

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 1 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

**RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE  
 LARINO-SORA-COLLEFFERRO  
 TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2  
 DN 350 (14”), DP 75 bar**

**RELAZIONE SISMICA**



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
1	Emissione per Permessi	Mieli	Gramigna	Barci	02/2024
0	Emissione per Permessi	Mieli	Gramigna	Barci	05/2023

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 2 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	3
<b>2</b>	<b>SISMICITÀ</b> .....	4
2.1	Classificazione sismica regionale e zonazione sismica.....	4
2.2	Sismicità storica .....	11
2.3	Pericolosità sismica del territorio.....	12
2.4	Pericolosità sismica di base del tracciato.....	13
2.5	Parametri sismici .....	17
2.6	Pericolosità sismica di sito.....	18
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLE AREE POTENZIALMENTE SUSCETTIBILI A LIQUEFAZIONE</b> .....	34
3.1	Storicità del fenomeno di liquefazione nel territorio .....	34
3.2	Studi di Microzonazione Sismica .....	36
3.3	Aree non coperte da studi di Microzonazione Sismica.....	40
3.4	Analisi areale per l'identificazione dei tratti potenzialmente suscettibili a liquefazione.....	43
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	45
	<b>ANNESSO 1 – VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO</b> .....	46
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	47
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	47
<b>3</b>	<b>DATI DI INPUT</b> .....	48
3.1	Caratteristiche della tubazione .....	48
3.2	Caratteristiche del terreno.....	48
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b> .....	49
4.1	Pericolosità sismica di base lungo il tracciato .....	49
4.2	Caratterizzazione della risposta sismica locale lungo il tracciato.....	52
<b>5</b>	<b>VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO</b> .....	62
5.1	Premessa.....	62
5.2	Verifica nel tratto di tubazione rettilineo .....	67
5.2.1	<i>Massima deformazione indotta dalle onde sismiche</i> .....	67
5.2.2	<i>Applicazione del criterio di verifica</i> .....	69
5.3	Verifica nel tratto di tubazione curvilineo.....	71
5.3.1	<i>Applicazione del criterio di verifica</i> .....	73
<b>6</b>	<b>TABELLE RIEPILOGATIVE DEI RISULTATI OTTENUTI</b> .....	74

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 3 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## 1 PREMESSA

Lo studio sismico cui si riferisce la presente relazione rientra nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento gasdotto di rete regionale Larino-Sora-Colleferro, Tratto Larino-Montagano – Lotto 2 DN 350 (14"), DP 75 bar", il quale prevede sia il rifacimento di nuove condotte e sia la dismissione di condotte esistenti comprese tra l'impianto N. 595 e l'impianto N. 785 (Impianto Skid di Montagano) del metanodotto "Larino – Colleferro – Sora", di proprietà di Società Gasdotti Italiana S.p.A., con relativa messa fuori esercizio della condotta e degli impianti esistenti.

L'opera in rifacimento presenta una lunghezza complessiva pari a 26,797 km e parte dal territorio comunale di Guardialfiera fino a terminare nel territorio comunale di Ripalimosani, interessando nel complesso 9 comuni (Guardialfiera, Casacalenda, Lupara, Morrone del Sannio, Castellino del Biferno, Petrella Tifernina, Matrice, Montagano e Ripalimosani), tutti ricadenti nel territorio Regionale del Molise in Provincia di Campobasso.

Lo scopo del presente documento è la caratterizzazione della sismicità del territorio attraversato dai metanodotti in progetto, con riferimento alla massima intensità epicentrale dei terremoti e alla classificazione sismica dei vari comuni interessati dall'opera.

Per la definizione di dettaglio della sismicità dell'area, nonché classificare il territorio sismico, per risalire alla classe di sismicità, al coefficiente sismico di progetto, alla sismicità storica, per caratterizzare la zona da un punto di vista sismotettonico, e per individuare la pericolosità sismica lungo il tracciato, sono stati acquisiti ed analizzati tutti i dati bibliografici, cartografici o d'archivio disponibili.

Il Rischio Sismico, determinato dalla combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione, è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

Lo studio è redatto in conformità con quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC del 17/01/2018.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 4 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

## 2 SISMICITÀ

### 2.1 Classificazione sismica regionale e zonazione sismica

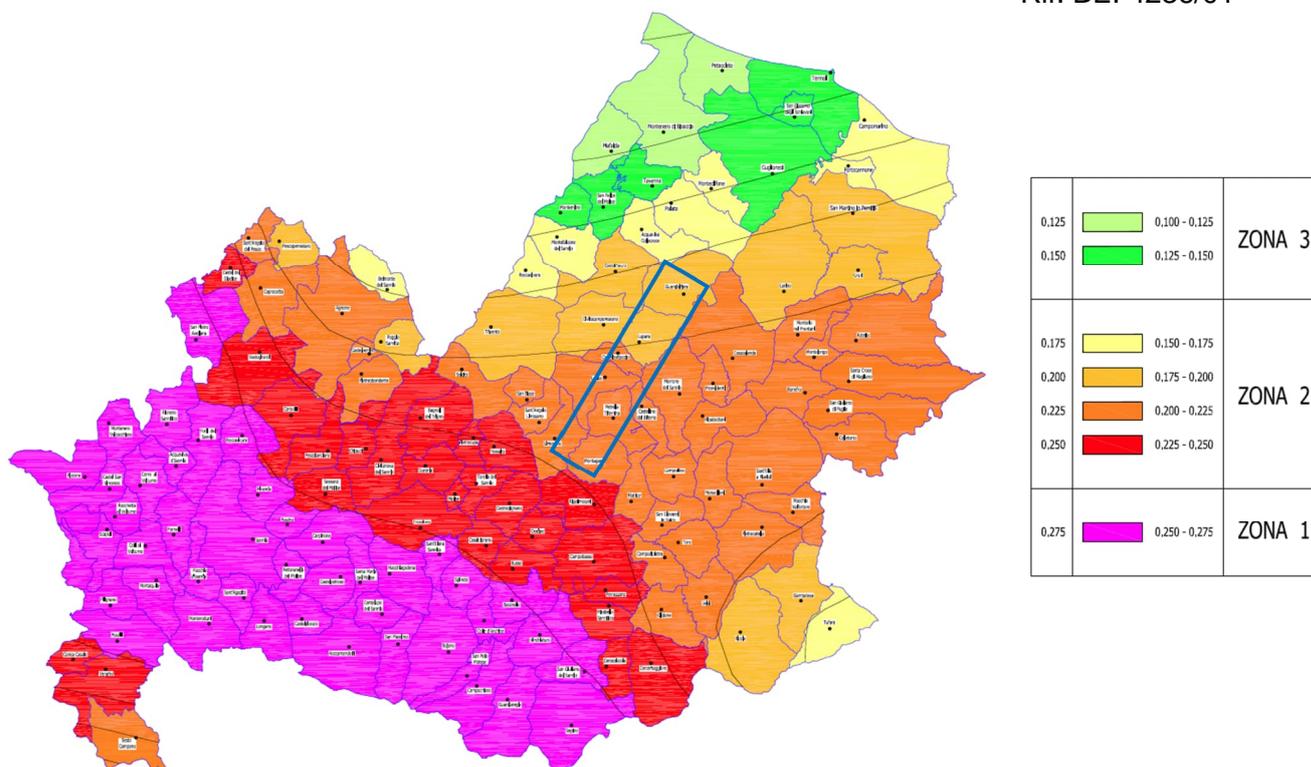
La Regione Molise ricade in un'area caratterizzata da sismicità significativa, che in passato ha rilasciato terremoti di elevata magnitudo. La massima intensità locale, tra l'VIII ed il IX grado MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), sarebbe stata raggiunta a San Giuliano di Puglia in occasione del sisma del 5 dicembre 1456, uno dei più importanti e rovinosi degli ultimi mille anni nell'Italia Centro Meridionale. Altri grandi terremoti per l'area molisana in una finestra temporale che si estende dall'anno 217 a.C. al 2002 mostra come il territorio sia stato caratterizzato da una sismicità regionale diffusa con la presenza non trascurabile di terremoti aventi magnitudo Magnitudo superficiale (Ms) > 6.0 (Molise 5/12/1456 Ms=6.7; Matese 5/6/1688 Ms = 7.3; Matese 26/7/1805 Ms = 6.7; Sannio 21/8/1962 Ms = 6.2). Più recente risulta il sisma che il 31 ottobre 2002 ha colpito una vasta area dell'Italia centro-meridionale, sui confini tra le regioni Molise e Puglia, scossa da una crisi tettonica, cui l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia ha indicato un'intensità 5.7 Magnitudo momento Mw, ritenuta dall'INGV "sicuramente la migliore stima della reale grandezza di un terremoto, essendo direttamente legata alle dimensioni e alla dislocazione della sorgente sismica". (Fonte: Struttura Commissariale Post-Sisma, Ottobre 2010, "Il Percorso della ricostruzione - Sisma Molise 2002").

Con l'O.P.C.M. n.3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il territorio nazionale viene classificato in quattro zone di rischio, includendo nella zona 4 (la meno pericolosa) tutti quei territori che erano stati esclusi da ogni classificazione sismica. Ad ogni zona viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia. Il provvedimento detta i principi generali, secondo i quali le regioni, cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio, compilano l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle 4 zone e la Regione Molise, con la legge n.13/2004 "Riclassificazione sismica del territorio regionale e nuova normativa sismica", ha recepito tale provvedimento. Tutti i comuni della Regione sono classificati sismici. Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale previsto dall'O.P.C.M. n.3274/2003, viene adottato con l'O.P.C.M. n.3519/2006, recepita a livello regionale dalla deliberazione di Consiglio n.194/2006, che introduce degli intervalli di accelerazioni (ag) da attribuire alle 4 zone sismiche. L'ordinanza divide tutto il territorio italiano in 4 zone sismiche, individuate da 4 classi di accelerazione di picco orizzontale del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Con il D.M. 14/01/2008 i valori di pericolosità vengono addirittura calcolati in maniera puntuale. Sia la pericolosità indicata nell'OPCM 3519/06 che quella nel D.M. 14/01/2008 traggono origine dallo studio di pericolosità del territorio nazionale fatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (MPS04) (Fig. 2.1.1).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 5 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01



**Fig. 2.1.1** – Mappa di pericolosità sismica della Regione Molise. Poligono blu: area di studio.

La tabella 2.1.1 riporta i dati di classificazione sismica regionale dei comuni interessati dal tracciato del gasdotto in progetto e dei valori di ag (accelerazione massima del suolo) di base riscontrati nei medesimi territori. In particolare, per l'accelerazione massima al suolo (ag) sono riportati i valori su roccia per un periodo di ritorno di 475 anni e confronto con i valori di ancoraggio previsti dalla Deliberazione della Giunta Regionale (Regione Molise) n. 1171 del 2 agosto 2006.

Comune	Zona ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 e ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale n. 1171 (2006)	Valori di ag con prob. di sup. 10% in 50 anni (MPS04)	Valori ag di ancoraggio previsti dalla Deliberazione della Giunta Regionale (Regione Molise) n. 1171 del 2 agosto 2006
Guardialfiera	2	0.190	0.200
Casacalenda	2	0.207	0.225
Lupara	2	0.198	0.200
Morrone del Sannio	2	0.210	0.225

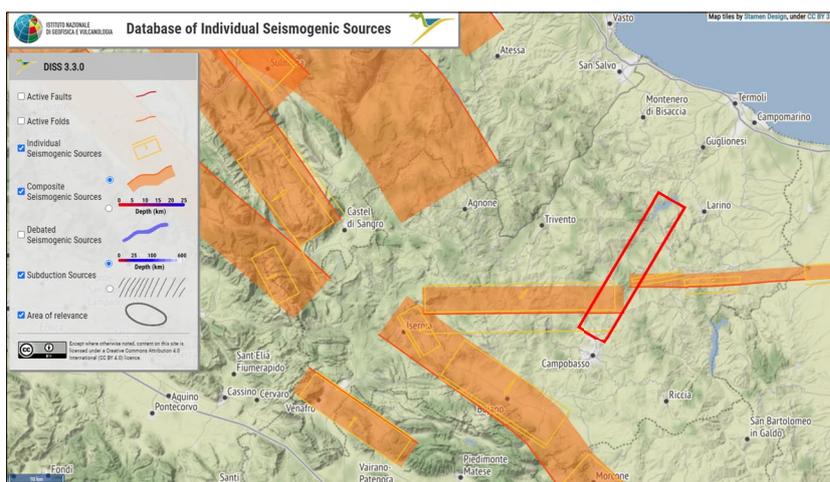
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 6 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

Comune	Zona ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 e ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale n. 1171 (2006)	Valori di ag con prob. di sup. 10% in 50 anni (MPS04)	Valori ag di ancoraggio previsti dalla Deliberazione della Giunta Regionale (Regione Molise) n. 1171 del 2 agosto 2006
Castellino del Biferno	2	0.210	0.225
Petrella Tifernina	2	0.215	0.225
Matrice	2	0.220	0.225
Montagano	2	0.222	0.225
Ripalimosani	2	0.225	0.250

**Tabella 2.1.1** – Zonizzazione sismica e valori di ag per i Comuni interessati dal tracciato del gasdotto in progetto.

Il grado di pericolosità sismica del territorio in esame risulta in prevalenza legato alla presenza di aree sismogenetiche situate in posizione geografica prossimale. L'incidenza di tale aspetto appare evidente consultando lo strumento cartografico DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), infatti come si può osservare nello stralcio del DISS riportato in figura 2.1.2, il sito in esame è interessato da due sorgenti sismogenetiche composite.



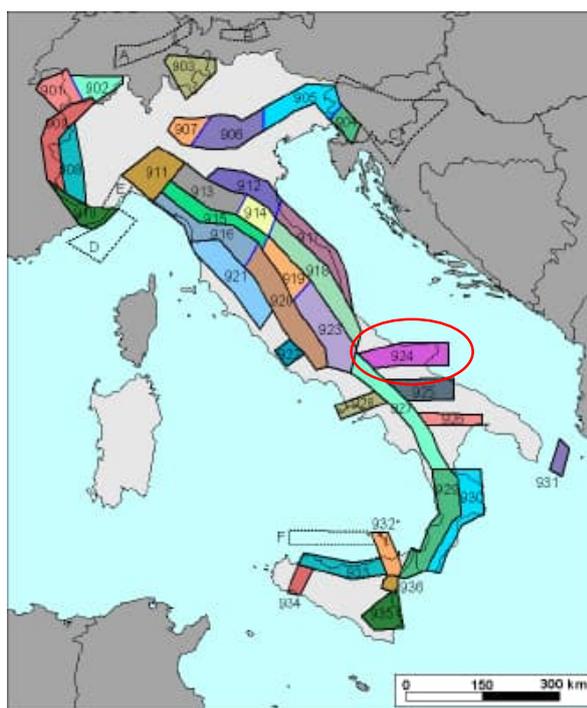
**Fig. 2.1.2** – Stralcio del Database of Individual Seismogenic Source. Il poligono rosso indica l'area di studio.

Una sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura dedotta basata su dati geologici superficiali e sotterranei regionali che vengono sfruttati ben oltre la semplice identificazione di faglie attive o caratteristiche tettoniche giovanili. Tuttavia, la durata delle rotture

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 7 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

sismiche previste è poco definita o sconosciuta; quindi, una tipica sorgente sismogenetica composita comprende un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche individuali. Di conseguenza, non si presume che le fonti di questa categoria siano capaci di un terremoto di dimensioni specifiche, ma l'analisi della velocità del momento tettonico e i cataloghi dei terremoti possono aiutare a stimare il loro potenziale sismico. A differenza delle sorgenti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza della registrazione delle potenziali sorgenti sismiche, anche se ciò può implicare una minore accuratezza nella loro descrizione. Le sorgenti sismogenetiche composite possono quindi contribuire allo sviluppo di analisi di rischio probabilistiche regionali e allo studio di processi geodinamici su larga scala insieme alla sismicità e ai moderni dati di deformazione. Queste due sorgenti sono inglobate nella zona 924 (Fig. 2.1.3) della nuova zonazione sismica denominata ZS9 (realizzata dall'INGV a cura di C. Meletti e G. Valensise, marzo 2004).



**Fig. 2.1.3** – Zonizzazione sismogenetica ZS9 (C. Meletti e G. Valensise, 2004).

La zona 924 appartiene all'Appennino meridionale e avampaese apulo, ovvero il settore appenninico tra la Majella e il Pollino. In questa zona sismogenetica, orientata circa Est-Ovest si colloca tutta la sismicità dell'area e include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002. Nella zonazione ZS9 è stato, inoltre, determinato per ogni ZS lo strato sismogenetico e, al suo interno, il valore della "profondità efficace", vale a dire quella profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 8 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

determina la pericolosità della zona. Lo strato sismogenetico è stato definito come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, ovvero quell'intervallo in cui presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici. Questa affermazione è basata sulle seguenti assunzioni:

- a) l'accadimento di eventi sismici indica che il materiale crostale da essi interessato è di natura fragile e sottoposto a un carico tettonico;
- b) il comportamento sismico del materiale determina la distribuzione di eventi in profondità e viceversa.

Lo strato sismogenetico è stato definito convenzionalmente come l'intervallo di profondità che ha generato il 90% degli eventi che ricadono all'interno di ogni zona. I limiti superiore e inferiore dello strato sismogenetico sono stati quindi individuati alle profondità che includono un numero di eventi cumulato pari rispettivamente al 5% e al 95% del totale.

Per tener conto di tutte le incertezze, legate agli aspetti puramente statistici dei dati, e del fatto che un valore unico di profondità può non essere rappresentativo dell'intero strato sismogenetico, le profondità efficaci sono state classificate nelle seguenti 4 classi di profondità: 1-5 km; 5-8 km; 8-12 km; 12-20 km. La classe di profondità rappresenta la maggior parte degli eventi. I valori delle profondità efficaci per la zonazione di tutto il territorio nazionale sono riportati in tabella 2.1.2. La ZS 924 rientra nella classe di profondità 12-20 km, con profondità efficace di 13 km.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 9 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

**Tabella 2.1.2** – Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche della ZS9 sulla base del valore della moda (Md) delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002).

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata, dunque, da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazioni stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica. Infatti, in seguito all’emanazione dell’O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274, dopo l’elaborazione della ZS9, è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell’INGV un documento denominato “Redazione della mappa di pericolosità sismica”.

La pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo. Tale parametro è espresso generalmente in termini di accelerazione al “bedrock” mediante metodi probabilistici che consentono di

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 10 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

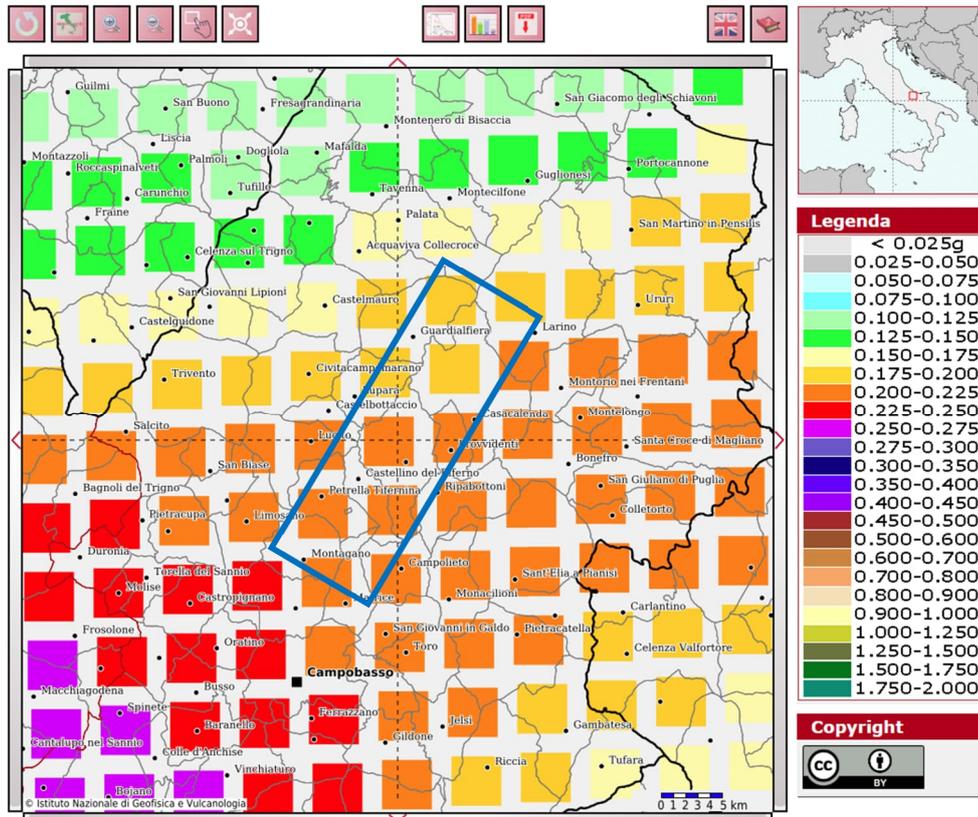
Rif. BE: 4236/01

associare una probabilità, e quindi una incertezza, ad un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

In base a questo approccio, e secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche del 2018, l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 50 anni.

Di seguito si riporta la pericolosità sismica relativa al territorio interessato dal tracciato del gasdotto in cui si evince che il valore di  $a_g$  è compreso tra 0,175 e 0,225 (Figura 2.1.4). Tali valori sono conformi ai parametri di  $a_g$  definiti ai sensi dell'Ordinanza del 3907 del 2010.



**Fig. 2.1.4** – Mappa di Pericolosità Sismica per i comuni interessati dalla realizzazione del gasdotto in progetto espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni). L'area è indicata dal poligono blu.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 11 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## 2.2 Sismicità storica

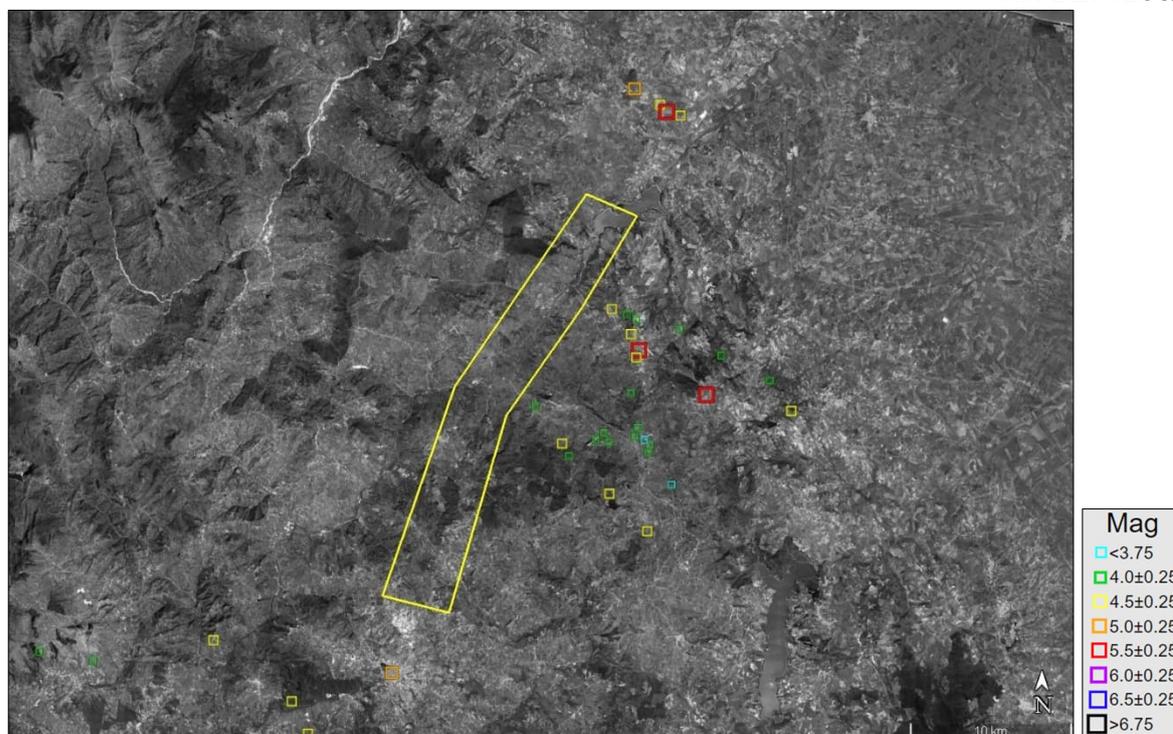
Il Molise è caratterizzato da alcuni terremoti molto forti localizzati all'interno del territorio regionale o nelle sue immediate vicinanze, ma anche terremoti avvenuti in Campania, Puglia e Abruzzo hanno prodotto effetti molto gravi in area molisana. Il terremoto più importante, uno dei più distruttivi della storia sismica italiana, è quello del **5 dicembre 1456**, quando una fortissima scossa (**magnitudo Mw 7.2**) causò distruzioni in un'area molto vasta dell'Italia centro-meridionale. In Abruzzo, Molise, Campania e Basilicata circa cento località subirono danni gravissimi: Isernia e Bojano restarono praticamente distrutte e Napoli, Benevento e Campobasso furono gravemente danneggiate. La vastità dell'area interessata dagli effetti maggiori è tale da far pensare che quello che le testimonianze contemporanee percepiscono come un unico catastrofico terremoto sia stato in realtà una successione di diversi forti eventi, avvenuti quasi contemporaneamente lungo la catena appenninica.

Molto forte fu anche il terremoto del **26 luglio 1805 (Mw 6.6)** che causò distruzione ed effetti gravissimi in una ventina di località tra Isernia e Campobasso, tra cui la stessa Isernia. Gravi danni e numerosi crolli si verificarono anche a Campobasso e in circa altri venti paesi.

Oltre ad alcuni terremoti relativamente minori della zona di Isernia (**1882, Mw 5.3**) e Campobasso (**1885**) – quest'ultimo in fase di revisione e fortemente ridimensionato – degni di nota sono alcuni grandi eventi avvenuti nelle regioni vicine che hanno prodotto danni molto gravi anche in territorio molisano. Fra questi, uno degli eventi della **sequenza appenninica del settembre 1349 (Mw 6.6)**, il terremoto garganico del **30 luglio 1627 (Mw 6.7)**, che produsse danni anche in alcune località della costa molisana e il terremoto del **5 giugno 1688 (Mw 7.0)** nel Sannio che produsse danni gravi a Campobasso.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 12 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01



**Fig. 2.2.1** – Distribuzione della sismicità storica negli ultimi mille anni (fonte: INGV - CPTI15).

### 2.3 Pericolosità sismica del territorio

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC 2018 e di dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

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

Per la determinazione delle azioni sismiche (con riferimento agli allegati A e B del D.M. 14/01/2008) viene definitivamente abbandonato il concetto di "Zone Sismiche", il documento introduce un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio.

Tale griglia è costituita da 10751 nodi (distanziati non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convezioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica dell'INGV è costituita da mappe di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Le

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 13 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Norme Tecniche utilizzano gli stessi nodi su cui sono state condotte le stime di pericolosità sismica da parte di INGV.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> o dai vari software che consentono il calcolo dei parametri sismici e relativi spettri di risposta.

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

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

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

Ai fini della valutazione delle azioni sismiche, noti i parametri di progetto, deve essere però valutate anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie (risposta sismica locale).

## 2.4 Pericolosità sismica di base del tracciato

Il tracciato del gasdotto in oggetto attraversa, per tutto il suo percorso, aree caratterizzate da morfologia collinare. Con riferimento al contesto litostratigrafico e tettonico del corridoio interessato dal tracciato del gasdotto è possibile utilizzare, per la definizione della pericolosità sismica, l'approccio semplificato, in quanto non sono stati individuati tratti in cui si possono verificare amplificazioni sismiche significative.

### Categorie di sottosuolo

Per lo studio della pericolosità sismica di base, è necessario valutare di quanto variano i valori dell'accelerazione massima su suolo rigido di riferimento, attraverso la propagazione dalla zona d'origine (sorgente sismica) alla superficie. La norma consente la stima della risposta sismica locale mediante la valutazione delle caratteristiche dei terreni sciolti disposti a ricoprimento della formazione rigida (effetti "locale").

Con riferimento alla carta geologica disponibile ed alle osservazioni eseguite in campo, il tracciato in progetto intercetta sedimenti principalmente argillosi pelitici, arenarie, sabbie e conglomerati e formazioni calcaree. In considerazione che allo stato attuale non sono disponibili misure di  $V_s$  lungo il tracciato del gasdotto, si è optato in modo cautelativo, di attribuire la

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 14 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

categoria (di massima) di sottosuolo **C**, ossia “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

La reale categoria di sottosuolo sarà definita con la campagna di indagini geofisiche previste per le fasi progettuali successive, la quale prevede, tra l'altro, la realizzazione di n. 12 tomografie sismiche lungo il tracciato in progetto.

Con tale categoria di sottosuolo è stata ipotizzata la pericolosità sismica lungo il tracciato considerando l'intervallo di valori di accelerazione massima al suolo (0,175-0,225) secondo la pericolosità sismica di riferimento in PGA (Peak Ground Acceleration) riscontrati nella Mappa di Pericolosità Sismica pubblicata sul sito dell'INGV (Fig. 2.1.4).

#### **Vita Nominale - $V_N$**

La normativa (NTC 2018) definisce la Vita Nominale  $V_N$  delle strutture (paragrafo 2.4.1 del NTC 2018) a cui si associano tre tipi di costruzioni con diverso valore, espresso in anni, della loro durata come definito al variare della classe d'uso.

La struttura in oggetto sarà progettata, come grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica considerando una  **$V_N = 100$  anni**.

#### **Classe d'uso - $C_U$**

La normativa definisce in presenza di azione sismica quattro classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso – paragrafo 2.4.2 del NTC 2018) a cui si associa un coefficiente d'uso ( $C_U$ ).

Nel caso in esame, l'opera in progetto rientra in:

#### **Classe d'uso IV → Coefficiente $C_U = 2$**

#### **Periodo di riferimento per l'azione sismica – $V_R$**

La normativa NTC 2018 prevede, quindi, la definizione di un periodo di riferimento  $V_R$  per le azioni sismiche su ciascuna costruzione ottenibile dalla formula:  $V_R = V_N \times C_U$

Dove  $V_N$  è la vita nominale di un'opera strutturale intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel nostro caso, il periodo di riferimento:

$$V_R = 100 \times 2 = 200$$

#### **Azione sismica**

#### Stati limite e relative probabilità di superamento

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 15 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

La normativa (D.M.–NTC 2018) nei confronti delle azioni definisce quattro stati limite, al fine di indicare il comportamento, in chiave sismica, che dovrà sopportare la struttura in progetto: Stati limite di esercizio (Stato Limite di Operatività e Stato Limite di Danno) e stati limite ultimi (Stato Limite di salvaguardia della Vita e Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento  $P_{VR}$  ovvero, la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di ag prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza come indicato nella tabella seguente.

Stati limite			$P_{VR}$
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di operatività	SLO	81 %
	Stato limite di danno	SLD	63 %
Stati limite ultimi (SLU)	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10 %
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5 %

**Tabella 2.4.1** – Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $V_R$ .

### Tempo di ritorno

Noti  $P_{VR}$  e  $V_R$  si ottiene il tempo di ritorno (anni), attraverso la formula:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Poiché è  $V_R = 200$  anni, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà:

Stati limite			$T_R$
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di operatività	SLO	120
	Stato limite di danno	SLD	201
Stati limite ultimi (SLU)	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	1898
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	2475

**Tabella 2.4.2** – Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$ .

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 16 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

### Condizioni topografiche

Le categorie topografiche definite dalla NTC 2018 si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica.

Nel caso del progetto in esame si considera la categoria topografica **T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

### Amplificazione stratigrafica

In base alla stratigrafia ricostruita attraverso dati bibliografici e da rilievi diretti in campo i fattori di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e  $C_c$  possono essere ricavati mediante le espressioni fornite nella tabella seguente, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi:

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

**Tabella 2.4.3** – Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$ .

### Amplificazione topografica

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$ , riportati nella tabella seguente.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 17 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

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

**Tabella 2.4.4** – Categorie topografiche.

Per l'area di intervento si indica un coefficiente di amplificazione topografico  $S_T = 1,0$ .

## 2.5 Parametri sismici

Al fine di individuare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto del territorio indagato, è stato utilizzato un programma freeware (Geostru PS 2018) i cui risultati, riferiti ad uno stato limite, sono riassunti e riportati di seguito. Il software permette di calcolare i parametri di pericolosità sismica sulla base delle coordinate del punto.

L'elaborazione sismica è stata effettuata su cinque punti del tracciato maggiormente significativi per quanto riguarda i valori di PGA (Peak Ground Acceleration), ossia un intervallo compreso tra 0,175-0,225 riscontrato nella Mappa di Pericolosità Sismica fornita sul sito dall'INGV.

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei cinque siti presi in esame, nei terreni caratterizzati come sottosuolo di tipo C. Inoltre, sono stati considerati i seguenti parametri comuni a tutte le elaborazioni eseguite:

- Vita nominale ( $V_N$ ): 100 [anni];
- Classe d'uso: IV;
- Coefficiente d'uso ( $C_U$ ): 2;
- Periodo di riferimento ( $V_R$ ): 200 [anni];
- Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLO: 120[anni];
- Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLD: 201 [anni];
- Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLV: 1898 [anni];
- Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLC: 2475 [anni];
- Tipo di interpolazione: Media ponderata.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 18 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

- Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%;
- Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000;
- Categoria sottosuolo **C**;
- Categoria topografica **T1**.

## 2.6 Pericolosità sismica di sito

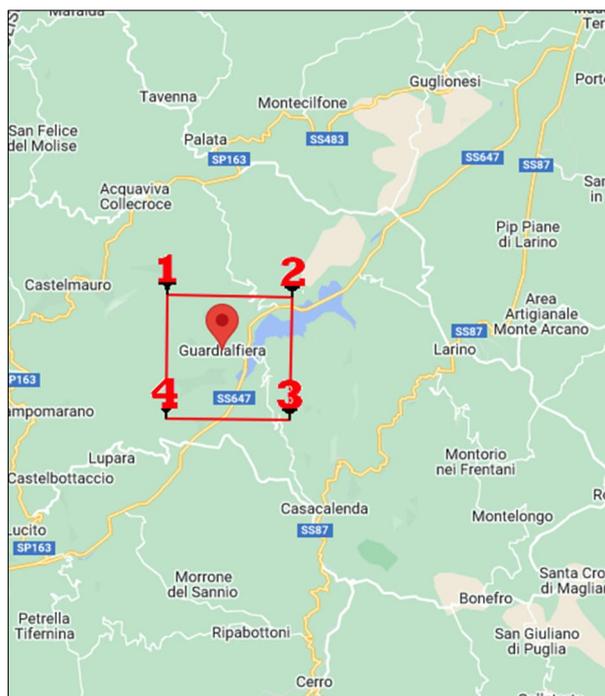
Sono stati scelti lungo il tracciato, a partire dal lato valle, cinque punti dove eseguire l'elaborazione sismica:

1. **Sito A (Guardialfiera - 41.804537,14.793751)**: valori di PGA compresi tra 0,190 e 0,200;
2. **Sito B (Lupara - 41.763165,14.740426)**: valori di PGA compresi tra 0,198 e 0,200;
3. **Sito C (Petrella Tifernina - 41.692838,14.698086)**: valori di PGA compresi tra 0,215 e 0,225;
4. **Sito D (Montagano - 41.655250,14.670443)**: valori di PGA compresi tra 0,222 e 0,225;
5. **Sito E (Ripalimosani - 41.611781,14.663922)**: valori di PGA compresi tra 0,225 e 0,250;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 19 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### Sito A (Guardialfiera)



**Fig. 2.6.1** – Ubicazione del sito A, con i vertici della maglia di appartenenza.

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.804537 [°]

Longitudine (WGS84): 14.793751 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.105	2.506	0.326
SLD	201	0.132	2.523	0.335
SLV	1898	0.315	2.457	0.364
SLC	2475	0.347	2.453	0.367

**Tabella 2.6.1** – Parametri della pericolosità sismica per i diversi stati limite.



PROGETTISTA



COMMESSA  
5733-1

UNITA'  
001

LOCALITÀ  
REGIONE MOLISE

SPC. RT-D-0003

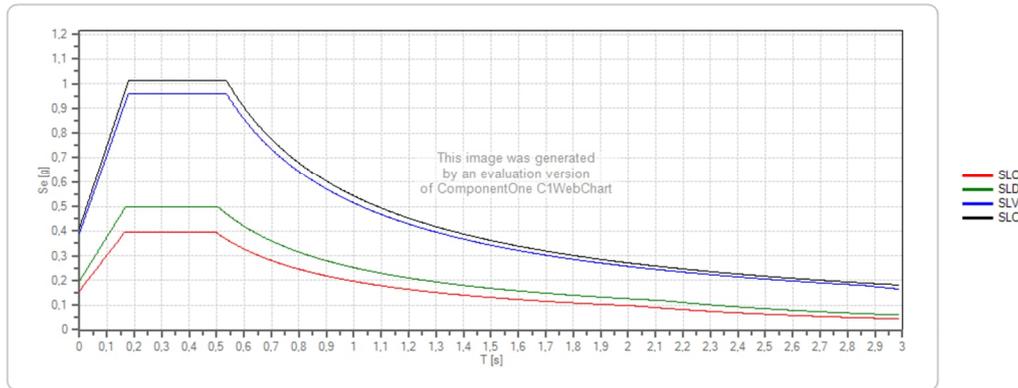
IMPIANTO  
RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE  
LARINO - SORA - COLLEFERRO  
TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2  
DN 350 (14") DP 75 bar

Pagina 20 di 84

Rev.  
1

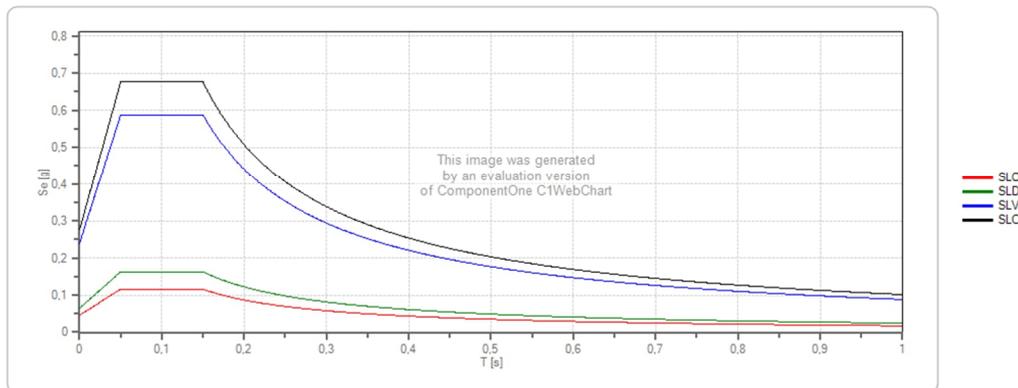
Rif. BE: 4236/01

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,105	2,506	0,326	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,165	0,496	2,021
SLD	2	0,132	2,523	0,335	1,500	1,510	1,000	1,500	1,000	0,168	0,505	2,127
SLV	2	0,315	2,457	0,364	1,240	1,470	1,000	1,240	1,000	0,178	0,535	2,861
SLC	2	0,347	2,453	0,367	1,190	1,460	1,000	1,190	1,000	0,179	0,536	2,987

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,105	2,506	0,326	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,132	2,523	0,335	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,315	2,457	0,364	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,347	2,453	0,367	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 21 di 84	<b>Rev.</b> 1

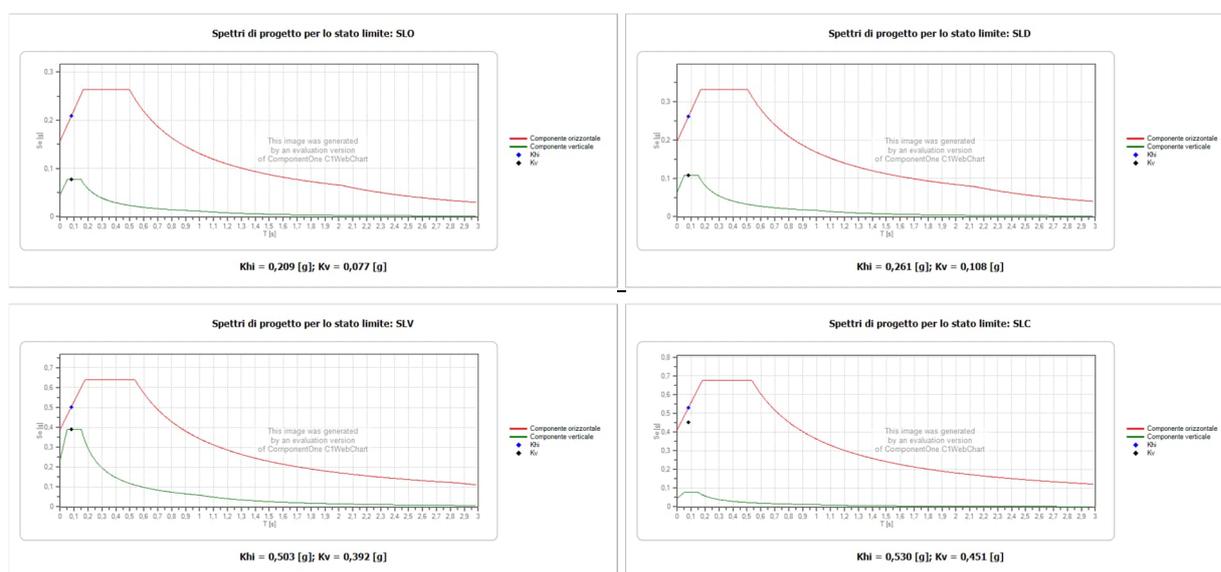
Rif. BE: 4236/01

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 0,08 [s]



	cu	ag [g]	F0	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,105	2,506	0,326	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,165	0,496	2,021
SLO verticale	2	0,105	2,506	0,326	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLD orizzontale	2	0,132	2,523	0,335	1,500	1,510	1,000	1,500	1,500	0,168	0,505	2,127
SLD verticale	2	0,132	2,523	0,335	1,500	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLV orizzontale	2	0,315	2,457	0,364	1,240	1,470	1,000	1,240	1,500	0,178	0,535	2,861
SLV verticale	2	0,315	2,457	0,364	1,240	1,470	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLC orizzontale	2	0,347	2,453	0,367	1,190	1,460	1,000	1,190	1,500	0,179	0,536	2,987
SLC verticale	2	0,347	2,453	0,367	1,190	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 22 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### Sito B (Lupara)



**Fig. 2.6.2** – Ubicazione del sito B, con i vertici della maglia di appartenenza.

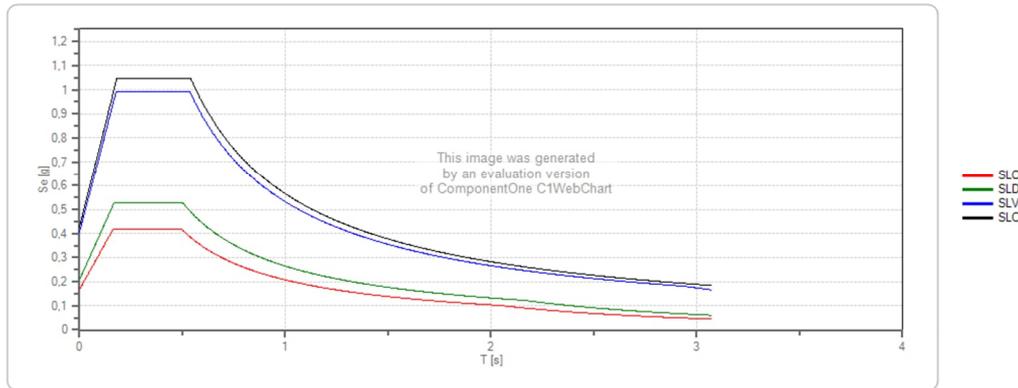
Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.763165 [°]

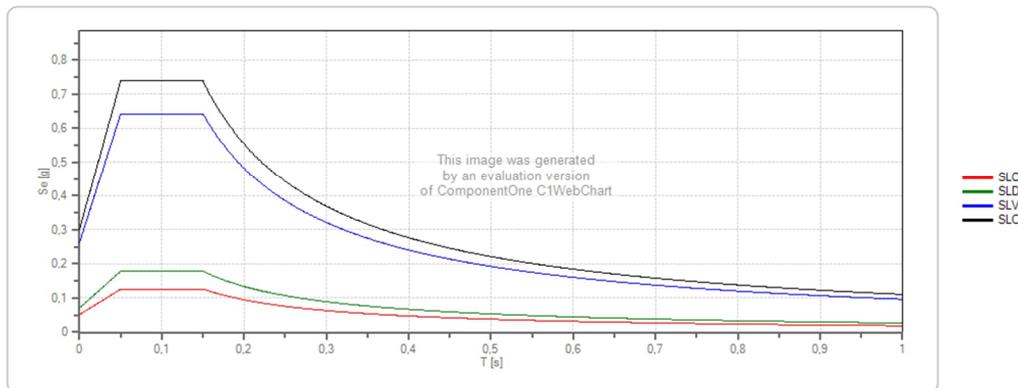
Longitudine (WGS84): 14.740426 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.112	2.496	0.325
SLD	201	0.141	2.513	0.333
SLV	1898	0.336	2.447	0.367
SLC	2475	0.369	2.444	0.371

**Tabella 2.6.2** – Parametri della pericolosità sismica per i diversi stati limite.

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,112	2,496	0,325	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,165	0,494	2,049
SLD	2	0,141	2,513	0,333	1,490	1,510	1,000	1,490	1,000	0,168	0,503	2,162
SLV	2	0,336	2,447	0,367	1,210	1,460	1,000	1,210	1,000	0,178	0,535	2,943
SLC	2	0,369	2,444	0,371	1,160	1,460	1,000	1,160	1,000	0,181	0,542	3,074

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,112	2,496	0,325	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,141	2,513	0,333	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,336	2,447	0,367	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,369	2,444	0,371	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 24 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

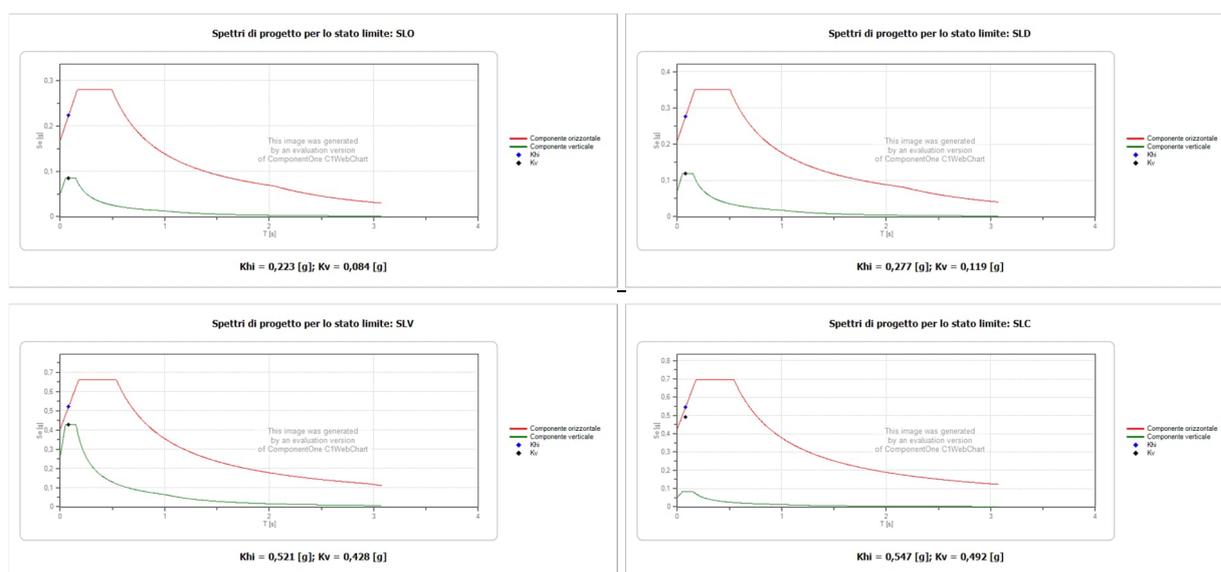
Rif. BE: 4236/01

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 0,08 [s]

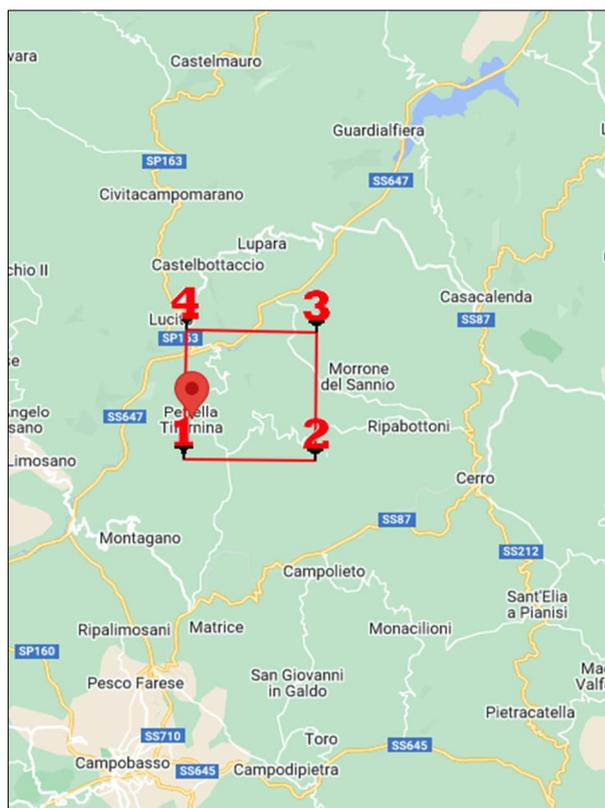


	cu	ag [g]	F0	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,112	2,496	0,325	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,165	0,494	2,049
SLO verticale	2	0,112	2,496	0,325	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLD orizzontale	2	0,141	2,513	0,333	1,490	1,510	1,000	1,490	1,500	0,168	0,503	2,162
SLD verticale	2	0,141	2,513	0,333	1,490	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLV orizzontale	2	0,336	2,447	0,367	1,210	1,460	1,000	1,210	1,500	0,178	0,535	2,943
SLV verticale	2	0,336	2,447	0,367	1,210	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLC orizzontale	2	0,369	2,444	0,371	1,160	1,460	1,000	1,160	1,500	0,181	0,542	3,074
SLC verticale	2	0,369	2,444	0,371	1,160	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 25 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### Sito C (Petrella Tifernina)



**Fig. 2.6.3** – Ubicazione del sito C, con i vertici della maglia di appartenenza.

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.692838 [°]

Longitudine (WGS84): 14.698086 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.119	2.487	0.323
SLD	201	0.150	2.505	0.332
SLV	1898	0.355	2.444	0.372
SLC	2475	0.390	2.438	0.377

**Tabella 2.6.3** – Parametri della pericolosità sismica per i diversi stati limite.



PROGETTISTA



COMMESSA  
5733-1

UNITA'  
001

LOCALITÀ  
REGIONE MOLISE

SPC. RT-D-0003

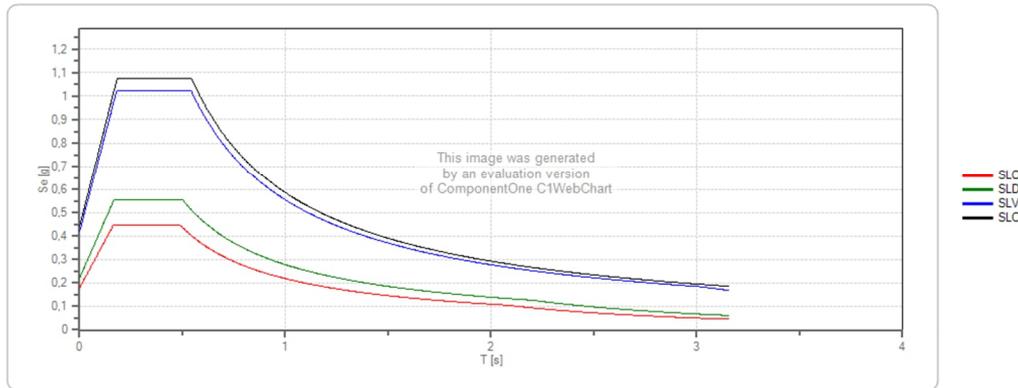
IMPIANTO  
RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE  
LARINO - SORA - COLLEFERRO  
TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2  
DN 350 (14") DP 75 bar

Pagina 26 di 84

Rev.  
1

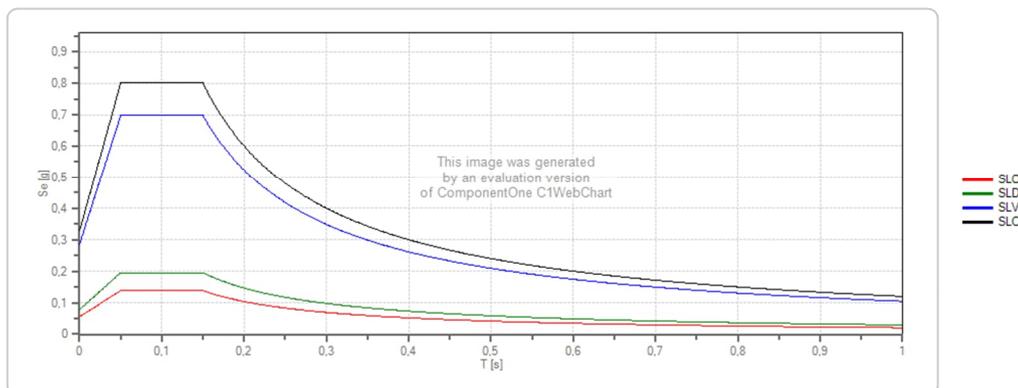
Rif. BE: 4236/01

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,119	2,487	0,323	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,164	0,491	2,077
SLD	2	0,150	2,505	0,332	1,480	1,510	1,000	1,480	1,000	0,167	0,502	2,198
SLV	2	0,355	2,444	0,372	1,180	1,460	1,000	1,180	1,000	0,181	0,542	3,020
SLC	2	0,390	2,438	0,377	1,130	1,450	1,000	1,130	1,000	0,182	0,546	3,159

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,119	2,487	0,323	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,150	2,505	0,332	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,355	2,444	0,372	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,390	2,438	0,377	1,000	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 27 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

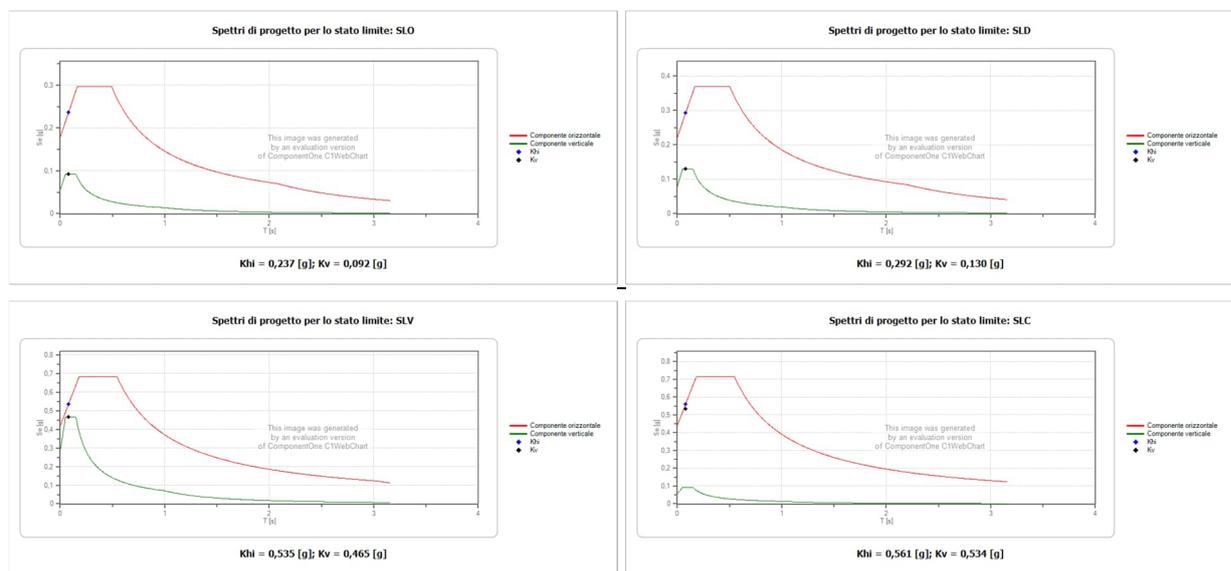
Rif. BE: 4236/01

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 0,08 [s]

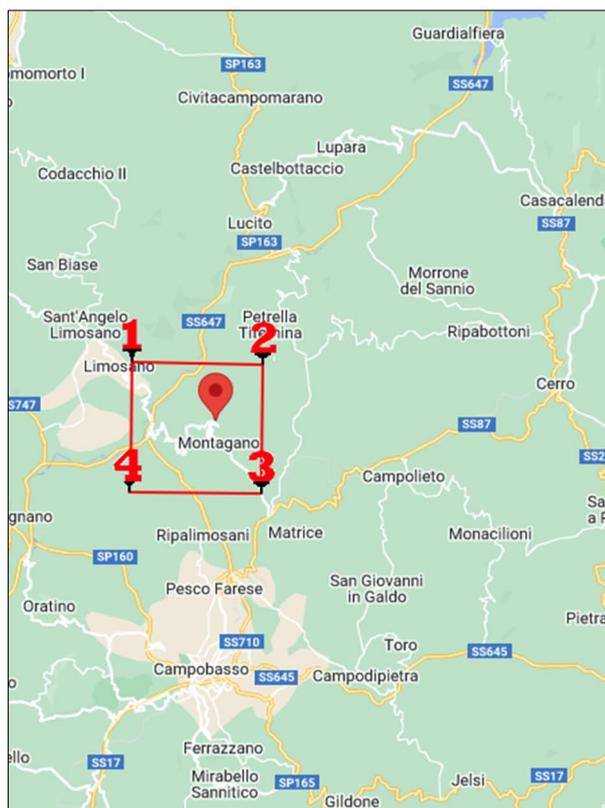


	cu	ag [g]	F0	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,119	2,487	0,323	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,164	0,491	2,077
SLO verticale	2	0,119	2,487	0,323	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLD orizzontale	2	0,150	2,505	0,332	1,480	1,510	1,000	1,480	1,500	0,167	0,502	2,198
SLD verticale	2	0,150	2,505	0,332	1,480	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLV orizzontale	2	0,355	2,444	0,372	1,180	1,460	1,000	1,180	1,500	0,181	0,542	3,020
SLV verticale	2	0,355	2,444	0,372	1,180	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLC orizzontale	2	0,390	2,438	0,377	1,130	1,450	1,000	1,130	1,500	0,182	0,546	3,159
SLC verticale	2	0,390	2,438	0,377	1,130	1,450	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 28 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### Sito D (Montagano)



**Fig. 2.6.4** – Ubicazione del sito D, con i vertici della maglia di appartenenza.

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.655250 [°]

Longitudine (WGS84): 14.670443 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.122	2.475	0.325
SLD	201	0.154	2.493	0.335
SLV	1898	0.368	2.422	0.391
SLC	2475	0.404	2.408	0.403

**Tabella 2.6.4** – Parametri della pericolosità sismica per i diversi stati limite.



PROGETTISTA



COMMESSA  
5733-1

UNITA'  
001

LOCALITÀ  
REGIONE MOLISE

SPC. RT-D-0003

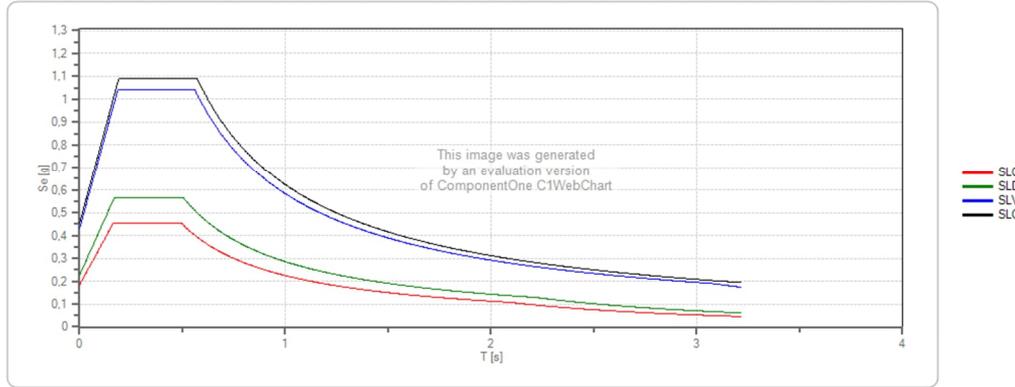
IMPIANTO  
RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE  
LARINO - SORA - COLLEFERRO  
TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2  
DN 350 (14") DP 75 bar

Pagina 29 di 84

Rev.  
1

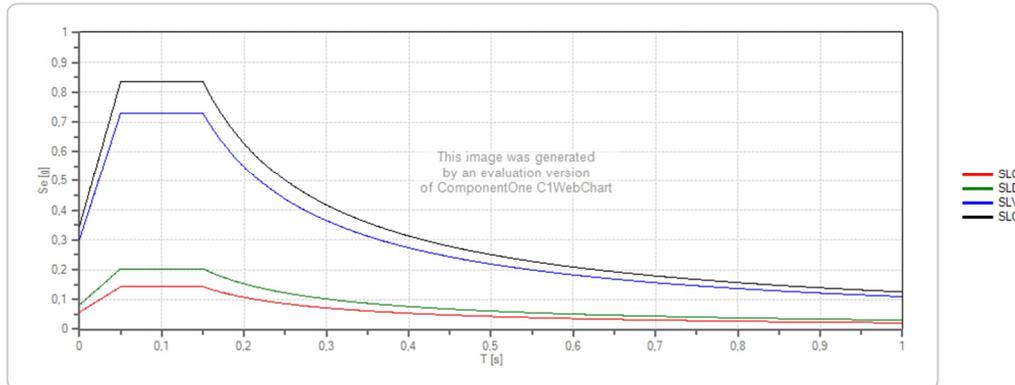
Rif. BE: 4236/01

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,122	2,475	0,325	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,165	0,494	2,090
SLD	2	0,154	2,493	0,335	1,470	1,510	1,000	1,470	1,000	0,169	0,506	2,216
SLV	2	0,368	2,422	0,391	1,170	1,430	1,000	1,170	1,000	0,187	0,560	3,072
SLC	2	0,404	2,408	0,403	1,120	1,420	1,000	1,120	1,000	0,191	0,572	3,218

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,122	2,475	0,325	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,154	2,493	0,335	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,368	2,422	0,391	1,000	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,404	2,408	0,403	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 30 di 84	<b>Rev.</b> 1

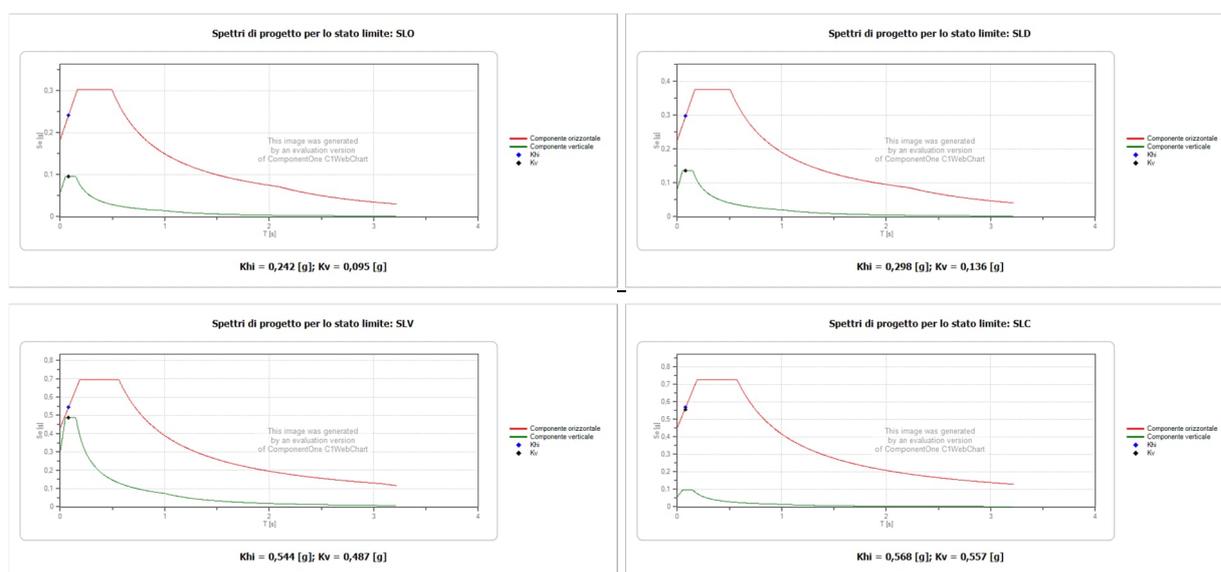
Rif. BE: 4236/01

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 0,08 [s]

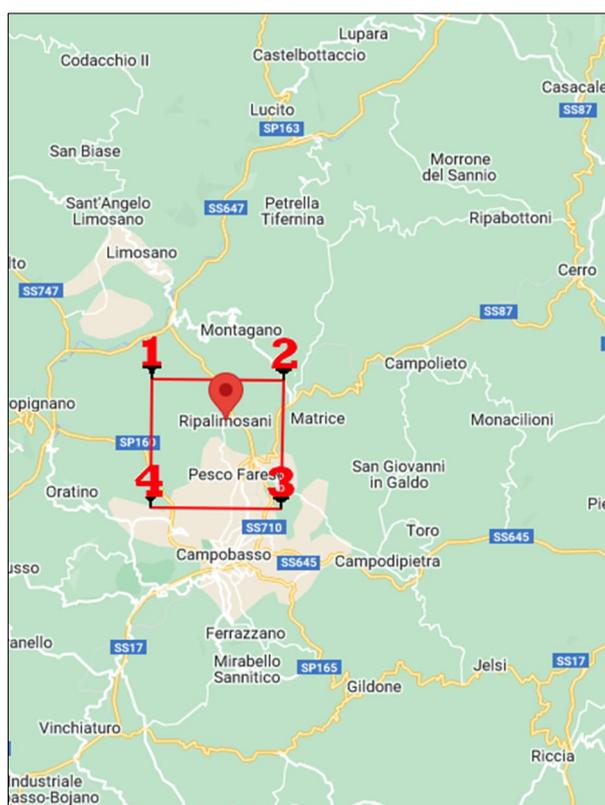


	cu	ag [g]	F0	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,122	2,475	0,325	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,165	0,494	2,090
SLO verticale	2	0,122	2,475	0,325	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLD orizzontale	2	0,154	2,493	0,335	1,470	1,510	1,000	1,470	1,500	0,169	0,506	2,216
SLD verticale	2	0,154	2,493	0,335	1,470	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLV orizzontale	2	0,368	2,422	0,391	1,170	1,430	1,000	1,170	1,500	0,187	0,560	3,072
SLV verticale	2	0,368	2,422	0,391	1,170	1,430	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLC orizzontale	2	0,404	2,408	0,403	1,120	1,420	1,000	1,120	1,500	0,191	0,572	3,218
SLC verticale	2	0,404	2,408	0,403	1,120	1,420	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 31 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### Sito E (Montagano)



**Fig. 2.6.5** – Ubicazione del sito E, con i vertici della maglia di appartenenza.

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.611781 [°]

Longitudine (WGS84): 14.663922 [°]

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.124	2.455	0.328
SLD	201	0.157	2.479	0.338
SLV	1898	0.380	2.405	0.405
SLC	2475	0.419	2.389	0.420

**Tabella 2.6.5** – Parametri della pericolosità sismica per i diversi stati limite.



PROGETTISTA



COMMESSA  
5733-1

UNITA'  
001

LOCALITÀ  
REGIONE MOLISE

SPC. RT-D-0003

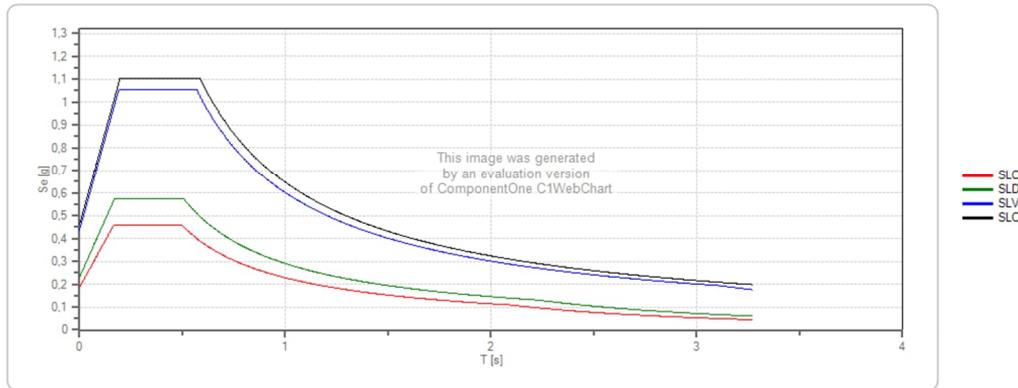
IMPIANTO  
RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE  
LARINO - SORA - COLLEFERRO  
TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2  
DN 350 (14") DP 75 bar

Pagina 32 di 84

Rev.  
1

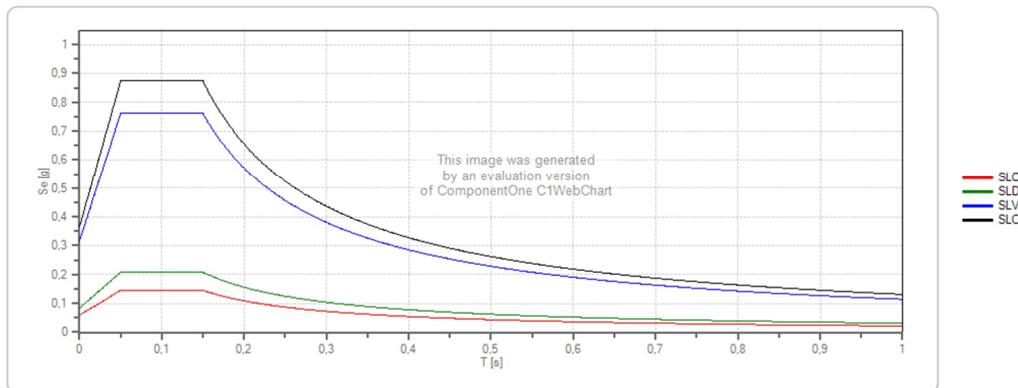
Rif. BE: 4236/01

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,124	2,455	0,328	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,166	0,498	2,097
SLD	2	0,157	2,479	0,338	1,470	1,500	1,000	1,470	1,000	0,169	0,508	2,227
SLV	2	0,380	2,405	0,405	1,150	1,410	1,000	1,150	1,000	0,190	0,571	3,121
SLC	2	0,419	2,389	0,420	1,100	1,400	1,000	1,100	1,000	0,196	0,587	3,274

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,124	2,455	0,328	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,157	2,479	0,338	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,380	2,405	0,405	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,419	2,389	0,420	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 33 di 84	<b>Rev.</b> 1

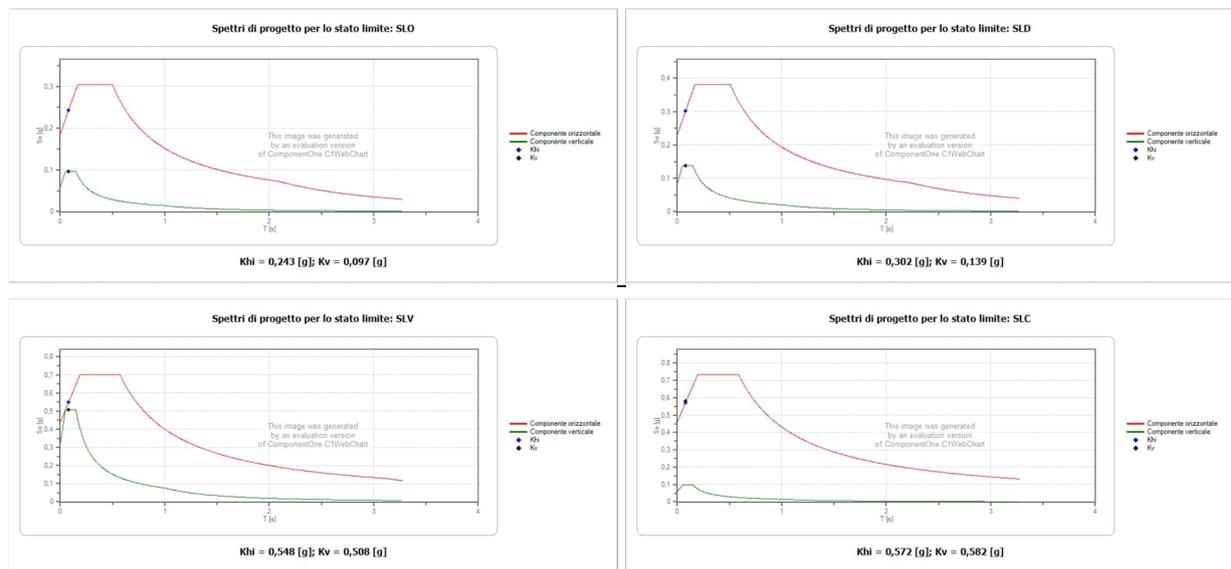
Rif. BE: 4236/01

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 0,08 [s]



	cu	ag [g]	F0	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,124	2,455	0,328	1,500	1,520	1,000	1,500	1,500	0,166	0,498	2,097
SLO verticale	2	0,124	2,455	0,328	1,500	1,520	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLD orizzontale	2	0,157	2,479	0,338	1,470	1,500	1,000	1,470	1,500	0,169	0,508	2,227
SLD verticale	2	0,157	2,479	0,338	1,470	1,500	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLV orizzontale	2	0,380	2,405	0,405	1,150	1,410	1,000	1,150	1,500	0,190	0,571	3,121
SLV verticale	2	0,380	2,405	0,405	1,150	1,410	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000
SLC orizzontale	2	0,419	2,389	0,420	1,100	1,400	1,000	1,100	1,500	0,196	0,587	3,274
SLC verticale	2	0,419	2,389	0,420	1,100	1,400	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 34 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### 3 ANALISI DELLE AREE POTENZIALMENTE SUSCETTIBILI A LIQUEFAZIONE

In generale, il fenomeno della liquefazione dei terreni interessa i depositi incoerenti saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico e dinamico, possono subire una drastica riduzione della rigidità e della resistenza a taglio a causa dell'incremento di pressioni interstiziali. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Nei casi in cui esiste la possibilità di accadimento del fenomeno, è necessario verificare la suscettibilità dei terreni alla liquefazione e quindi che l'opera risulti stabile nei confronti del fenomeno.

Nel presente studio la valutazione della potenziale suscettibilità alla liquefazione dei terreni attraversati dal tracciato in progetto è stata eseguita con un'analisi areale di primo livello. La storicità sismica dell'area è stata studiata sulla base del catalogo CEDIT, che riporta i risultati di un'intensa ricerca storica dei terremoti che hanno prodotto effetti deformativi indotti in superficie (dall'anno 1000 d.C. al 2016). Il catalogo CEDIT è stato consultato per verificare se nel territorio interessato dall'opera in progetto sono stati censiti fenomeni di liquefazione.

L'individuazione delle aree è stata quindi svolta verificando anche gli eventuali studi di Microzonazione Sismica disponibili per il territorio in esame.

Tuttavia, gli studi di Microzonazione Sismica solitamente sono realizzati solo in alcune aree del territorio comunale, quali: le aree più densamente urbanizzate, le aree industriali o le aree soggette ad espansione urbana.

Pertanto, in questo studio la verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni affioranti in aree comunali non caratterizzate da studi di Microzonazione Sismica interessate dal tracciato in progetto è stata realizzata in accordo alle linee guida per gli studi di microzonazione.

#### 3.1 Storicità del fenomeno di liquefazione nel territorio

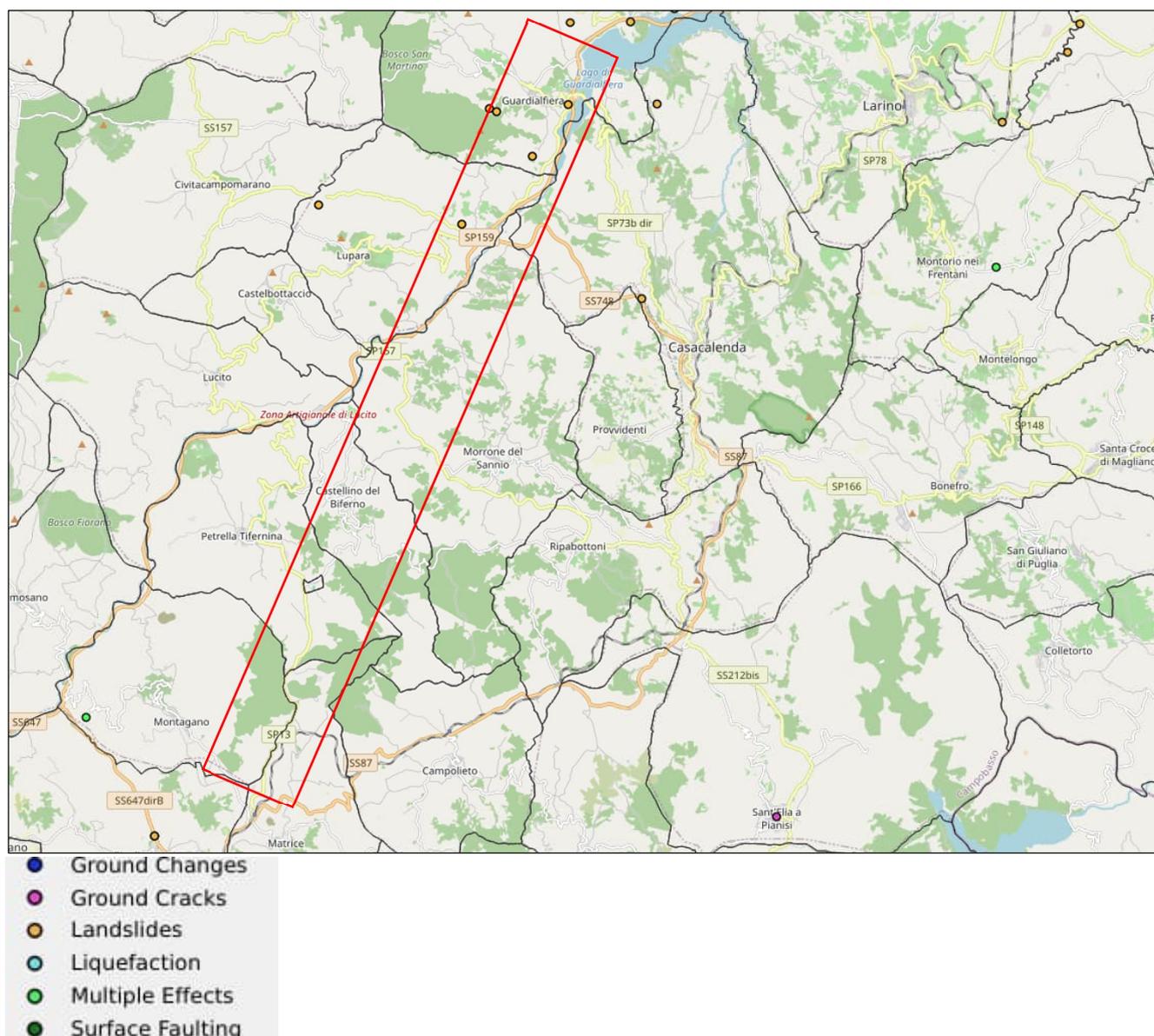
Il CEDIT è gestito dal Centro di Ricerca sui Rischi Geologici "CERI" dell'Università "Sapienza" di Roma. Questo catalogo è stato costruito attraverso un'intensa ricerca storica dei terremoti che hanno prodotto effetti deformativi indotti in superficie (frane, fratturazioni, fagliazione superficiale, liquefazione e variazioni topografiche del livello del suolo). La ricerca è stata integrata anche con la consultazione dei rapporti tecnici e le pubblicazioni scientifiche sui terremoti recenti e passati.

Il database costruito è organizzato in forma di schede, in cui ognuna di queste contiene le informazioni relative sia agli effetti cosismici indotti sul territorio, che ai relativi eventi sismici che li hanno generati (Fortunato et al., 2012). A tal proposito, è stato consultato il catalogo al fine di

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 35 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

verificare se nel territorio interessato dall'opera in progetto sono stati censiti fenomeni di liquefazione associati ai principali eventi sismici avvenuti (Fig. 3.1).



**Fig. 3.1.1** – Fenomeni di liquefazione censiti nel catalogo CEDIT  
 (<https://gdb.ceri.uniroma1.it/index.php/view/map/?repository=cedit&project=Cedit>).

In Figura 3.1.1 si evidenzia che all'interno del corridoio interessato dal tracciato in progetto non si registrano fenomeni di liquefazione associati ai terremoti storici presenti nel catalogo CEDIT.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 36 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

### 3.2 Studi di Microzonazione Sismica

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.

Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di Microzonazione Sismica sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- definire gli interventi ammissibili in una data area
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate
- definire priorità di intervento.

Tutto ciò è oggetto degli studi di Microzonazione Sismica (MS), attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza ed in generale delle risorse di protezione civile.

La conoscenza dei possibili effetti locali indotti da un evento sismico su un territorio contribuisce a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare, in caso di collasso, i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e le opere rilevanti per le quali potrebbero essere necessarie specifiche valutazioni di sicurezza.

Nella fase della ricostruzione la Microzonazione Sismica:

- contribuisce a scegliere le aree per le abitazioni temporanee;
- fornisce elementi ai tecnici e amministratori, sull'opportunità di ricostruire gli edifici non agibili;
- contribuisce a scegliere nuove aree edificabili.

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 37 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma. Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Lo studio di Microzonazione Sismica è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenti in funzione del livello di approfondimento che si vuole raggiungere:

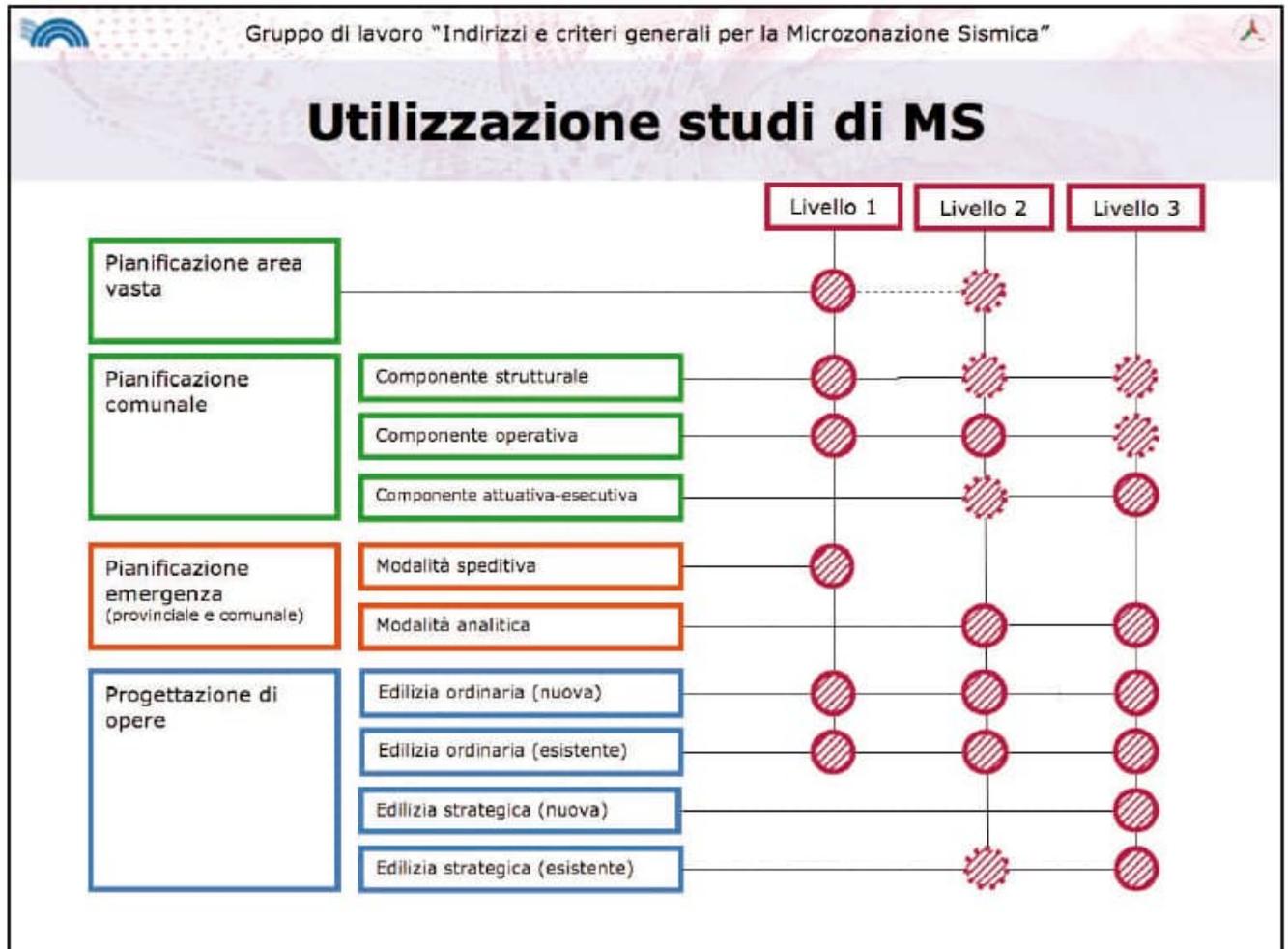
- il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee
- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS
- il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Al momento di decidere l'esecuzione dello studio, per stabilire il livello di approfondimento occorre tener presente l'utilità che da esso può derivare, in modo da compararla con i costi da affrontare. Il miglioramento della conoscenza prodotto dagli studi di MS può contribuire concretamente, insieme a studi di vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

Nella figura sotto viene riportato lo schema generale sull'utilizzo degli studi di Microzonazione Sismica (MS).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 38 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01



**Fig. 3.2.1** – Studi di MS e utilizzazione nella pianificazione territoriale, nella pianificazione dell'emergenza e nella progettazione delle opere.

Al fine di valutare la possibile interferenza dell'opera in progetto con aree potenzialmente suscettibili a liquefazione individuate dagli studi di Microzonazione Sismica, sono stati consultati gli studi di MS dei comuni interessati dall'opera in progetto.

Tuttavia, da quanto riportato in Figura 3.2.2 risulta che i Comuni abbiano disponibili studi di MS di Livello 1 prevalentemente per le principali aree urbanizzate o di futura espansione.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 39 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

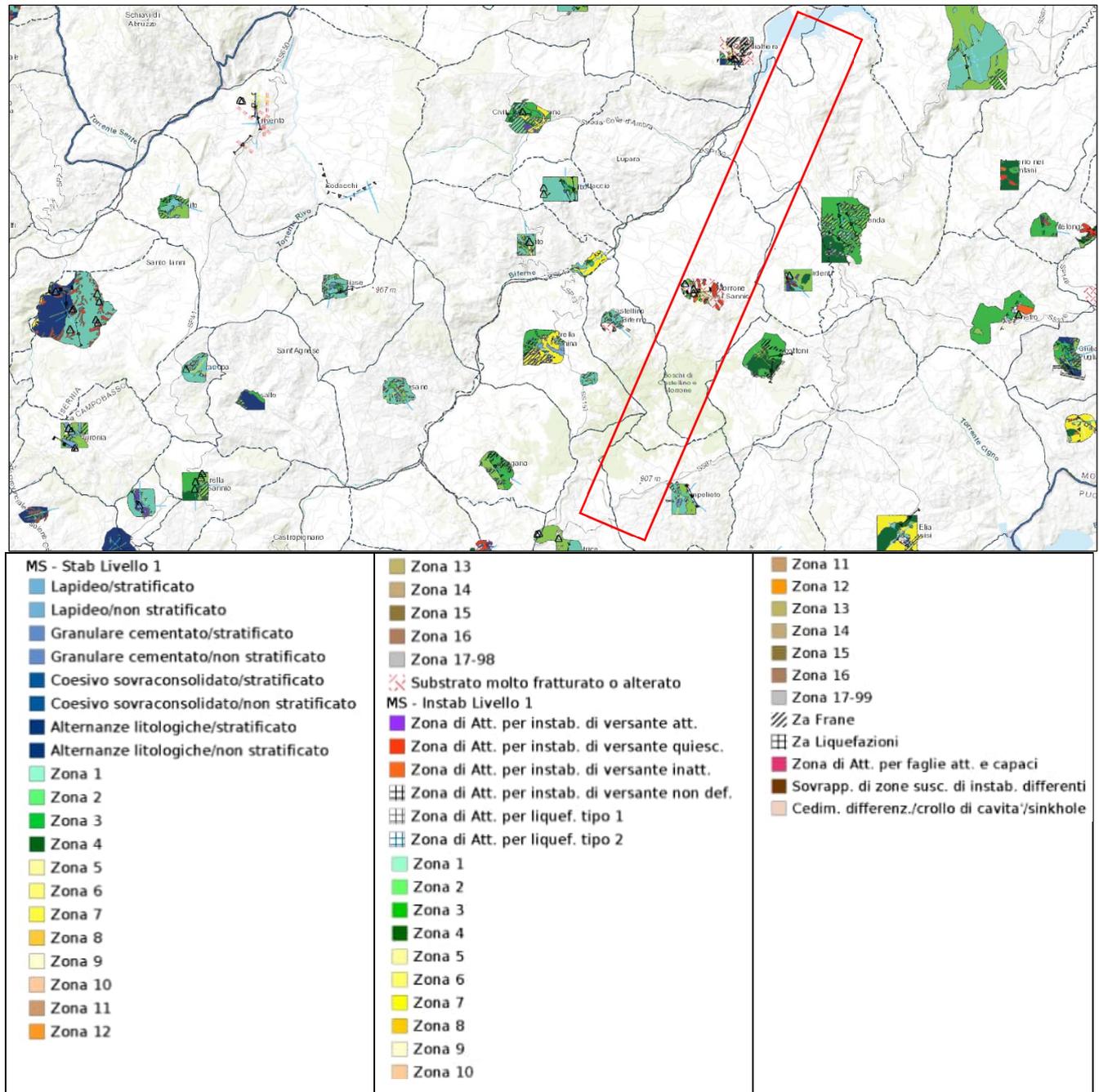


Fig. 3.2.2 – Copertura degli studi di Microzonazione Sismica. (<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 40 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### 3.3 Aree non coperte da studi di Microzonazione Sismica

Le aree attraversate dal tracciato in progetto e non caratterizzate da studi di Microzonazione Sismica sono state classificate nelle cartografie MS ufficiali come aree “No Data”.

La caratterizzazione areale di primo livello della suscettibilità a liquefazione dei terreni è stata definita considerando:

- *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ) (ICMS, 2017)*

In accordo alle Linee guida ICSM (2017), la perimetrazione delle zone viene effettuata sulla base degli elementi informativi minimi.

Questi elementi sono definiti in accordo a criteri qualitativi riconosciuti in letteratura tecnico-scientifica che si basano sulla storia sismica, sulla geologia e sulla geomorfologia dei depositi affioranti.

A tal proposito, in accordo alla classificazione di Youd e Perkins (1978), i fattori che intervengono sulla suscettibilità alla liquefazione includono i processi di sedimentazione, l'età dei depositi, la storia geologica, la profondità della falda, la distribuzione granulometrica, la profondità di posa, la pendenza del terreno e la prossimità a zone di scarpata. Pertanto, sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, viene fornita un'indicazione sul grado di vulnerabilità del deposito stesso. Nella tabella sottostante (Tab. 3.3) vengono riportati esclusivamente i depositi continentali.

Tipo di deposito	Distribuzione generale dei depositi non coesivi	Suscettibilità alla liquefazione dei depositi non coesivi, quando saturi (in funzione dell'età del deposito)			
		<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Canali fluviali	Localmente variabile	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Localmente variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Diffusa	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	Diffusa	-	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Diffusa	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvium	Variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Talus	Diffusa	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Diffusa	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 41 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

Tipo di deposito	Distribuzione generale dei depositi non coesivi	Suscettibilità alla liquefazione dei depositi non coesivi, quando saturi (in funzione dell'età del deposito)			
		<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Loess	Variabile	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Variabile	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tufo	Rara	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Piroclastiti	Diffusa	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Rara	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sabkha	Localmente variabile	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa

**Fig. 3.3.1** – Probabilità di liquefazione in base alla tipologia di deposito (Youd & Perkins, 1978).

A parità di composizione e di altre condizioni nello stesso deposito, terreni più antichi possono aver sviluppato nel tempo legami intergranulari e cementazioni tali da impedire l'annullamento della resistenza a taglio. Inoltre, la struttura di un deposito antico potrebbe essere addensata per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità, risultando più stabile nei confronti di fenomeni di liquefazione indotta da azioni cicliche e dinamiche.

Relativamente al fattore geologico, Bruschi (2014) fornisce inoltre indicazioni sulla suscettibilità alla liquefazione legate all'età geologica, alla profondità della falda (Tab. 3.3.2) e alla morfologia del sito (Tab. 3.3.3).

Età del deposito	Profondità della falda (metri)		
	<9	9 ÷ 15	>15
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Olocene Antico	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

**Fig. 3.3.2** – Suscettibilità secondo il criterio geologico (Bruschi, 2014).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 42 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Morfologia del sito	Liquefacibilità
Letti di fiume sia antiche che recenti, terreni paludosi, terreni di bonifica, zone interdunali	Probabile
Conoidi, argini naturali, dune, spiagge, pianure di esondazione	Possibile
Terrazzi, zone collinari e montuose	Improbabile

**Fig. 3.3.3** – Probabilità di liquefazione in base alla morfologia (Bruschi, 2014).

- *Criteria della Normativa Tecnica per le Costruzioni (NTC 2018)*

La liquefazione è un fenomeno di riduzione della resistenza al taglio causata dall'incremento della pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante uno scuotimento sismico.

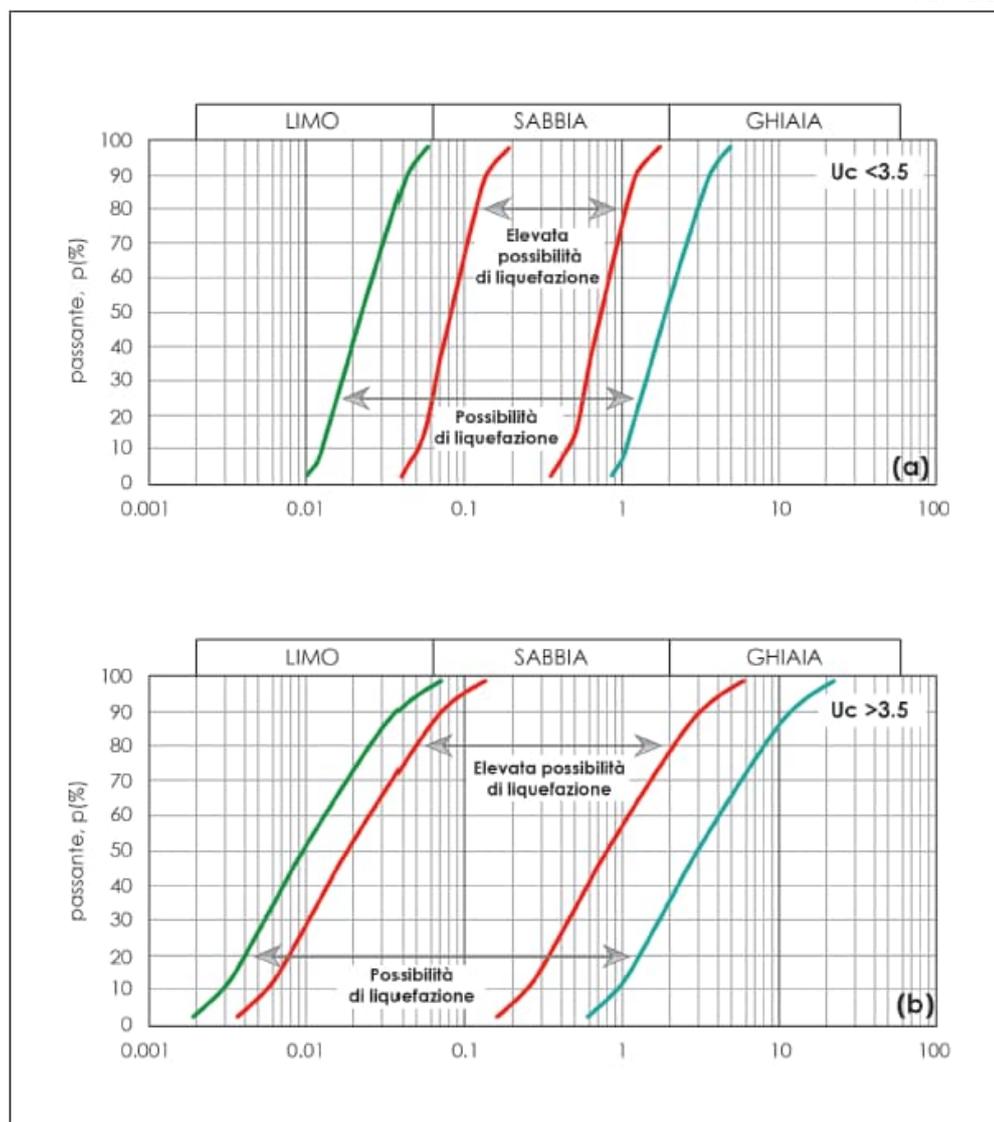
Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) prevedono che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica dinamica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure resistenza penetrometrica statica normalizzata  $q_{c1N} > 180$ ;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 2.7.1 delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 2.7.2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Vale la pena osservare che le NTC2018 fanno esplicito riferimento a terreni prevalentemente sabbiosi, uniformemente all'Eurocodice 8 secondo cui: "Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso/argillosa".

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 43 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01



**Fig. 3.3.4 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione**

### 3.4 Analisi areale per l'identificazione dei tratti potenzialmente suscettibili a liquefazione

La caratterizzazione areale di primo livello della suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti nelle aree interessate dall'opera in progetto in quanto non coperte da studi di MS è stata eseguita applicando le linee guida (Linee guida ICSM 2017) e verificando i criteri di esclusione (NTC18) indicati nel paragrafo precedente.

In accordo alle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)", l'attribuzione delle caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche è stata

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 44 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

realizzata considerando i dati di progetto disponibili, indagini geognostiche svolte lungo il tracciato in progetto e in base ai dati litologici, morfologici, idrogeologici e sismici presenti in letteratura.

Dalla consultazione di tutte le curve granulometriche relative ai campioni prelevati nella campagna geognostica eseguita lungo tutto il tracciato del metanodotto, è emerso che le curve granulometriche risultano essere al di fuori dei fusi di suscettibilità.

Pertanto, i terreni interessati dalla realizzazione dell'opera in progetto non sono da considerarsi liquefacibili, e in accordo a quanto previsto nelle N.T.C., al punto 7.11.3.4.2, la verifica a liquefazione può essere omessa per:

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 45 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

#### 4 CONCLUSIONI

Lo scopo del presente studio è stato quello di definire, attraverso l'analisi dei dati sismici della zona, la pericolosità sismica di base relativa al gasdotto in oggetto.

Il tracciato interseca aree che ricadono in ZONA 2 nella mappa di pericolosità sismica dell'INGV, ovvero a pericolosità moderata (Figg. 2.1.1 e 2.1.4).

Il territorio è interessato dalla presenza di due sorgenti sismogenetiche composite, responsabili della sismicità dell'intera area, alle quali sono associate tutti gli eventi tellurici avvenuti in passato (Fig. 2.2.1).

Al fine di individuare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto del territorio indagato sono stati calcolati i parametri di pericolosità sismica per i diversi stati limite (SLO, SLD, SLV, SLC) su cinque maglie significative. Sono stati utilizzati i valori PGA (Peak Ground Acceleration) riportati nelle mappe dell'INGV e scelti i restanti parametri in base alla tipologia dell'opera in progetto, restituendo tutti i parametri e gli spettri di risposta elastica in accelerazione delle componenti verticali e orizzontali.

Infine, non è stato necessario verificare la suscettibilità a liquefazione dei terreni, poiché dalla consultazione di tutte le curve granulometriche relative ai campioni prelevati nella campagna geognostica eseguita lungo tutto il tracciato del metanodotto, è emerso che le curve granulometriche risultano essere al di fuori dei fusi di suscettibilità.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 46 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## ANNESSO 1 – VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 47 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## 1 **PREMESSA**

Il presente studio ha l'obiettivo di eseguire la verifica allo scuotimento sismico sul gasdotto di rete regionale denominato "Larino – Sora – Colleferro, **Tratto Larino - Montagano – Lotto 2** DN 350 (14") DP 75 bar".

Tale studio sarà effettuato tenendo conto delle massime azioni sismiche previste lungo il tracciato, calcolate in accordo alle prescrizioni delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018). Le sollecitazioni saranno determinate mediante la procedura descritta nella norma americana ASCE 1984 "Guidelines For The Seismic Design Of Oil And Gas Pipeline Systems" mentre la verifica dello stato tensionale avverrà facendo ricorso alla normativa internazionale ASME B31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- NTC 2018            Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- ASCE1984        Guidelines For The Seismic Design Of Oil And Gas Pipeline Systems;
- ASME B31.8      Gas Transmission and Distribution Piping Systems;
- ASCE ALA 2001 Guideline For The Design Of Buried Steel Pipe (FEMA 2005).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 48 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

### 3 DATI DI INPUT

#### 3.1 Caratteristiche della tubazione

I dati di progetto relativi alla tubazione sono riportati nella seguente tabella:

<b>GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b>							
DN [mm]	Diametro esterno $D_e$ [mm]	Spessore minimo tratto rettilineo $t$ [mm]	Spessore minimo tratto curvo $t_c$ [mm]	Tensione di snervamento $\sigma_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Pressione di progetto $P$ [bar]	Peso lineare $W_P$ [N/m]	Modulo di elasticità dell'acciaio $E$ [N/m <sup>2</sup> ]
<b>350</b>	<b>355,6</b>	<b>10,30</b>	<b>10,30</b>	<b>360,0</b>	<b>75</b>	<b>860,43</b>	<b>210*10<sup>9</sup></b>

Tabella 1

#### 3.2 Caratteristiche del terreno

Le proprietà del terreno sono state valutate ipotizzando le condizioni mediamente più gravose a tutto vantaggio della sicurezza, tenendo conto di un materiale di riempimento costituito prevalentemente da sabbia e ghiaia. Nella tabella seguente sono riportati i parametri adottati:

<b>DATI TERRENO</b>	
Peso dell'unità di volume $[\gamma_t]$	20.000 N/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno $[\phi]$	40°
Angolo di attrito terreno-condotta $[\delta]$	12°
Modulo di reazione del suolo $[E_t]$	13,8*10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>

Tabella 3

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 49 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## 4 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

### 4.1 Pericolosità sismica di base lungo il tracciato

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) DM 17.01.2018 definiscono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i gasdotti.

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

Le NTC definiscono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10.751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- **a<sub>g</sub>**: accelerazione orizzontale massima al bedrock con superficie topografica orizzontale;
- **F<sub>0</sub>**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale;
- **T<sub>c</sub>\***: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale.

Dal punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC08; richiamata al §3.2 delle NTC18), 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 NTC08 hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC08, è caratterizzata da una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$ ) possono

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 50 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

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

In Tabella 4 sono riportati i valori minimi di Vita Nominale ( $V_N$ ) di progetto da assegnare ai diversi tipi di costruzione.

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

Tabella 4: valori minimi della Vita Nominale  $V_N$  di progetto per diversi tipi di costruzione (Tab. 2.4.1 delle NTC 2018)

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 NTC 2018 (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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 51 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

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 5 (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

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

Tabella 5: valori del coefficiente d'uso  $C_U$  (rif. Tab. 2.4.II delle NTC 2018)

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

Essendo il gasdotto in progetto considerato opera strategica avremo classe d'uso IV e quindi coefficiente d'uso pari a 2.

L'infrastruttura in progetto rientra nelle costruzioni con livelli di prestazioni elevati, quindi con valore minimo di vita nominale pari a 100 anni. Di conseguenza, assumendo  $V_N=100$  anni e  $C_U=2$  si ottiene una Vita di Riferimento ( $V_R$ ) dell'opera pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 200 \text{ anni}$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 52 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

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

Data l'importanza dell'opera è stato considerato lo Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV (a rottura).

Il valore di probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) è indicato nella Tabella 6 (rif. Tabella 3.2.I delle NTC 2018).

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

Tabella 6: Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2.I delle NTC 2018)

Da tali assunzioni è stato calcolato il valore del periodo di ritorno ( $T_R$ ) per lo stato limite SLV in accordo alla seguente espressione (cfr. Par. C3.2.1 delle NTC 2018):

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 1898 \text{ anni}$$

Calcolato il periodo di ritorno ( $T_R$ ) per lo stato limite SLV, è stato determinato l'andamento dei valori di accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ , espressi in g), attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale lungo la fascia di territorio interessata dal progetto, interpolando i dati NTC2018 con un passo di 10 m lungo il tracciato di progetto.

I valori di accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock ( $a_g$ ) lungo il tracciato sono riportati nel paragrafo successivo.

#### 4.2 Caratterizzazione della risposta sismica locale lungo il tracciato

In accordo alla normativa tecnica per le costruzioni vigente (NTC 2018), una volta definita l'azione sismica massima attesa al substrato rigido (suolo rigido  $V_s > 800$  m/s), va stimata l'eventuale risposta sismica del sito di interesse.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 53 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

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

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 lito-stratigrafiche degli strati più superficiali del terreno.

L'opera in progetto non è localizzata in un sito specifico, ma è costituita da una infrastruttura lineare con sviluppo dell'ordine di decine di chilometri.

Pertanto, una valutazione preliminare dell'effetto di amplificazione del moto può essere realizzata solo con un metodo areale, che consenta di caratterizzare in generale la risposta sismica dei terreni presenti lungo un tracciato. La risposta sismica locale è definita comparando e raggruppando terreni che presentano caratteristiche lito-stratigrafiche e contesti geomorfologici omogenei. L'approccio proposto in questo studio si basa su una "estensione" del metodo semplificato riportato nelle NTC 2018, che consente la valutazione della risposta sismica locale di un sito specifico.

L'analisi della risposta sismica locale dei terreni presenti lungo il tracciato è stata eseguita caratterizzando in dettaglio dal punto di vista morfologico e geologico la fascia di territorio nel quale si sviluppa la linea in progetto. Queste caratterizzazioni sono state poi utilizzate per attribuire le categorie topografiche e quelle di sottosuolo (cfr. Par. 3.2.2 delle NTC 2018), alle quali sono associati dei coefficienti di amplificazione (cfr. Par. 3.2.3 delle NTC 2018). In accordo alle NTC 2018, l'azione sismica attesa al suolo, riferita come accelerazione orizzontale massima ( $a_{max}$ ), è stimata mediante la seguente relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad [m/s^2]$$

dove

$S_S$  = coefficiente dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

$S_T$  = coefficiente dell'effetto dell'amplificazione topografica;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima su substrato rigido (categoria A).

La morfologia del tracciato è stata caratterizzata sulla base delle categorie topografiche definite nella normativa NTC 2018 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC 2018). In Tabella 7 sono descritte le

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 54 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

caratteristiche per l'assegnazione delle categorie topografiche.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 7: categorie topografiche (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC 2018)

Nel caso in esame, in accordo con quanto riportato al paragrafo 2.4 della “Relazione Sismica RT-D-0003”, è stata considerata la categoria topografica **T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

Le NTC 2018 assegnano dei coefficienti di amplificazione topografica ( $S_T$ ) (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018) per ciascuna delle categorie topografiche definite in Tabella 7.

In Tabella 8 sono riportati i valori dei coefficienti di amplificazione topografica corrispondenti a ciascuna categoria.

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 $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Tabella 8: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018)

La definizione delle categorie di sottosuolo dei terreni affioranti lungo il tracciato in progetto è stata eseguita in accordo all'approccio semplificato delle NTC 2018 (cfr Tab. 3.2II delle NTC 2018), come descritto in Tabella 9. Tuttavia, così come evidenziato al paragrafo 2.4 della “Relazione Sismica RT-D-0003”, in considerazione che allo stato attuale non sono disponibili misure di  $V_s$  lungo il tracciato del gasdotto, si è optato in modo cautelativo, di attribuire la categoria (di massima) di sottosuolo **C**, ossia “Depositi di terreni a grana grossa mediamente

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 55 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

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

Tabella 9: Descrizione delle categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC 2018)

Assegnata la categoria di sottosuolo ai terreni presenti lungo il tracciato, i valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e del coefficiente di categoria del sottosuolo ( $C_c$ ) sono stati definiti in accordo alla Tabella 3.2.IV delle NTC 2018 (Tabella 10).

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

Tabella 10: Espressioni per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e del coefficiente ( $C_c$ ) in funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 56 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Si precisa che i parametri  $F_0$ ,  $a_g/g$  e  $T_c^*$ , come già anticipato al paragrafo 4.1, vengono definiti per ciascun nodo della discretizzazione (Tabella A1 delle NTC 2008).

Per quanto riguarda la massima velocità orizzontale al suolo ( $v_g$ ) per lo stato limite considerato SLV in accordo alle norme NTC 2018 (cfr. Par. § 3.2.3.3, NTC 2018), essa può essere definita mediante la seguente relazione:

$$v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c \quad [\text{m/s}]$$

dove

$a_g$ : accelerazione di picco attesa al substrato rigido (espressa in  $\text{m/sec}^2$ );

$S$ : fattore di risposta sismica locale, pari a  $S = S_S \cdot S_T$ ;

$T_c$ : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo parametro si ottiene dalla formula seguente:

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

Trattandosi di un'opera lunga circa 27 km, in accordo con quanto riportato al paragrafo 2.6 della "Relazione Sismica RT-D-0003" sono stati scelti cinque punti dove eseguire la verifica a scuotimento sismico e cioè:

6. **Sito A (Guardialfiera: 41.804537,14.793751)**: valori di PGA compresi tra 0,190 e 0,200;
7. **Sito B (Lupara: 41.763165,14.740426)**: valori di PGA compresi tra 0,198 e 0,200;
8. **Sito C (Petrella Tifernina: 41.692838,14.698086)**: valori di PGA compresi tra 0,215 e 0,225;
9. **Sito D (Montagano: 41.655250,14.670443)**: valori di PGA compresi tra 0,222 e 0,225;
10. **Sito E (Ripalimosani: 41.611781,14.663922)**: valori di PGA compresi tra 0,225 e 0,250.

Le successive tabelle mostrano i parametri sismici che consentono di ottenere la massima accelerazione e la massima velocità orizzontale del terreno attese nei siti interessati, valori che saranno utilizzati nella verifica a scuotimento.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 57 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE N.T.C. 2018			
Vita Nominale	$V_N$	100	[anni]
Classe d'uso	IV		
Coefficiente d'uso	$C_U$	2	[-]
Periodo di riferimento	$V_R$	200	[anni]
Stato Limite	SLV 10%		
Latitudine	41,804537		[°]
Longitudine	14,793751		[°]
Coefficiente di accelerazione	$a_g/g$	0,316	[-]
Accelerazione massima su suolo di riferimento rigido	$a_g$	3,098	[m/s <sup>2</sup> ]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_C^*$	0,360	[s]
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_0$	2,460	[-]
Categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E)	C		
Categoria topografica (T1, T2, T3, T4)	T1		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,23	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1,00	[-]
Coefficiente che tiene conto dell'effetto di amplificazione topografica e stratigrafica	$S$	1,23	[-]
Coefficiente di categoria del sottosuolo	$C_C$	1,47	[-]
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C$	0,53	[s]
<b>Accelerazione massima attesa al sito</b>	$a_{max}$	<b>3,82</b>	[m/s <sup>2</sup> ]
<b>Velocità orizzontale massima del terreno</b>	$v_g$	<b>0,32</b>	[m/s]

Tabella 11: Parametri sismici sito A (Località Guardiafiera)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 58 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE N.T.C. 2018			
Vita Nominale	$V_N$	100	[anni]
Classe d'uso	IV		
Coefficiente d'uso	$C_U$	2	[-]
Periodo di riferimento	$V_R$	200	[anni]
Stato Limite	SLV 10%		
Latitudine	41,763165		[°]
Longitudine	14,740426		[°]
Coefficiente di accelerazione	$a_g/g$	0,336	[-]
Accelerazione massima su suolo di riferimento rigido	$a_g$	3,296	[m/s <sup>2</sup> ]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_C^*$	0,370	[s]
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_0$	2,450	[-]
Categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E)	C		
Categoria topografica (T1, T2, T3, T4)	T1		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,21	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1,00	[-]
Coefficiente che tiene conto dell'effetto di amplificazione topografica e stratigrafica	$S$	1,21	[-]
Coefficiente di categoria del sottosuolo	$C_C$	1,46	[-]
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C$	0,54	[s]
<b>Accelerazione massima attesa al sito</b>	$a_{max}$	<b>3,98</b>	[m/s <sup>2</sup> ]
<b>Velocità orizzontale massima del terreno</b>	$v_g$	<b>0,34</b>	[m/s]

Tabella 12: Parametri sismici sito B (Località Lupara)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 59 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE N.T.C. 2018			
Vita Nominale	$V_N$	100	[anni]
Classe d'uso	IV		
Coefficiente d'uso	$C_U$	2	[-]
Periodo di riferimento	$V_R$	200	[anni]
Stato Limite	SLV 10%		
Latitudine	41,692838		[°]
Longitudine	14,698086		[°]
Coefficiente di accelerazione	$a_g/g$	0,355	[-]
Accelerazione massima su suolo di riferimento rigido	$a_g$	3,488	[m/s <sup>2</sup> ]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_c^*$	0,370	[s]
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_0$	2,440	[-]
Categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E)	C		
Categoria topografica (T1, T2, T3, T4)	T1		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,18	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1,00	[-]
Coefficiente che tiene conto dell'effetto di amplificazione topografica e stratigrafica	$S$	1,18	[-]
Coefficiente di categoria del sottosuolo	$C_C$	1,46	[-]
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C$	0,54	[s]
<b>Accelerazione massima attesa al sito</b>	$a_{max}$	<b>4,11</b>	[m/s <sup>2</sup> ]
<b>Velocità orizzontale massima del terreno</b>	$v_g$	<b>0,36</b>	[m/s]

Tabella 13: Parametri sismici sito C (Località Petrella Tifernina)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 60 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE N.T.C. 2018			
Vita Nominale	$V_N$	100	[anni]
Classe d'uso	IV		
Coefficiente d'uso	$C_U$	2	[-]
Periodo di riferimento	$V_R$	200	[anni]
Stato Limite	SLV 10%		
Latitudine	41,65525		[°]
Longitudine	14,670443		[°]
Coefficiente di accelerazione	$a_g/g$	0,368	[-]
Accelerazione massima su suolo di riferimento rigido	$a_g$	3,614	[m/s <sup>2</sup> ]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_c^*$	0,390	[s]
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_0$	2,420	[-]
Categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E)	C		
Categoria topografica (T1, T2, T3, T4)	T1		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,17	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1,00	[-]
Coefficiente che tiene conto dell'effetto di amplificazione topografica e stratigrafica	$S$	1,17	[-]
Coefficiente di categoria del sottosuolo	$C_C$	1,43	[-]
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C$	0,56	[s]
<b>Accelerazione massima attesa al sito</b>	$a_{max}$	<b>4,21</b>	[m/s <sup>2</sup> ]
<b>Velocità orizzontale massima del terreno</b>	$v_g$	<b>0,38</b>	[m/s]

Tabella 14: Parametri sismici sito D (Località Montagano)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 61 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE N.T.C. 2018			
Vita Nominale	$V_N$	100	[anni]
Classe d'uso	IV		
Coefficiente d'uso	$C_U$	2	[-]
Periodo di riferimento	$V_R$	200	[anni]
Stato Limite	SLV 10%		
Latitudine	41,611781		[°]
Longitudine	14,663922		[°]
Coefficiente di accelerazione	$a_g/g$	0,381	[-]
Accelerazione massima su suolo di riferimento rigido	$a_g$	3,735	[m/s <sup>2</sup> ]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_c^*$	0,410	[s]
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_0$	2,400	[-]
Categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E)	C		
Categoria topografica (T1, T2, T3, T4)	T1		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,15	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1,00	[-]
Coefficiente che tiene conto dell'effetto di amplificazione topografica e stratigrafica	$S$	1,15	[-]
Coefficiente di categoria del sottosuolo	$C_C$	1,41	[-]
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C$	0,58	[s]
<b>Accelerazione massima attesa al sito</b>	$a_{max}$	<b>4,30</b>	[m/s <sup>2</sup> ]
<b>Velocità orizzontale massima del terreno</b>	$v_g$	<b>0,40</b>	[m/s]

Tabella 15: Parametri sismici sito E (Località Ripalimosani)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 62 di 84	<b>Rev.</b> 1

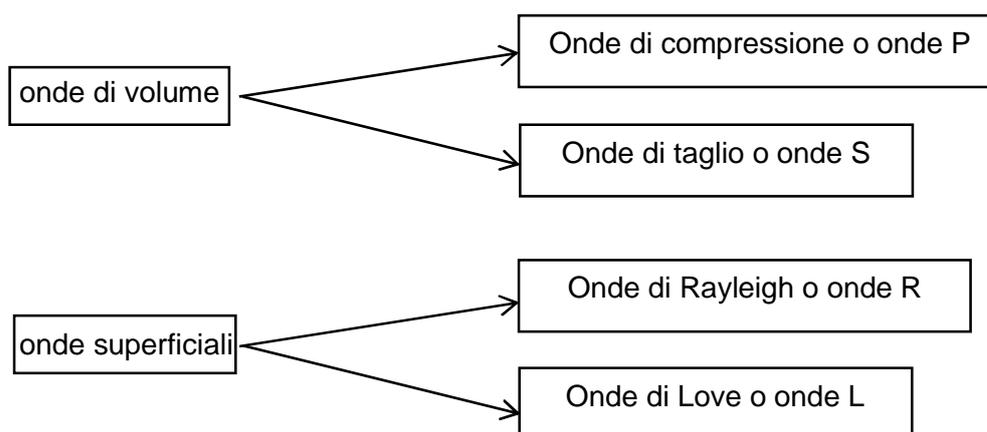
Rif. BE: 4236/01

## 5 VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO

### 5.1 Premessa

La verifica degli stati tensionali indotti dallo scuotimento sismico del terreno sui tratti rettilinei e curvi della condotta durante un terremoto, è stata sviluppata secondo le indicazioni della normativa sismica americana ASCE 1984 non essendo disponibile una norma italiana a riguardo.

Nel corso di un evento sismico la tubazione viene investita da diversi tipi di onde sismiche ed in particolare:



L'onda di volume più veloce è detta "primaria" (onda P, onda di compressione) e durante il movimento impartisce alla roccia e al terreno circostante impulsi di contrazione e dilatazione (Figura 1(a) e Figura 3). Le onde P hanno piccole ampiezze e bassi periodi e si propagano sia attraverso la roccia solida sia attraverso i liquidi.

L'onda più lenta che attraversa il volume di roccia è invece detta "secondaria" (onda S, onda di taglio) e nel suo propagarsi imprime alla roccia e al terreno circostante deformazioni trasversali in direzione normale alla direzione in cui viaggia (Figura 1(b) e Figura 3) senza causare variazioni di volume del mezzo. Le onde S non si propagano attraverso i liquidi e poiché l'acqua ha una resistenza a taglio trascurabile (i.e.  $G \approx 0$ ) la velocità delle onde S in terreni saturi può essere considerata rappresentativa delle proprietà del terreno (Prakash, 1981). Il loro moto può

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 63 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

essere separato nelle componenti orizzontale (SH) e verticale (VH). Mostrano grandi ampiezze e periodi modesti ed hanno un potenziale di danneggiamento maggiore rispetto alle onde P.

Le velocità effettive delle onde P e S dipendono dalla densità e dalle proprietà delle rocce e del suolo che attraversano (ad esempio dal modulo di Poisson  $\nu$ , come mostrato in Figura 1(c)).

Le onde di superficie più importanti da un punto di vista ingegneristico sono le onde di Love (onde L, Figura 2(a) e le onde di Rayleigh (onde R, Figura 2(b)). I movimenti generati dalle onde superficiali sono concentrati in una zona poco profonda vicino la superficie e la loro ampiezza decresce all'incirca in modo esponenziale con la profondità.

Le onde L hanno caratteristiche del moto (Figura 2(a) e Figura 3) essenzialmente uguali a quelle di un'onda S che non possiede alcuna componente verticale e generano moti del suolo da parte a parte in un piano orizzontale parallelo alla superficie terrestre, ma ad angolo retto rispetto alla direzione di propagazione dell'onda; possono propagarsi solo in mezzi limitati da due superfici di discontinuità delle caratteristiche meccaniche, con velocità intermedia tra quelle delle onde S nei due mezzi che limitano lo strato di propagazione; da un punto di vista strutturale, esse danno luogo a scuotimenti orizzontali delle fondazioni delle strutture.

Le onde R (Figura 2(b) e Figura 3) sollecitano le particelle di terreno in modo da farle muovere lungo un'ellisse giacente nel piano perpendicolare alla superficie di discontinuità e contenente la direzione di propagazione; possono propagarsi solo in prossimità di una superficie attraverso la quale si verifica una discontinuità delle caratteristiche elastiche del mezzo. Lungo la superficie le onde di Rayleigh si attenuano meno rapidamente delle onde di volume, perciò, gran parte del movimento superficiale è comunemente osservato a grande distanza epicentrale.

In generale, quindi, le onde P viaggiano più velocemente delle altre e giungono per prima ad un sito, seguite dalle onde S; se sono presenti anche le onde di superficie, esse viaggiano ancora più lentamente e tra di loro le onde L sono più veloci delle onde R.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5733-1</b>	<b>UNITA'</b> <b>001</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE MOLISE</b>	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE</b> <b>LARINO - SORA - COLLEFERRO</b> <b>TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2</b> <b>DN 350 (14") DP 75 bar</b>	Pagina 64 di 84	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Rif. BE: 4236/01

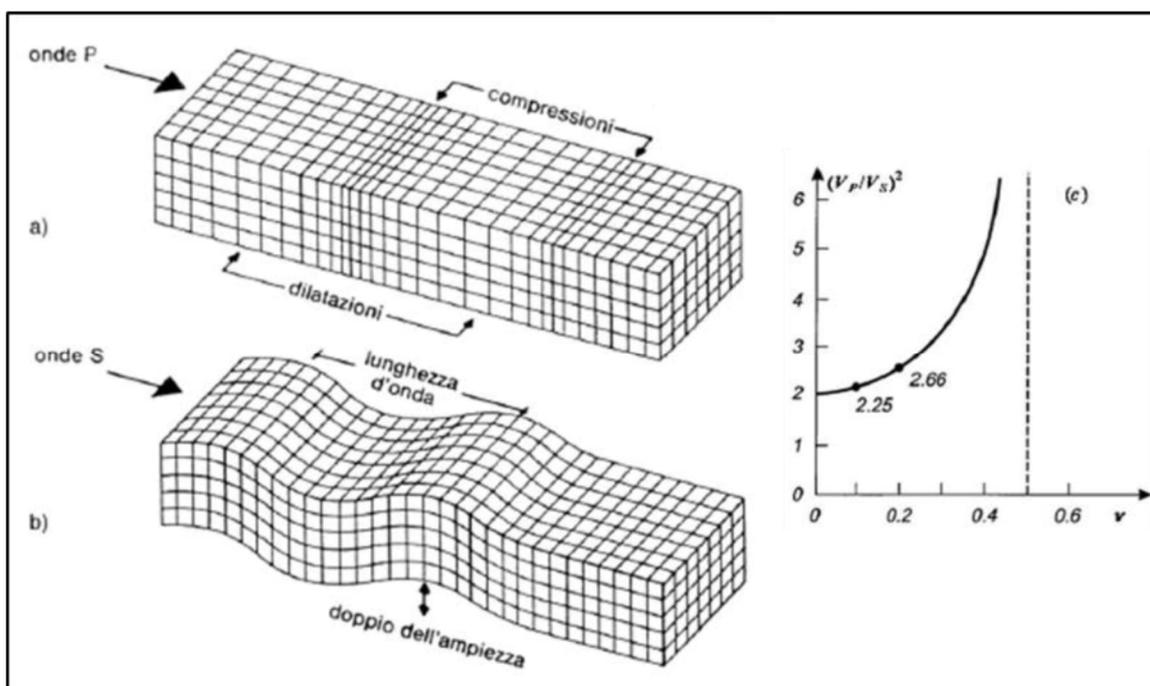


Figura 1: *Rappresentazione grafica delle deformazioni generate dal passaggio dei diversi tipi di onde elastiche propagantisi nella stessa direzione: (a) onda longitudinale; (b) onda trasversale. (c) Dipendenza del rapporto fra velocità di propagazione dal coefficiente di Poisson  $\nu$  (Faccioli, 2005)*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 65 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

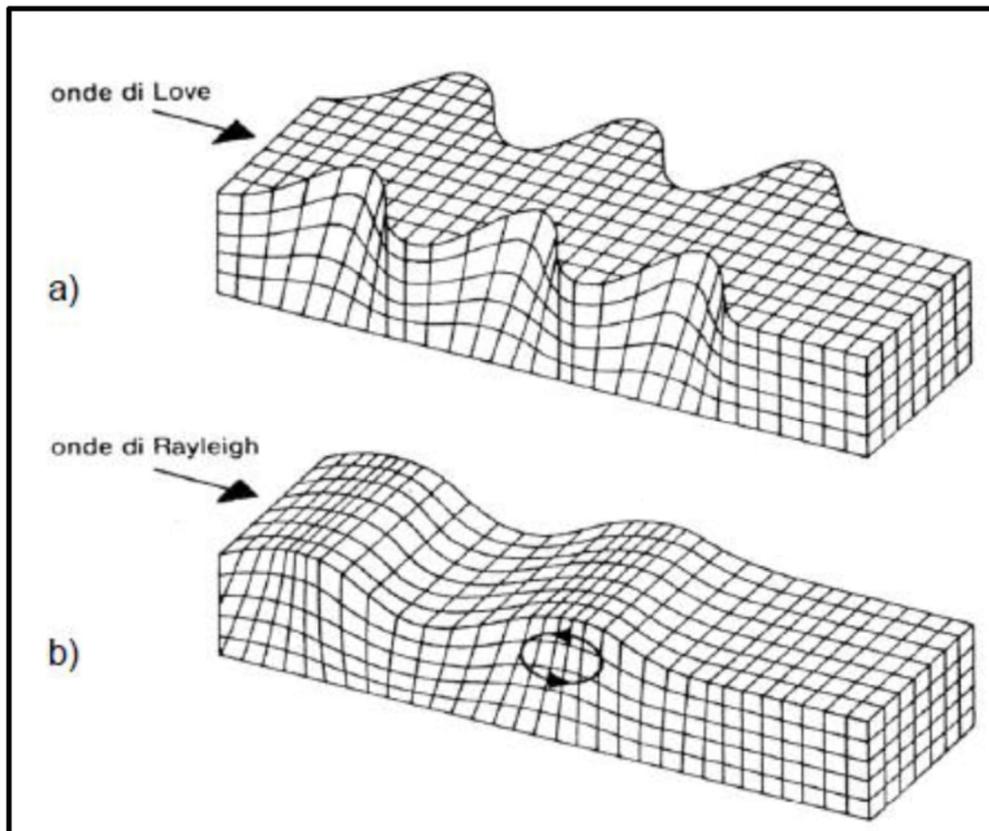


Figura 2: Rappresentazione grafica delle deformazioni generate dal passaggio dei diversi tipi di onde elastiche propagantisi nella stessa direzione: (a) onda di superficie tipo Love; (b) onda di superficie tipo Rayleigh

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 66 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

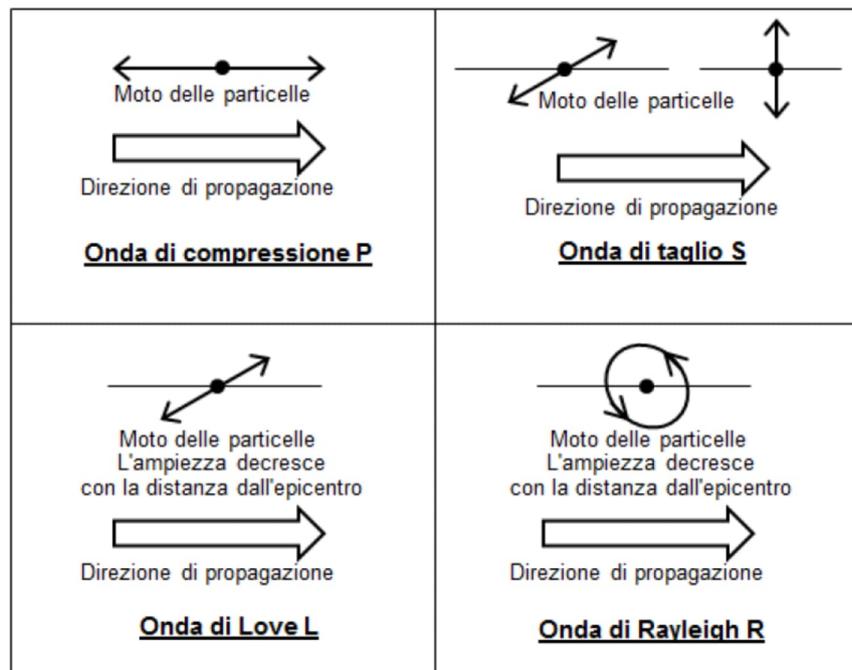


Figura 3: *Moto delle particelle di terreno per i vari tipi di onde sismiche*

Per quanto riguarda le onde di superficie, saranno considerate soltanto le onde di tipo R che producono tensioni longitudinali significativamente maggiori rispetto alle tensioni flessionali indotte dalle onde L.

La normativa americana risulta essere abbastanza conservativa in quanto considera che le onde P, S ed R agiscano contemporaneamente; circostanza, questa, che nella realtà non si verifica in quanto le onde P producono le massime sollecitazioni assiali durante la prima parte del moto mentre le onde S sono responsabili delle massime sollecitazioni di flessione durante la parte centrale del moto.

La normativa americana, inoltre, trascura cautelativamente l'interazione tubo-terreno per i tratti rettilinei mentre viene considerata nell'analisi dei tratti di tubazione curvilinei.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 67 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

## 5.2 Verifica nel tratto di tubazione rettilineo

La verifica allo scuotimento sismico proposta nelle ASCE 1984 prevede, come già accennato, di trascurare l'interazione tubo-terreno nei tratti di condotta rettilinei, ipotesi che consente di ottenere valori conservativi dello stato tensionale indotto sulla tubazione. L'ipotesi che essa si deformi alla stregua del terreno circostante dopo il passaggio delle onde sismiche, rende le tensioni indotte pressoché indipendenti dallo spessore della tubazione.

A causa dell'effetto del terreno intorno al tubo, che ne attutisce sensibilmente le vibrazioni, e della rigidità torsionale elevata della sezione circolare, viene effettuata un'analisi statica degli effetti del sisma, trascurando l'amplificazione elastica.

### 5.2.1 *Massima deformazione indotta dalle onde sismiche*

La massima deformazione assiale causata dalle diverse onde sismiche, nell'ipotesi di assenza di scorrimento tra tubazione e terreno, può essere determinata attraverso la seguente formula:

$$\varepsilon_g = v / \alpha_\varepsilon \cdot c$$

dove

$v$  è la massima velocità del terreno (m/s);

$c$  velocità di propagazione dell'onda sismica, assunta cautelativamente pari a 2000 m/s;

$\alpha_\varepsilon$  coefficiente di deformazione, variabile in funzione del tipo di onda e dell'angolo che essa forma con l'asse della condotta.

La massima curvatura della tubazione è data dalla seguente espressione:

$$k_g = a / (\alpha_k \cdot c)^2$$

dove

$a$  è l'accelerazione massima del terreno (m/s<sup>2</sup>);

$\alpha_k$  coefficiente di curvatura, variabile in funzione del tipo di onda e dell'angolo che essa forma con l'asse della condotta.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 68 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Per il calcolo delle deformazioni prodotte da ciascun tipo di onda si riporta di seguito la tabella, desunta dall'Appendice B delle ASCE 1984, nella quale sono riportate la massima deformazione assiale, la massima curvatura e i coefficienti di amplificazione della velocità di propagazione ( $\alpha_\varepsilon$ ,  $\alpha_k$ ).

Tipo Onda	Massima Deformazione	Fattori
S	$\varepsilon_g = -\frac{v}{2c}$	$\alpha_\varepsilon = 2.0$
	$k_g = \frac{a}{c^2}$	$\alpha_k = 1.0$
P	$\varepsilon_g = -\frac{v}{c}$	$\alpha_\varepsilon = 1.0$
	$k_g = \frac{a}{2.6c^2}$	$\alpha_k = 1.6$
R	$\varepsilon_g = -\frac{v}{c}$	$\alpha_\varepsilon = 1.0$
	$k_g = \frac{a}{c^2}$	$\alpha_k = 1.0$

Tabella 16

Indicando con  $\theta$  l'angolo di incidenza tra l'asse della tubazione e la direzione di propagazione del movimento sismico, le tensioni assiali e di flessione indotte dalle onde di taglio S, obliquamente incidenti l'asse della condotta, sono rispettivamente

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA}^S = E \frac{v}{c} \sin\theta \cdot \cos\theta$$

$$\sigma_{k,SISMA}^S = E \frac{D_e}{2} \frac{a}{c^2} \cos^3\theta$$

I valori massimi delle tensioni  $\sigma_\varepsilon$  e  $\sigma_k$  si hanno rispettivamente per  $\theta=45^\circ$  e  $\theta=0^\circ$ :

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA}^S = E \frac{v}{2c}$$

$$\sigma_{k,SISMA}^S = E \frac{D_e}{2} \frac{a}{c^2}$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 69 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Per quanto riguarda le onde di compressione P, le tensioni assiali e di flessione sono pari a:

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA}^P = E \frac{v}{c} \cos^2 \theta$$

$$\sigma_{k,SISMA}^P = E \frac{D_e}{2} \frac{a}{c^2} \sin \theta \cdot \cos^2 \theta$$

I valori massimi delle tensioni  $\sigma_{\varepsilon}$  e  $\sigma_k$  si hanno rispettivamente per  $\theta=0^\circ$  e  $\theta=35^\circ 16'$ :

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA}^P = E \frac{v}{c}$$

$$\sigma_{k,SISMA}^P = 0,385 E \frac{D_e}{2} \frac{a}{c^2}$$

Le massime tensioni assiali e di flessione indotte dalle onde superficiali R di Rayleigh valgono:

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA}^S = E \frac{v}{c}$$

$$\sigma_{k,SISMA}^S = E \frac{D_e}{2} \frac{a}{c^2}$$

### 5.2.2 Applicazione del criterio di verifica

Le massime tensioni assiali e di flessione si ottengono dalla combinazione delle tensioni dovute alle singole onde utilizzando il metodo della radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS method: Square Route Square Sum):

$$\sigma_{\varepsilon,SISMA} = \sqrt{(\sigma_{\varepsilon,SISMA}^S)^2 + (\sigma_{\varepsilon,SISMA}^P)^2 + (\sigma_{\varepsilon,SISMA}^R)^2}$$

$$\sigma_{k,SISMA} = \sqrt{(\sigma_{k,SISMA}^S)^2 + (\sigma_{k,SISMA}^P)^2 + (\sigma_{k,SISMA}^R)^2}$$

La massima tensione dovuta all'evento sismico risulta, quindi, pari a:

$$\sigma_{SISMA} = \sigma_{\varepsilon,SISMA} + \sigma_{k,SISMA}$$

La verifica allo scuotimento nel tratto di tubazione rettilineo viene effettuata ai sensi delle ASME B31.8, considerando due distinte ipotesi:

- condotta non vincolata o "unrestrained pipeline";
- condotta vincolata o "restrained pipeline".

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 70 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

### ***Unrestrained pipeline***

Per le condotte non vincolate, l'art. 833.6 lettera b) della norma ASME B31.8 prevede che la tensione longitudinale ( $\sigma_{LU}$ ) non sia superiore al 75% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LU} = S_p + \sigma_{SISMA} \leq 0,75\sigma_y$$

dove

$S_p$  è la tensione longitudinale dovuta alla pressione interna che, secondo quanto previsto dall'art. 833.2 lettera b) delle ASME 31.8, nel caso di condotte non vincolate è pari a:

$$S_p = 0,5 \cdot \sigma_H \text{ [N/m}^2\text{]}$$

in cui

$\sigma_H$  è la tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna che, secondo l'art. 805.233 delle ASME B31.8, è pari a:

$$\sigma_H = \frac{P \cdot D_e}{20 \cdot t} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

### ***Restrained pipeline***

Per le condotte vincolate, l'art. 833.3 lettera b) della norma ASME B31.8 prescrive di verificare che la tensione longitudinale ( $\sigma_{LR}$ ) non superi il 90% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LR} = -S_p + \sigma_{\Delta T} + \sigma_{SISMA} \leq 0,90\sigma_y$$

dove

$S_p$  è la tensione longitudinale dovuta alla pressione interna che, secondo quanto previsto dall'art. 833.2 lettera a) delle ASME 31.8, nel caso di condotte "restrained" è pari a:

$$S_p = 0,3 \cdot \sigma_H \text{ [N/m}^2\text{]};$$

$\sigma_{\Delta T}$  è la tensione dovuta alla dilatazione termica, pari a (ASME B31.8 art. 833.2 lettera c)):

$$\sigma_{\Delta T} = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \text{ [N/m}^2\text{]} \text{ in cui:}$$

$\alpha$  è il coefficiente di dilatazione termica, ipotizzato pari a  $12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  per l'acciaio;

$\Delta T$  è il salto termico, ipotizzato pari a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 71 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

Infine, l'art. 833.4 lettera a) della normativa ASME B31.8 prevede di verificare che la tensione equivalente calcolata secondo il criterio di Von Mises ( $\sigma_{VM}$ ) non sia superiore al 100% della tensione di snervamento (considerando carichi occasionali di breve durata secondo l'art. 833.4 lettera (c)):

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{LR}^2 + \sigma_H^2 - (\sigma_{LR} \cdot \sigma_H)} \leq \sigma_y$$

### 5.3 Verifica nel tratto di tubazione curvilineo

Come già accennato, l'interazione terreno-tubo va tenuta in considerazione nell'analisi dello stato tensionale indotto dal terremoto sugli elementi curvi della tubazione. Ipotizzando che la direzione dell'onda sismica sia parallela ad uno dei tratti rettilinei della curva, la lunghezza di scorrimento ( $L'$ ) della tubazione nel terreno su cui agisce la forza d'attrito  $t_u$  può essere calcolata utilizzando la seguente formula desunta dalle ASCE 1984:

$$L' = \frac{4A_P E \lambda}{3E_t} \left[ \sqrt{1 + \frac{3\varepsilon_{max} E_t}{2t_u \lambda}} - 1 \right] \quad [m]$$

dove

$A_P$  è l'area della sezione trasversale della condotta, pari a

$$A_P = \frac{\pi}{4} [D_e^2 - (D_e - 2t)^2] = 0,01117 \text{ m}^2$$

$H$  è la profondità di interramento minima, pari a 1,50 m;

$\lambda$  è la lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche, pari a

$$\lambda = \left( \frac{E_t}{4EI} \right)^{1/4} \quad [1/m]$$

$I$  momento d'inerzia della sezione trasversale del tubo, corrispondente a

$$I = \frac{\pi [D_e^4 - (D_e - 2t)^4]}{64} \quad [m^4]$$

$\varepsilon_{max}$  è la massima deformazione del terreno, pari a

$$\varepsilon_{max} = \frac{v_g}{c} \quad [-]$$

$t_u$  forza di attrito terreno-condotta, pari a

$$t_u = \frac{\pi D_e}{2} \gamma_t H (1 + K_o) t g \delta + W_p t g \delta \quad [N/m]$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 72 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

$W_p$  è il peso lineare della condotta, calcolato moltiplicando l'area della sezione trasversale della condotta ( $A_p$ ) per il peso specifico dell'acciaio ( $\gamma_a$ ) pari a 77.008,5 N/m<sup>3</sup>:

$$W_p = A_p \cdot \gamma_a \quad [\text{N/m}]$$

La forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale (parallelo alla direzione del movimento sismico) è:

$$s = \Delta \left( \frac{E_t}{2\lambda} + \frac{2\lambda^2 K^* EI}{r_0 \pi} \right) \quad [\text{N}]$$

dove:

$r_0$  è il raggio di curvatura dell'elemento curvo pari a 3\*DN;

$\Delta$  è lo spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento della stessa nel terreno, pari a:

$$\Delta = \frac{\varepsilon_{max} L' - \frac{t_u L'^2}{2A_p E}}{1 + \frac{E_t L'}{2\lambda A_p E} + 2 \frac{\lambda^2 L' I}{\pi A_p r_0}} \quad [\text{m}]$$

$K^*$  è il coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili, corrispondente a:

$$K^* = 1 - \frac{9}{10 + 12 \left( \frac{t_c r_0}{D_e^2} \right)^2} \quad [-]$$

Il momento flettente sulla curva è pari a:

$$M = \Delta \frac{2\lambda K^* EI}{r_0 \pi} \quad [\text{Nm}]$$

La tensione assiale sulla curva dovuta alla forza  $s$  è pari a:

$$\sigma_{SISMA}^s = \frac{s}{A_p} \quad [\text{N/m}^2]$$

La tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente  $M$  vale:

$$\sigma_{SISMA}^M = K_1 \frac{M D_e}{2I} \quad [\text{N/m}^2]$$

dove

$K_1$  è il fattore di intensificazione dello stress, pari a:

$$K_1 = \frac{2}{3K^*} \left\{ 3 \left[ \frac{6}{5 + 6(t_c r_0 / D_e^2 / 4)^2} \right] \right\}^{-1/2} \quad [-]$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 73 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

### 5.3.1 *Applicazione del criterio di verifica*

La tensione totale sulla curva in seguito all'evento sismico risulta, pari a:

$$\sigma_{SISMA}^{Curva} = \sigma_{SISMA}^S + \sigma_{SISMA}^M$$

Anche in questo caso le verifiche di controllo sullo stato tensionale vengono effettuate ai sensi delle ASME B31.8 tenendo conto di due ipotesi:

- condotta non vincolata o “unrestrained pipeline”;
- condotta vincolata o “restrained pipeline”.

#### ***Unrestrained pipeline***

Per le condotte non vincolate, l'art. 833.6 lettera b) della norma ASME B31.8 prevede che la tensione longitudinale ( $\sigma_{LU}$ ) non sia superiore al 75% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LU} = S_p + \sigma_{SISMA}^{Curva} \leq 0,75\sigma_y$$

dove

$S_p$  è la tensione longitudinale dovuta alla pressione interna che, secondo quanto previsto dall'art. 833.2 lettera b), nel caso di condotte non vincolate è pari a  $S_p = 0,5 \cdot \sigma_H$  [N/m<sup>2</sup>]

in cui

$\sigma_H$  è la tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna che, secondo l'art. 805.233 delle ASME B31.8, è pari a:

$$\sigma_H = \frac{P \cdot D_e}{20 \cdot t_c} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 74 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

### ***Restrained pipeline***

Per le condotte vincolate, l'art. 833.3 lettera b) della norma ASME B31.8 prescrive di verificare che la tensione longitudinale ( $\sigma_{LR}$ ) non superi il 90% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LR} = -S_P + \sigma_{\Delta T} + \sigma_{SISMA}^{Curva} \leq 0,90\sigma_y$$

dove

$S_P$  è la tensione longitudinale dovuta alla pressione interna che, secondo quanto previsto dall'art. 833.2 lettera a) delle ASME 31.8, nel caso di condotte "restrained" è pari a

$$S_P = 0,3 \cdot \sigma_H \text{ [N/m}^2\text{];}$$

$\sigma_{\Delta T}$  è la tensione dovuta alla dilatazione termica, pari a (ASME B31.8 art. 833.2 lettera c)):

$$\sigma_{\Delta T} = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \text{ [N/m}^2\text{]} \text{ in cui:}$$

$\alpha$  è il coefficiente di dilatazione termica, ipotizzato pari a  $12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  per l'acciaio;

$\Delta T$  è il salto termico, ipotizzato pari a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Infine, è necessario precisare che la normativa ASME B31.8, nell'art. 833.4 lettera (f), prevede che la verifica sulla tensione equivalente calcolata secondo il criterio di Von Mises venga effettuata esclusivamente per porzioni di tubazione rettilinee.

## **6 TABELLE RIEPILOGATIVE DEI RISULTATI OTTENUTI**

Di seguito si riportano le tabelle con i risultati ottenuti relativamente alla verifica a scuotimento eseguita, per i cinque siti indicati al precedente paragrafo 4.2, sia sul tratto rettilineo sia su quello curvilineo.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 75 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO RETTILINEO			
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{e,sisma}^S$	17.007.455	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{k,sisma}^S$	35.689	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{e,sisma}^P$	34.014.911	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{k,sisma}^P$	13.740	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{e,sisma}^R$	34.014.911	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{k,sisma}^R$	35.689	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla deformazione assiale (tratto rettilineo)	$\sigma_{e,sisma}$	51.022.366	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla curvatura (tratto rettilineo)	$\sigma_{k,sisma}$	52.309	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}$	<b>51.074.675</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO RETTILINEO			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	115.807.685	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto rettilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	125.634.869	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Tensione equivalente secondo Von Mises	$\sigma_{VM}$	127.593.590	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica combinata (secondo Von Mises)</b> $\sigma_{VM} \leq \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 17: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti rettilinei del sito A  
(Località Guardialfiera)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 76 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO IN CURVA</b>			
Momento di inerzia della sezione trasversale del tubo	$I$	0,0001667	[m <sup>4</sup> ]
Lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche	$\lambda$	0,5603143	[1/m]
Peso lineare della condotta	$W_p$	860	[N/m]
Forza di attrito terreno-condotta	$t_u$	5.017	[N/m]
Massima deformazione del terreno	$\varepsilon_{max}$	0,0001620	[-]
Lunghezza dello scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito $t_u$	$L'$	61,1	[m]
Spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento nel terreno	$\Delta$	0,0039597	[m]
Coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili	$K^*$	0,2139570	[-]
Forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale parallelo all'onda sismica	$s$	54.317	[N]
Momento flettente agente sulla curva	$M$	9.915	[N*m]
Fattore di intensificazione dello stress	$K_1$	1,76	[-]
Tensione assiale sulla curva dovuta alla forza $s$	$\sigma_{sisma}^s$	4.861.286	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente $M$	$\sigma_{sisma}^M$	18.586.283	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}^{curva}$	<b>23.447.569</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO IN CURVA</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	88.180.579	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto curvilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	98.007.763	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 18: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti in curva del sito A  
(Località Guardialfiera)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 77 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{e,sisma}^S$	18.016.107	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{k,sisma}^S$	37.118	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{e,sisma}^P$	36.032.214	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{k,sisma}^P$	14.291	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{e,sisma}^R$	36.032.214	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{k,sisma}^R$	37.118	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla deformazione assiale (tratto rettilineo)	$\sigma_{e,sisma}$	54.048.321	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla curvatura (tratto rettilineo)	$\sigma_{k,sisma}$	54.404	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}$	<b>54.102.724</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME</b> <b>B31.8</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	118.835.734	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto rettilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	128.662.919	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Tensione equivalente secondo Von Mises	$\sigma_{VM}$	129.066.343	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica combinata (secondo Von Mises)</b> $\sigma_{VM} \leq \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 19: *risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti rettilinei del sito B (Località Lupara)*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 78 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO IN CURVA			
Momento di inerzia della sezione trasversale del tubo	$I$	0,0001667	[m <sup>4</sup> ]
Lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche	$\lambda$	0,5603143	[1/m]
Peso lineare della condotta	$W_p$	860	[N/m]
Forza di attrito terreno-condotta	$t_u$	5.017	[N/m]
Massima deformazione del terreno	$\epsilon_{max}$	0,0001716	[-]
Lunghezza dello scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito $t_u$	$L'$	64,1	[m]
Spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento nel terreno	$\Delta$	0,0043586	[m]
Coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili	$K^*$	0,2139570	[-]
Forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale parallelo all'onda sismica	$s$	59.789	[N]
Momento flettente agente sulla curva	$M$	10.914	[N*m]
Fattore di intensificazione dello stress	$K_1$	1,76	[-]
Tensione assiale sulla curva dovuta alla forza $s$	$\sigma_{sisma}^s$	5.351.039	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente $M$	$\sigma_{sisma}^M$	20.458.767	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}^{Curva}$	<b>25.809.806</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO IN CURVA			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	90.542.816	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto curvilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	100.370.000	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 20: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti in curva del sito B  
(Località Lupara)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 79 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{e, sisma}^S$	18.643.048	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{k, sisma}^S$	38.410	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{e, sisma}^P$	37.286.095	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{k, sisma}^P$	14.788	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{e, sisma}^R$	37.286.095	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{k, sisma}^R$	38.410	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla deformazione assiale (tratto rettilineo)	$\sigma_{e, sisma}$	55.929.143	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla curvatura (tratto rettilineo)	$\sigma_{k, sisma}$	56.297	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}$	<b>55.985.440</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME</b> <b>B31.8</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	120.718.449	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto rettilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	130.545.634	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Tensione equivalente secondo Von Mises	$\sigma_{VM}$	130.009.189	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica combinata (secondo Von Mises)</b> $\sigma_{VM} \leq \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 21: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti rettilinei del sito C  
(Località Petrella Tifernina)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 80 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO IN CURVA			
Momento di inerzia della sezione trasversale del tubo	I	0,0001667	[m <sup>4</sup> ]
Lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche	$\lambda$	0,5603143	[1/m]
Peso lineare della condotta	$W_p$	860	[N/m]
Forza di attrito terreno-condotta	$t_u$	5.017	[N/m]
Massima deformazione del terreno	$\epsilon_{max}$	0,0001776	[-]
Lunghezza dello scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito $t_u$	$L'$	65,9	[m]
Spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento nel terreno	$\Delta$	0,0046128	[m]
Coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili	$K^*$	0,2139570	[-]
Forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale parallelo all'onda sismica	s	63.277	[N]
Momento flettente agente sulla curva	M	11.551	[N*m]
Fattore di intensificazione dello stress	$K_1$	1,76	[-]
Tensione assiale sulla curva dovuta alla forza s	$\sigma_{sisma}^s$	5.663.200	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente M	$\sigma_{sisma}^M$	21.652.260	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}^{Curva}$	<b>27.315.459</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO IN CURVA			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	92.048.469	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto curvilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	101.875.653	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 22: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti in curva del sito C  
(Località Petrella Tifernina)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 81 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{\epsilon, \text{sisma}}^S$	19.768.121	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{k, \text{sisma}}^S$	39.316	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{\epsilon, \text{sisma}}^P$	39.536.241	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{k, \text{sisma}}^P$	15.137	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{\epsilon, \text{sisma}}^R$	39.536.241	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{k, \text{sisma}}^R$	39.316	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla deformazione assiale (tratto rettilineo)	$\sigma_{\epsilon, \text{sisma}}$	59.304.362	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla curvatura (tratto rettilineo)	$\sigma_{k, \text{sisma}}$	57.625	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{\text{sisma}}$	<b>59.361.987</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME</b> <b>B31.8</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	124.094.997	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto rettilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	133.922.181	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Tensione equivalente secondo Von Mises	$\sigma_{VM}$	131.750.632	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica combinata (secondo Von Mises)</b> $\sigma_{VM} \leq \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 23: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti rettilinei del sito D  
(Località Montagano)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 82 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO IN CURVA</b>			
Momento di inerzia della sezione trasversale del tubo	$I$	0,0001667	[m <sup>4</sup> ]
Lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche	$\lambda$	0,5603143	[1/m]
Peso lineare della condotta	$W_p$	860	[N/m]
Forza di attrito terreno-condotta	$t_u$	5.017	[N/m]
Massima deformazione del terreno	$\varepsilon_{max}$	0,0001883	[-]
Lunghezza dello scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito tu	$L'$	69,2	[m]
Spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento nel terreno	$\Delta$	0,0050807	[m]
Coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili	$K^*$	0,2139570	[-]
Forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale parallelo all'onda sismica	$s$	69.696	[N]
Momento flettente agente sulla curva	$M$	12.723	[N*m]
Fattore di intensificazione dello stress	$K_1$	1,76	[-]
Tensione assiale sulla curva dovuta alla forza s	$\sigma_{sisma}^s$	6.237.658	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente M	$\sigma_{sisma}^M$	23.848.602	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}^{Curva}$	<b>30.086.260</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO IN CURVA</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	94.819.270	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto curvilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	104.646.454	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 24: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti in curva del sito D  
(Località Montagano)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 83 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

<b>STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{e,sisma}^S$	20.883.612	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di taglio "S"	$\sigma_{k,sisma}^S$	40.166	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{e,sisma}^P$	41.767.224	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde di compressione "P"	$\sigma_{k,sisma}^P$	15.464	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla deformazione orizzontale del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{e,sisma}^R$	41.767.224	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione dovuta alla curvatura del suolo per il passaggio delle onde superficiali "R"	$\sigma_{k,sisma}^R$	40.166	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla deformazione assiale (tratto rettilineo)	$\sigma_{e,sisma}$	62.650.836	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione totale dovuta alla curvatura (tratto rettilineo)	$\sigma_{k,sisma}$	58.871	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}$	<b>62.709.707</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME</b> <b>B31.8</b> <b>TRATTO RETTILINEO</b>			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	127.442.717	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto rettilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	137.269.902	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Tensione equivalente secondo Von Mises	$\sigma_{VM}$	133.539.089	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica combinata (secondo Von Mises)</b> $\sigma_{VM} \leq \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 25: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti rettilinei del sito E  
(Località Ripalimosani)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> 5733-1	<b>UNITA'</b> 001
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONE MOLISE	<b>SPC. RT-D-0003</b>	
	<b>IMPIANTO</b> RIFACIMENTO GASDOTTO DI RETE REGIONALE LARINO - SORA - COLLEFERRO TRATTO LARINO-MONTAGANO – LOTTO 2 DN 350 (14") DP 75 bar	Pagina 84 di 84	<b>Rev.</b> 1

Rif. BE: 4236/01

STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLE ASCE 1984 TRATTO IN CURVA			
Momento di inerzia della sezione trasversale del tubo	I	0,0001667	[m <sup>4</sup> ]
Lunghezza d'onda apparente delle onde sismiche	$\lambda$	0,5603143	[1/m]
Peso lineare della condotta	$W_p$	860	[N/m]
Forza di attrito terreno-condotta	$t_u$	5.017	[N/m]
Massima deformazione del terreno	$\epsilon_{max}$	0,0001989	[-]
Lunghezza dello scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito tu	L'	72,4	[m]
Spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento nel terreno	$\Delta$	0,0055588	[m]
Coefficiente adimensionale utilizzato nel calcolo delle curve flessibili	$K^*$	0,2139570	[-]
Forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale parallelo all'onda sismica	s	76.253	[N]
Momento flettente agente sulla curva	M	13.920	[N*m]
Fattore di intensificazione dello stress	$K_1$	1,76	[-]
Tensione assiale sulla curva dovuta alla forza s	$\sigma_{sisma}^s$	6.824.559	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente M	$\sigma_{sisma}^M$	26.092.516	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Tensione totale dovuta al sisma (tratto rettilineo)</b>	$\sigma_{sisma}^{Curva}$	<b>32.917.075</b>	[N/m <sup>2</sup> ]
VERIFICA STATO TENSIONALE DOVUTO ALLO SCUOTIMENTO SISMICO AI SENSI DELLA NORMA ASME B31.8 TRATTO IN CURVA			
Unrestrained Pipeline (condotta non vincolata)			
Tensione circonferenziale dovuta alla pressione interna	$\sigma_H$	129.466.019	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	64.733.010	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "unrestrained"	$\sigma_{LU}$	97.650.084	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LU} \leq 0,75 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		
Restrained Pipeline (condotta vincolata)			
Tensione dovuta alla dilatazione termica (tratto curvilineo)	$\sigma_{\Delta T}$	113.400.000	[N/m <sup>2</sup> ]
Tensione longitudinale dovuta alla pressione interna	$S_p$	38.839.806	[N/m <sup>2</sup> ]
Combinazione delle tensioni longitudinali in condizioni "restrained"	$\sigma_{LR}$	107.477.269	[N/m <sup>2</sup> ]
<b>Verifica allo snervamento</b> $\sigma_{LR} \leq 0,90 \sigma_y$	<b>verifica soddisfatta</b>		

Tabella 26: risultati della verifica a scuotimento eseguita per i tratti in curva del sito E  
(Località Ripalimosani)