caratterizza la regione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 10 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.3 Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) già con il D.M. 14.01.2008, recentemente sostituito e integrato dal D.M. del 15.01.2018, introducevano il concetto di **pericolosità sismica di base** in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e su diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno T_r). Tale reticolo di riferimento suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10.751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro, a_g , ma dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame. Le accelerazioni a_g , infatti, non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza ad una zona sismica del comune in cui realizzare l'opera, ma sono calcolate nell'effettiva posizione geografica del sito ove l'opera sarà realizzata. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerato dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile.

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 possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 11 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Il dato di partenza per la definizione dell'azione sismica rimane sempre lo studio di pericolosità sismica italiana di base, i cui risultati sono stati prodotti e messi in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riassunto nella mappa di pericolosità sismica denominata MPS04 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia, il sito di **Portovesme**, frazione del Comune di Portoscuso, ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A) compresa tra 0.025 e 0.050 g.

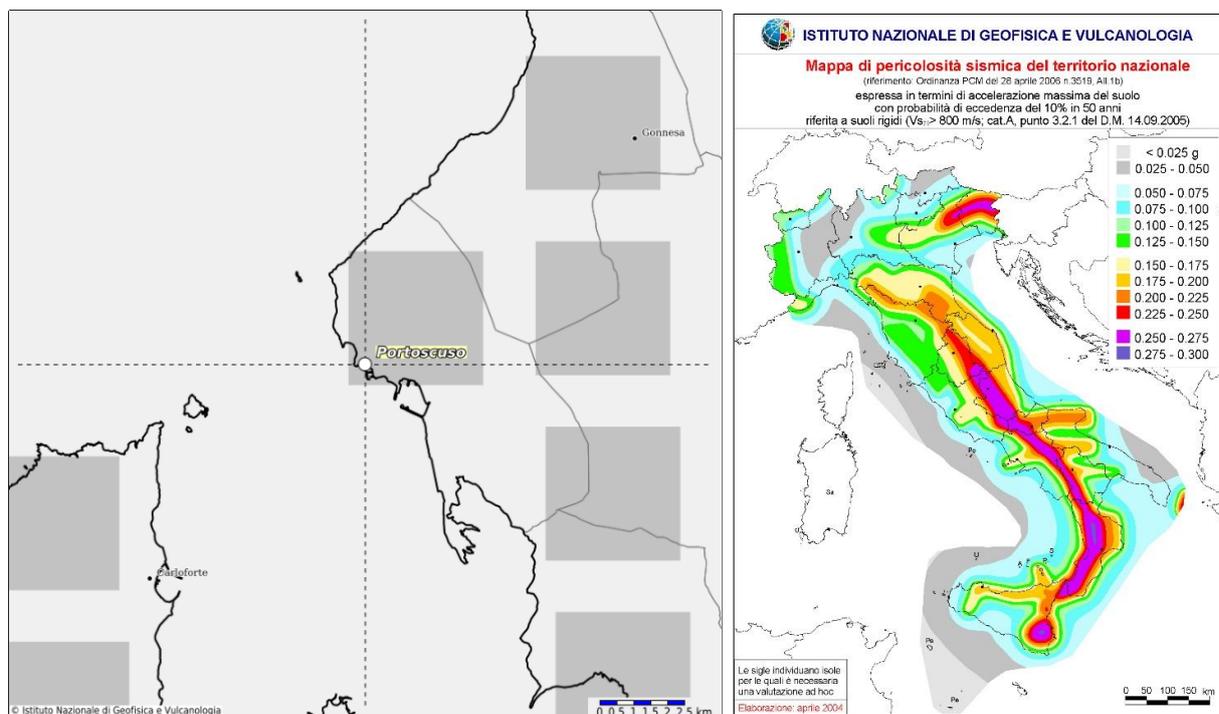


Figura 3.3/a: A destra è riportata la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale denominata MPS04, mentre a sinistra si riporta il dettaglio della stessa mappa con la definizione del reticolo di riferimento per il Comune di Portoscuso.

La pericolosità sismica di un sito è descritta come la probabilità che, in un fissato lasso di tempo, nel sito di riferimento il parametro che descrive il moto sismico superi un valore prefissato.

Nelle NTC 2018, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” VR mentre la probabilità è definita come la “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVr.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 12 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Pertanto, le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R che si ricava dal prodotto tra la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (cfr. paragrafo 2.4.3 delle NTC 2018).

$$V_r = V_n * C_u$$

La vita nominale di progetto V_N è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab 3.3/A.

Tab. 3.3/A: Valori minimi della vita nominale (V_N) di progetto per diversi tipi di costruzione (Tab. 2.4.1 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 , invece, è assegnato in funzione della classe d'uso in cui ricade la costruzione in progetto, in riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

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.

A ciascuna classe d'uso, viene attribuito un coefficiente C_U così come riportato nella seguente tabella.

Tab. 3.3/B: Valori del coefficiente d'uso C_U (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 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 13 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Nello specifico, i metanodotti in progetto rientrano nelle costruzioni con livelli di prestazione ordinari, quindi con valore di vita nominale $V_N = 50$ anni. Inoltre, trattandosi di opere con funzioni pubbliche importanti, la classe d'uso è la IV caratterizzata da un coefficiente C_U pari a 2.

Pertanto dall'equazione $V_R = V_N * C_U$, si ottiene un periodo di riferimento (V_R) di 100 anni.

3.3.1 Stati limite e relative probabilità di superamento nel periodo (P_{vr})

Come precedentemente detto, le azioni sismiche di progetto dipendono dalla probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , in funzione dello stato limite considerato. Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati Limite di Esercizio (SLE) comprendono:

- Stato Limite di Operatività (**SLO**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.
- Stato Limite di Danno (**SLD**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 14 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella Tab. 3.3.1/A.

Tab. 3.3.1/A: Probabilità di superamento PVR 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 limiti ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma, utilizzando la relazione:

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

da cui si ottengono i seguenti periodi di ritorno (T_R):

Tab. 3.3.1/B: Periodi di ritorno (T_R).

PERIODI DI RITORNO (T_R)		
STATI LIMITE	VALORI DI T_R	
Stati limite di esercizio	SLO	60
	SLD	101
Stati limiti ultimi	SLV	949
	SLC	1950

Per i valori di a_g , F_o e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento all'Allegato B (Tabella 2) al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008. Per i tempi di ritorno superiori a quelli riportati in Tabella 2 i valori vanno riportati al periodo di ritorno di progetto utilizzando la formula prevista nell'Allegato A delle NTC.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 15 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

I valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) attesi al *bedrock* con superficie topografica orizzontale per i tempi di ritorno stabiliti sono riportati nella tabella sottostante.

Tab. 3.3.1/C: Valori di accelerazione orizzontale massima a_g espressi in (g); F_o è adimensionale, T_c^* è espresso in secondi.

PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA					
STATI LIMITE		T_r	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	60	0.025	2.685	0.299
	SLD	101	0.031	2.730	0.307
Stati limite ultimo	SLV	949	0.060	2.976	0.371
	SLC	1950	0.071	3.061	0.393

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 16 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.4 Risposta Sismica Locale

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) consente quindi di definire le modifiche (in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata) che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei fattori locali.

Le NTC 2018 di riferimento definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due parametri:

- Categoria di Sottosuolo;
- Condizione Topografica.

In questa fase di studio si ritiene accettabile come grado di dettaglio un'analisi degli effetti di sito con approcci semplificati. In particolare, i metodi semplificati si basano sulla definizione di categorie di sottosuolo e di categorie topografiche, alle quali vengono associati dei parametri che modificano lo spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento, relativo all'affioramento della formazione rocciosa (categoria di sottosuolo A) su superficie orizzontale (categoria topografica T1), per tener conto degli effetti stratigrafici e morfologici del sito di costruzione.

3.4.1 Categoria di sottosuolo

L'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi; in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.4.1/A, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_{S30} ottenute mediante specifiche indagini sismiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (espressa 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 17 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

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 $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato (H) è riferita al piano di imposta delle stesse.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) distinguono, sulla base di parametri equivalenti, le categorie di sottosuolo riportate di seguito, a cui associano un valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s moltiplicativo dell'azione sismica di riferimento.

Tab. 3.4.1/A: Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

CATEGORIA	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per la definizione della $V_{S,eq}$ del sito oggetto di intervento si è proceduto con indagini di sismica attiva secondo la tecnica denominata *Multichannel Analysis of Surface Waves* o semplicemente indicata con l'acronimo **MASW** e con un'indagine di sismica passiva con il metodo delle onde superficiali (**ESAC**).

Nello specifico, sono state eseguite n.3 prove sismiche MASW ed una prova sismica ESAC, ubicate ed orientate secondo quanto previsto in progetto (doc.REL-GEO-E-00101).

In Tab 3.4.1/B si riporta l'elenco delle prove eseguite, con l'ubicazione e i dati relativi alle velocità equivalenti e alle categorie di sottosuolo.

Tab. 3.4.1/B: Indagini MASW e ESAC eseguite lungo i tracciati del Metanodotto.

Nr.	Lat	Lon	$V_{S,eq}$ [m/sec]	Categoria sottosuolo
MASW 1	44,253	12,305	314,91	C
ESAC 1	44,197	12,377	265,46	C
MASW 2	44,157	12,412	339,11	C
MASW 3	44,122	12,438	333,58	C

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 18 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Come si può osservare dalla tabella sopra riportata, i valori di velocità equivalente ($V_{S,eq}$), calcolati per le postazioni di indagine, sono compresi tra **265,46** m/sec e **339,11** m/sec. Pertanto, in riferimento alle categorie del sottosuolo definite nelle NTC 2018, si può concludere che i siti indagati ricadono in **categoria di sottosuolo C**.

3.4.2 Condizioni topografiche

Sono legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno è dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° .

Per le condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, invece, si può adottare la classificazione riportata in Tab 3.4.2/A, che porta alla definizione di una categoria di superficie topografica locale.

Tab. 3.4.2/A: Categorie topografiche (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 $i > 30^\circ$

In funzione alle morfologie e ai range di inclinazione, le aree attraversate dalle opere in progetto sono state ricondotte alle **categorie topografiche T1** (zone pianeggianti e/o pendii con inclinazione media $< 15^\circ$).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 19 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.5 Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali; due orizzontali, contrassegnate da X e Y e l'altra verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite secondo le indicazioni del paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c .

3.5.1 Amplificazione stratigrafica

Per il sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono rispettivamente 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella tabella sottostante, dove $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ rappresenta l'accelerazione di gravità e T_c^* è espresso in secondi.

Per la categoria di sottosuolo locale “**C**” definita nell'ambito di questo studio, i valori di S_s e C_c possono essere definiti secondo le equazioni di Tab. 3.5.1/A.

Tab. 3.5.1/A: Espressioni per il calcolo dei coefficienti di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

da cui deriva che i coefficienti S_s e C_c per i diversi stati limite considerati sono:

Tab. 3.5.1/B: Valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) attesi al bedrock.

COEFFICIENTI SISMICI			
STATI LIMITE		S_s	C_c
Stati limite di esercizio	SLO	1,50	1,56
	SLD	1,50	1,55
Stati limiti ultimi	SLV	1,50	1,46
	SLC	1,50	1,43

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 20 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.5.2 Amplificazione topografica

Per amplificazione topografica si intendono i fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi, a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo incidente e quello rifratto (Circolare alle NTC 2018, Capitolo C.3.2.2).

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.5.2/A.

Tab. 3.5.2/A: Categorie topografiche (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 funzione delle categorie topografiche definite in Tab. 3.4.2/A, dell'ubicazione dell'opera e in accordo con le indicazioni fornite dalle NTC 2018 si ricava che il coefficiente topografico S_T è 1.00.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 21 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.6 Accelerazione massima attesa al suolo

Il moto generato da un terremoto in un sito, dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali.

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello mono-dimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla Tab. 3.4.1/A, il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s * a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Le verifiche agli Stati Limite Ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**), mentre quelle agli Stati Limite di Esercizio si riferiscono al solo Stato Limite di Danno (**SLD**), da cui deriva:

ACCELERAZIONE MASSIMA	STATI LIMITE	
a_{max} (m/s ²)	SLD	SLV
	0,462	0,881

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 22 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.7 Fondazioni superficiali e pendii naturali

Il comportamento in condizioni sismiche dei pendii naturali può essere analizzato mediante metodi pseudostatistici, secondo i quali, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume di terreno (W) potenzialmente instabile. Le componenti orizzontali e verticali di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontali e verticali della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = K_h \times W$$

$$F_v = K_v \times W$$

dove:

- F_h = componente orizzontale della forza di inerzia, applicata al baricentro della massa potenzialmente instabile;
- F_v = componente verticale della forza di inerzia, applicata al baricentro della massa potenzialmente instabile;
- k_h = coefficiente sismico orizzontale;
- k_v = coefficiente sismico verticale;
- W = peso della massa potenzialmente instabile.

Per i coefficienti sismici valgono le seguenti espressioni:

$$K_h = \beta_s * \frac{a_{max}}{g}$$

$$K_v = \pm 0.5 * k_h$$

dove:

- β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità.

Il calcolo dei coefficienti sismici (k_h = coefficiente sismico orizzontale e k_v = coefficiente sismico verticale) viene condotto in riferimento alle equazioni soprariportate, utilizzando i valori di β_s riportati nella Tab. 3.7/A, al variare della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 23 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

Tab. 3.7/A: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA	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

Da cui deriva:

COEFFICIENTI SISMICI	SLD	SLV
k_h	0,022	0,034
k_v	0,011	0,017

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 24 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.8 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Per il calcolo dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali sono stati considerati i seguenti parametri:

- Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5 \%$
- Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = 1$

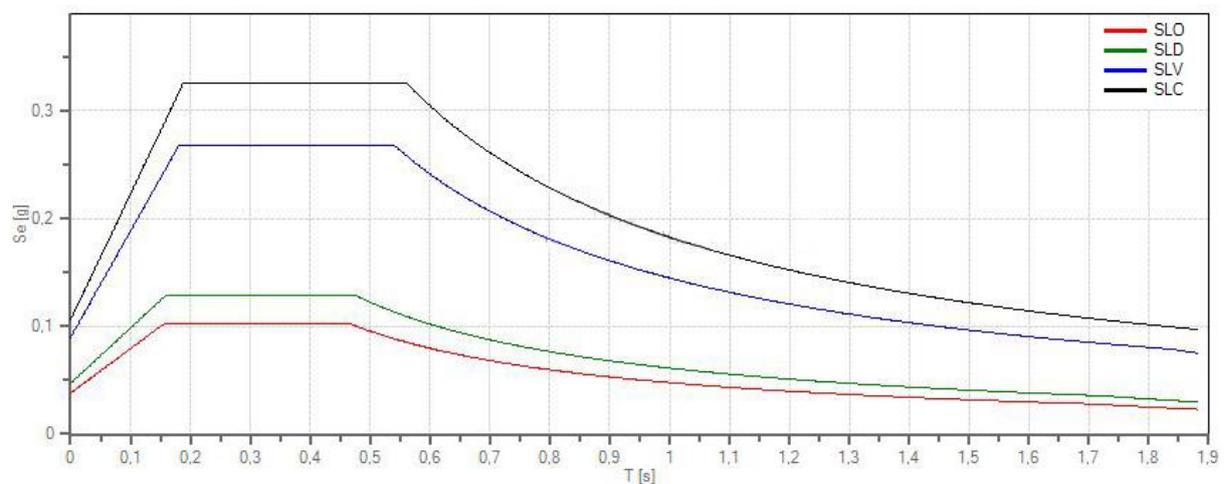


Figura 3.8/a: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.

Tab. 3.8/A: Riepilogo parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,025	2,685	0,299	1,500	1,560	1,000	1,500	1,000	0,156	0,467	1,702
SLD	2	0,031	2,730	0,307	1,500	1,550	1,000	1,500	1,000	0,159	0,476	1,726
SLV	2	0,060	2,976	0,371	1,500	1,460	1,000	1,500	1,000	0,180	0,541	1,840
SLC	2	0,071	3,061	0,393	1,500	1,430	1,000	1,500	1,000	0,188	0,563	1,883

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 25 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

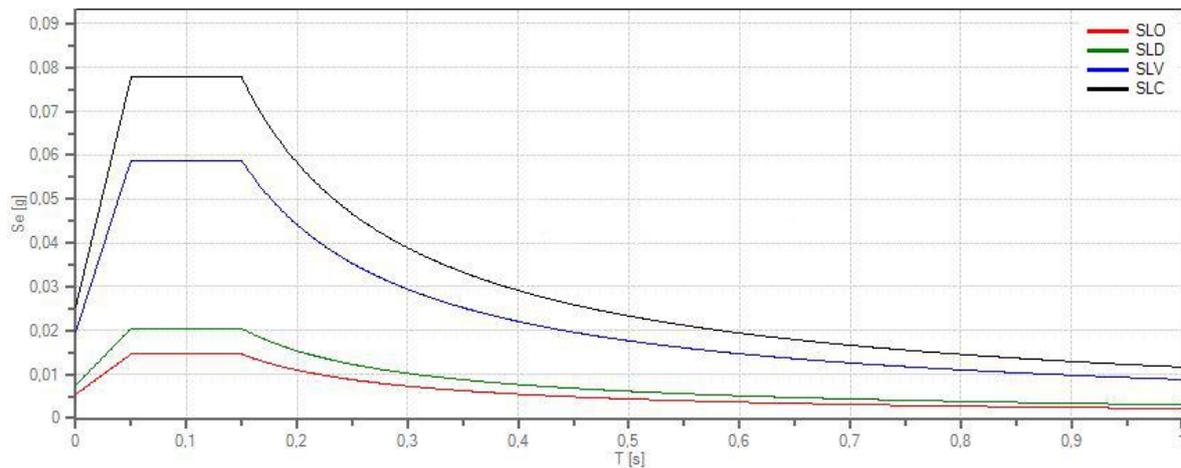


Figura 3.8/b: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.

Tab. 3.8/B: Riepilogo parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,025	2,685	0,299	1,000	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,031	2,730	0,307	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,060	2,976	0,371	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,071	3,061	0,393	1,000	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 26 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

3.8.1 Spettro di progetto

Per il calcolo dello spettro di progetto sono stati considerati i seguenti parametri:

- Fattore di struttura spettro orizzontale $q = 1,50$
- Fattore di struttura spettro verticale $q = 1,50$
- Periodo fondamentale $T = 1,00$ [s]

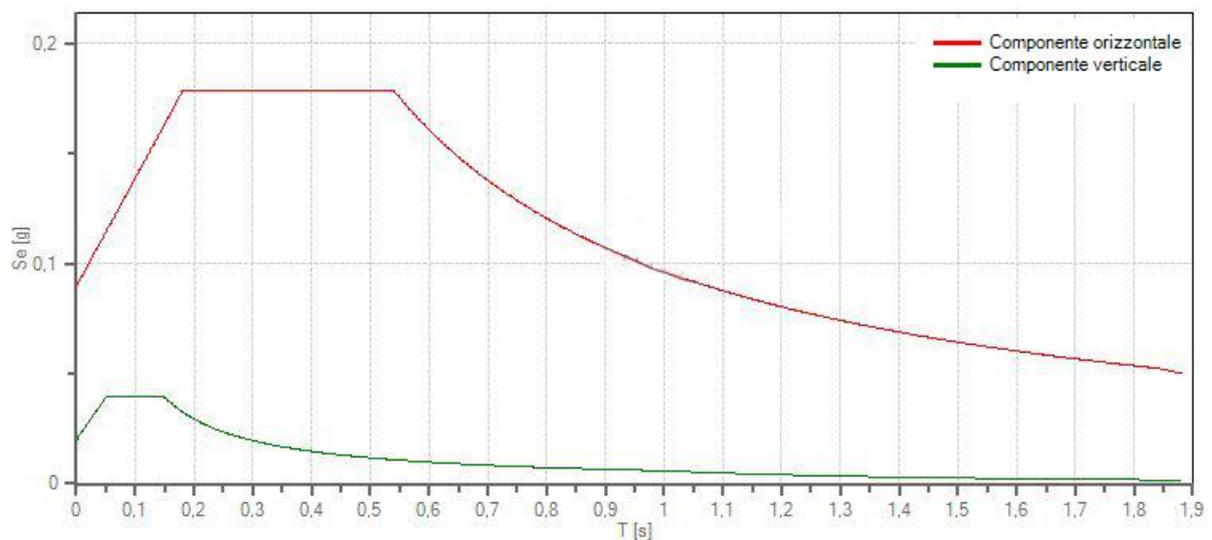


Figura 3.8.1/a: Spettro di progetto per lo stato limite SLD. In rosso è indicata la componente orizzontale mentre in verde quella verticale.

	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLV orizzontale	2	0,060	2,976	0,371	1,500	1,460	1,000	1,500	1,500	0,180	0,541	1,840
SLV verticale	2	0,060	2,976	0,371	1,500	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 27 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

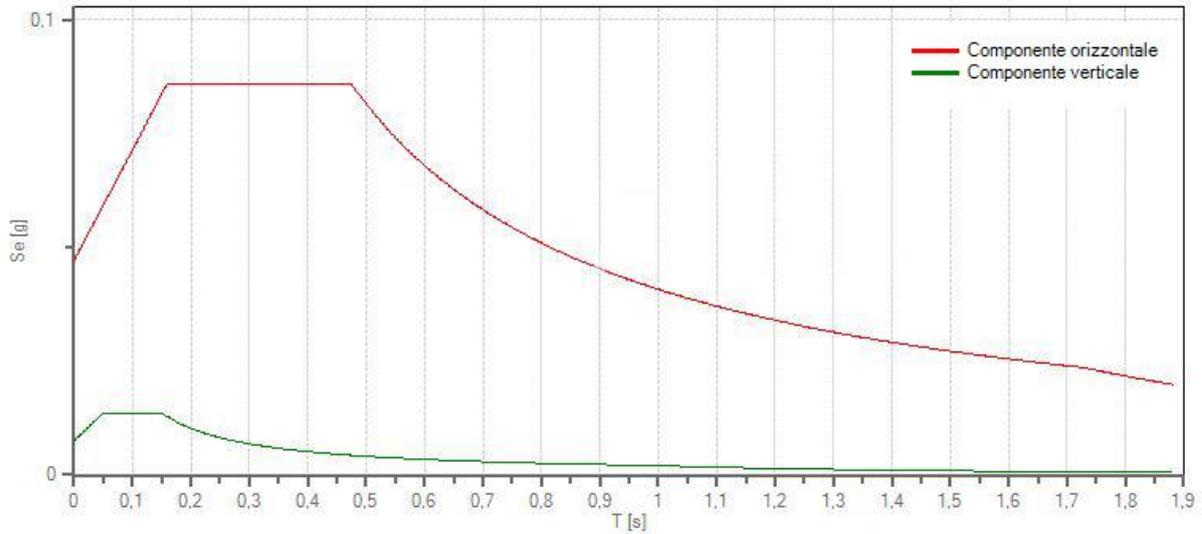


Figura 3.8.1/b: Spettro di progetto per lo stato limite SLV. In rosso è indicata la componente orizzontale mentre in verde quella verticale.

	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLD orizzontale	2	0,031	2,730	0,307	1,500	1,550	1,000	1,500	1,500	0,159	0,476	1,726
SLD verticale	2	0,031	2,730	0,307	1,500	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 28 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

4 CONCLUSIONI

Il presente elaborato, redatto in conformità con quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 “Norme tecniche sulle costruzioni” descrive in maniera completa ed esaustiva i passaggi compiuti per la definizione dell’azione sismica locale (RSL) da considerare durante la progettazione.

Gli interventi in progetto si sviluppano su un’area estesa per circa 12.3 km, lungo i quali si possono osservare caratteristiche geologiche e morfologiche differenti, pur con alcune peculiarità ricorrenti.

Dalla consultazione dei cataloghi sismici i pochi terremoti rilevati nel territorio regionale si sono verificati a parecchie decine di chilometri dalla Sardegna, e più precisamente nei mari a nord e sud dell’isola.

Il territorio interessato dal progetto è caratterizzato da una bassa sismicità e l’assenza di strutture tettoniche attive, che comporta ad una bassa pericolosità sismica. Tutto ciò è anche favorito dalla ridotta variabilità litologica e morfologica dell’intera area studiata.

L’area in progetto si contraddistingue per una morfologia pianeggiante con deboli pendenze, caratterizzati da terreni sedimentari di origine alluvionale ed eluvio colluviale, dove, le indagini di sismica attiva MASW e di sismica passiva ESAC eseguite, hanno permesso di classificarli come appartenenti alla **categoria di sottosuolo di tipo C**, con valori di V_{eq} compresi tra **265,46 m/sec** e **339,11 m/sec**.

Inoltre, le analisi condotte sulla base degli approcci semplificati, hanno portato alla restituzione dei parametri di accelerazione orizzontale massima (a_g), della categoria topografia e alla determinazione degli spettri di risposta elastica delle componenti verticali e orizzontali.

I coefficienti sismici determinati per il sito di riferimento possono essere schematicamente riassunti nello schema sottostante.

COEFFICIENTI SISMICI	STATI LIMITE	
	SLD	SLV
a_{max} (m/s ²)	0,462	0,881
k_h	0,022	0,034
k_v	0,011	0,017

Inoltre, le caratteristiche litologiche e idrogeologiche escludono la possibilità di fenomeni di liquefazione per gran parte del tracciato e l’assenza di strutture tettoniche attive riduce notevolmente la pericolosità sismica. Tutto ciò è anche favorito dalla ridotta variabilità litologica.

La non pericolosità sismica dall’area in studio è confermata anche dal fatto che essa non ricada all’interno di nessuna zona sismogenetica ZS9 (zonizzazione sismogenetica del territorio italiano).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-SIS-E-00010	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 29 di 29	Rev. 0a

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0031

BIBIOGRAFIA

- Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018, Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n.42.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>;
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15) redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2004 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);
- Data Base Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, INGV);
- Linee guida per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile, LG. n. 13, Comitato Italiano Gas (CIG), Edizione di Marzo 2009;
- M. Stucchi, C. Meletti, V. Montaldo (2007). Deliverable D1 Valutazione standard (10%, 475 anni) di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04.
- Meletti C. e Valensise G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9, Appendice 2 al Rapporto Conclusivo