

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 1 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

RIFACIMENTO METANODOTTO MESTRE-TRIESTE
TRATTO CASALE SUL SILE-GONARS DN 400 (16"), DP 75 bar
ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE SISMICA



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
1	Emissione per Permessi	G.Canna	G. Vecchio	H.D. Aiudi	01/12/2017
0	Emissione per Commenti	G.Canna	G. Vecchio	H.D. Aiudi	27/10/2017

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 2 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	SISMICITA'	5
2.1	Classificazione sismica regionale e zonazione sismica	5
2.2	Sismicità storica e sismotettonica	9
2.3	Pericolosità sismica del territorio	12
2.4	Pericolosità sismica di base del tracciato	13
2.5	Parametri sismici	16
2.6	Pericolosità sismica di sito	17
2.7	Liquefazione dei terreni	29
3.	CONCLUSIONI	32
4.	ANNESSO	32
	Annesso 1 – Verifica strutturale allo scuotimento	32

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 3 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

1. PREMESSA

Lo studio sismico cui si riferisce la presente relazione, rientra nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento Mestre - Trieste - tratto Casale sul Sile-Gonars" ed opere connesse. Il progetto si sviluppa nelle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia interessando le provincie di Treviso e Venezia in Veneto e Pordenone e Udine in Friuli Venezia Giulia. L'opera in progetto attraversa i seguenti 22 comuni: Silea, Roncade, Monastier di Treviso, Zenson di Piave, Salgareda, Chiarano, Motta di Livenza, San Stino di Livenza, Annone Veneto, Pramaggiore, Portogruaro, Cinto Caomaggiore, Gruaro, Teglio Veneto, Cordovado, Morsano al Tagliamento, Varmo, Rivignano Teor, Pocenia, Castions di Strada, Porpetto e Gonars.

Dal punto di vista geomorfologico gli interventi progettuali intercettano aree che presentano una elevata omogeneità spaziale in termini geologici e geomorfologici, infatti, l'area interessata dal progetto si colloca all'interno del contesto territoriale della medio-bassa pianura veneto-friulana.

Le origini della pianura veneto-friulana sono legate principalmente allo sviluppo dei grandi fiumi che la attraversano, quali in Brenta, il Piave, il Tagliamento e l'Isonzo, caratterizzati da estesi bacini idrografici alpini, sede di numerosi ed imponenti ghiacciai nel Pleistocene. Il progredire dell'azione erosiva, nonché deposizionale di tali corsi d'acqua ha dato vita alla formazione degli ampi sistemi di megafan alluvionali, i quali caratterizzato geologicamente e geomorfologicamente l'area in esame.

L'area, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, con assenza di pendenze significative, è costituita principalmente da depositi alluvionali a granulometria fine (argille e limi) e da depositi alluvionali a granulometria media (sabbie). Inoltre, in prossimità degli alvei fluviali attuali e nelle aree interessate, in passato, dall'evoluzione degli stessi, sono presenti depositi alluvionali a granulometria grossolana (ghiaie). Questa variazione granulometrica è dovuta ad una graduale perdita di energia da parte della corrente idrica che determina la naturale selezione del materiale, venendo deposto quello le cui dimensioni non erano più compatibili con la capacità di trasporto del corso d'acqua. Per tale motivo i depositi alluvionali passano gradualmente, con notevole irregolarità sia verticali sia orizzontali, dalle ghiaie e sabbie ai limi e argille.

Oltre a questi depositi, di origine alluvionale, si rinvengono materiali formati nei periodi in cui l'ambiente era di tipo palustre e la sedimentazione pressoché assente (in particolare: Biotopo Selvuccis e Prat dal Top e Paludi di Gonars). In queste condizioni vi era abbondante accumulo di materia organica vegetale, in condizioni sostanzialmente anossiche, con conseguente formazione di depositi torbosi. Tali depositi si presentano per lo più sotto forma di lenti poste a profondità variabili a eventi di limitata continuità laterale.

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.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 4 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

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, per individuare la pericolosità sismica lungo il tracciato, sono stati acquisiti ed analizzati tutti i dati bibliografici, cartografici o d'archivio disponibili.

Lo studio è redatto in conformità con quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC del 14/01/2008.

Inoltre sono state eseguite le verifiche strutturali delle condotte allo scuotimento sismico prendendo in considerazione il massimo terremoto di progetto previsto lungo il tracciato, calcolato in accordo a quanto previsto dalle nuove norme tecniche delle costruzioni (vedi Annesso doc. 00-RT-E-5021)). Nello studio le sollecitazioni calcolate attraverso il metodo di verifica descritto nelle "Guidelines For The Design Of Buried Steel Pipe" e alle "Guidelines for the Seismic Design and Assessment of Natural Gas and Liquid Hydrocarbon Pipelines, vengono confrontate con gli ammissibili previsti dalla normativa internazionale di riferimento.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 5 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

2. **SISMICITA'**

2.1 **Classificazione sismica regionale e zonazione sismica**

Tutti i Comuni interessati, in base alla normativa antecedente alle N.T.C. 2008, ossia l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la DGR 153 del 02/03/2004 ricadono in zona sismica 3, pericolosità sismica medio-bassa.

Comune	Categoria secondo il decreto MLP (1984)	Categoria secondo la proposta del GDL (1998)	Zona ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 e ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale n. 14964 (2003)
Silea	4	3	3
Roncade	4	3.	3
Monastier di Treviso	4	3	3
Zenson di Piave	4	3	3
Salgareda	4	3	3
Chiarano	4	3	3
Motta di Livenza	4	3	3
San Stino di Livenza	4	3	3
Annone Veneto	4	3	3
Pramaggiore	4	3	3
Portogruaro	4	3	3
Cinto Caomaggiore	4	3	3
Gruaro	4	3	3
Teglio Veneto	4	3	3
Cordovado	4	3	3
Morsano al Tagliamento	4	3	3
Varmo	4	3	3
Rivignano-Teor	4	3	3
Pocenia	4	3	3
Castions di Strada	4	3	3

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 6 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Comune	Categoria secondo il decreto MLP (1984)	Categoria secondo la proposta del GDL (1998)	Zona ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 e ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale n. 14964 (2003)
Porpetto	4	3	3
Gonars	4	3	3

Il grado di pericolosità sismica del territorio della pianura veneto-friulana risulta in prevalenza legato alla presenza di numerose 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/B, la pianura veneto-friulana risulta letteralmente circondata da aree sismogenetiche caratterizzate da elevata densità di faglie attive.

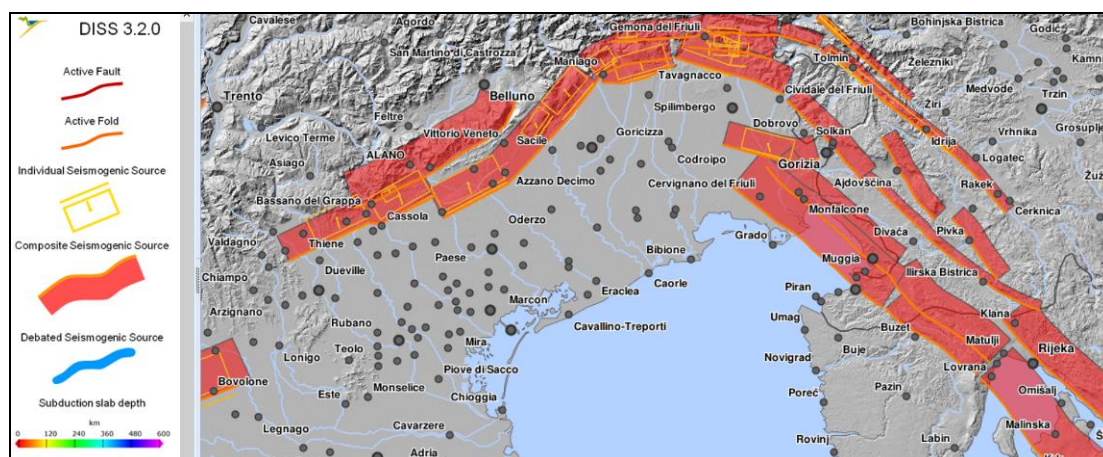


Fig. 2.1/B– Stralcio del Database of individual Seismogenic Source

La zona che interessa l'area in esame non ricade all'interno di nessuna zona sismogenetica, come visibile in figura 2.1/C

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 7 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

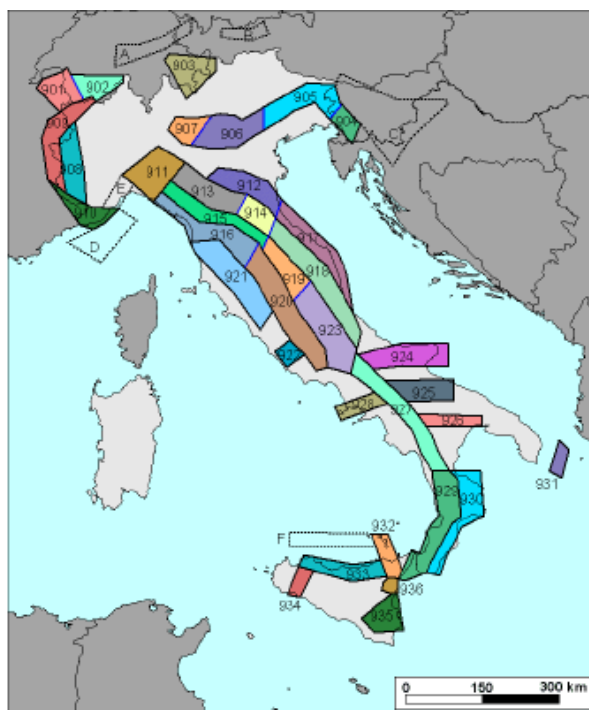


Fig. 2.1/C – Zonizzazione sismogenetica

Infatti, essa è bordata dalla zona 904 verso est, dalle zone 905 e 906 verso nord e dalla zona 912 verso sud-ovest. Nel settore delle zone 904, 905 e 906 vi è la convergenza tra la placca adriatica e quella europea ed è caratterizzato da strutture e pieghe sud-vergenti e dalle dislocazioni inverse e di svincolo ad esse associate. Nelle zone ad est del confine friulano le faglie sono di tipo trascorrente destro ad andamento dinarico (NW-SE). La zona 912, che appartiene all'Appennino settentrionale e centrale, è longitudinale rispetto all'asse della catena con presenza di strutture nord-est vergenti ed alle dislocazioni inverse e di svincolo ad esse associate. La zona 912 rappresenta la fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale dove la sismicità sembra evidenziare come la parte più attiva sia il fronte compressivo sepolto a ridosso del Fiume Po.

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata 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 associare una probabilità, e quindi una incertezza, ad un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 8 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

In base a questo approccio, e secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche del 2008, 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 metanodotto in cui si evince che il valore di a_g è compreso tra 0,125 e 0,200 (Figura 2.1/D).

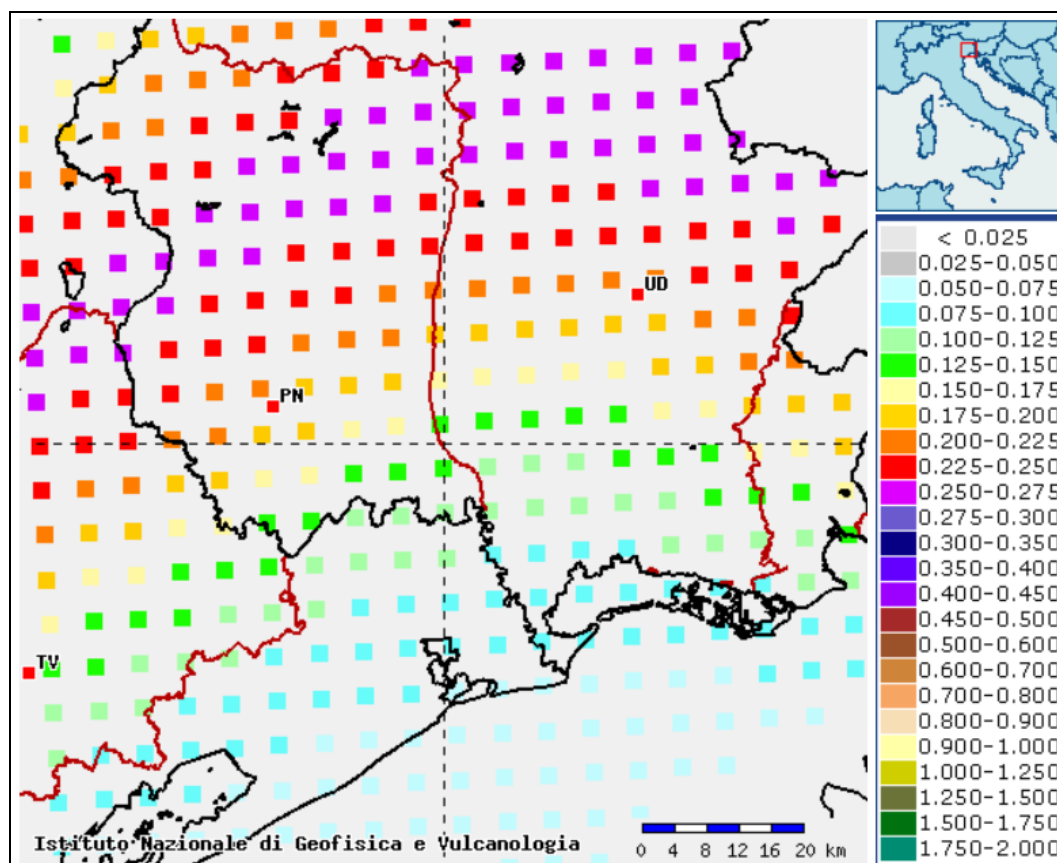


Fig. 2.1/D – Mappa di Pericolosità Sismica per i comuni interessati dalla realizzazione del metanodotto in progetto espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni).

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 9 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

2.2 Sismicità storica e sismotettonica

Il territorio della pianura veneto-friulana è caratterizzato da una sismicità storica di un certo rilievo soprattutto nella fascia pedemontana (Verona, Vicenza, Gemona e Cividale) e prealpina (Belluno e Tramonti) dove si sono verificati alcuni terremoti di forte intensità, mentre la sismicità nella fascia di media e bassa pianura ed in quella dei settori alpini risulta decisamente modesta. La maggior parte dei terremoti principali si sono verificati diversi secoli or sono e pertanto sia la localizzazione che l'intensità sono piuttosto incerti come, ad esempio, nel caso del terremoto del 1117 che una localizzazione non del tutto soddisfacente colloca nel veronese. La parametrizzazione dei sismi è più precisa per alcuni di epoca storica quali i terremoti dell'Alpago (1873) e del Cansiglio (1936) in Veneto e di Tolmezzo (1926) in Friuli. Quello di Gemona (1976), in Friuli, è stato misurato dalla rete. Nella seguente tabella vengono riportati i più gravi eventi sismici che hanno interessato il Veneto ed il Friuli nell'ultimo millennio:

Data	Intensità (MCS)	Effetti
25-gennaio-1348	IX	Alpi Giulie. Epicentro Villach (Austria). Crolli e danni gravissimi a Gemona, San Daniele del Friuli, Tolmezzo, Venzone e altre località dell'udinese. Danni più lievi e isolati si ebbero a Trento, Venezia e Bolzano. A Padova, Vicenza e Verona il terremoto non fece danni ma fu avvertito così fortemente da causare il panico: la popolazione si riversò nelle strade e alcune persone rimasero schiacciate nella calca. Il numero totale delle vittime del terremoto fu molto alto (forse alcune migliaia) ma resta imprecisato.
26-marzo-1511	IX	Friuli-Slovenia. Epicentro al confine con la Slovenia, a nord-est di Faedis. Evento importante ed avvertito in tutto il nord-est, gravi danni a Udine e Venezia dove l'acqua dei canali mostra movimenti anomali. Crolli (con morti) a Cividale e Tolmino. Danni anche in Istria, Carinzia e Lubiana. Edifici lesionati a Trieste dove si verifica un leggero tsunami, con l'acqua ad invadere porto e viale a mare. Stimate circa 10mila vittime.
25-febbraio-1695	X	Asolano. Epicentro tra Crespignaga e Coste. Sisma all'alba. Colpita l'area pedemontana veneta ma avvertito in tutto il nord-est. Danni maggiori ad Asolo dove si contano 1500 case distrutte ed una cinquantina di morti. Almeno 60 i siti interessati. I paesi più colpiti: Cavaso, Segusino, Crespignaga, Pederobba, San Zenone, Altivole, Valdobbiadene. Lesioni anche a Vicenza, Bassano, Padova, Verona. Effetti minori fino a Parma e Reggio Emilia.
10-luglio-1776	VIII-IX	Prealpi Friulane. Epicentro a nord di Poffabro. Paesi più danneggiati Tramonti di Sopra e Tramonti di Sotto. Colpite anche le valli del Meduna e del Colvena. Lesioni anche a Vicenza e Padova. Avvertito in tutto il nord-est ed in Svizzera. Ignoto il numero delle vittime.
07-giugno-1794	VIII-IX	Prealpi Friulane. Evento simile a quello del 1776 ma ancora più intenso. Epicentro a Tramonti di Mezzo. Interessata l'alta valle del torrente Meduna. Tra i paesi più danneggiati Tramonti, Maniago e Tolmezzo.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 10 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Data	Intensità (MCS)	Effetti
29-giugno-1873	IX-X	Alpago Cansiglio. Epicentro tra Garna e Cornei, nella zona del lago di Santa Croce. Sisma all'alba. Gravi danni a Belluno dove la metà degli edifici (duomo compreso) subisce lesioni importanti. Crolli nella conca di Alpago e nel Cansiglio. La zona più colpita tra Belluno, Pordenone e Conegliano. Lesioni anche a Treviso, Verona e Venezia. Avvertito da Genova alle Marche ed in Svizzera. Decine di vittime.
27-marzo-1928	IX	Carnia. Epicentro nei pressi di Pusea. Gravi danni in Val d'Arzino. Tra i paesi più colpiti Alesso, Marins, Tramonti, Vito d'Asio, Chiaicis, S. Stefano, Pusea. Una decina le vittime.
18-ottobre-1936	IX	Alpago Cansiglio. Epicentro ad est di Fadalto. Interessata la zona circostante l'altipiano del Cansiglio ed il territorio di tre province attuali (Belluno, Treviso, Pordenone). Principali paesi con gravi danni: Stevenà, Fiaschetti, Cornei, la conca d'Alpago. Crolli vari a Sacile, Belluno, Vittorio Veneto, Conegliano, S. Vito. Lesioni pure a Bolzano e Venezia.
06-maggio-1976	IX-X	Friuli. Evento intorno alle ore 21. Ancora scientificamente discussa l'esatta sede dell'epicentro, dal punto di vista macrosismico situata tra Gemona ed Artegnà, completamente distrutti. Sisma devastante che travolge un'intera regione, in particolare l'area a nord di Udine. Una settantina i comuni colpiti, 45 dei quali "rasi al suolo" secondo la definizione ufficiale. Gravi danni anche in Slovenia orientale. Segue una lunga sequenza sismica.
15-settembre-1976	VIII-IX	Friuli. Epicentro ad est di Osoppo. Scossa appartenente alla sequenza sismica del precedente. Ciò che era rimasto ancora in piedi, crolla definitivamente. Particolarmente colpiti Trasaghis, Osoppo, Gemona, Buja, Venzona. La ricostruzione risulterà efficiente e completata in una decina di anni. Il conto definitivo delle vittime consta di 989 unità, 45mila i senzatetto

Tab. 2.2/A – Tabella intensità sismica storica pianura veneto-friulana ricavato da Archivio Storico Macrosismico Italiano dal 1000 al 2014 secondo CPT115

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 11 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

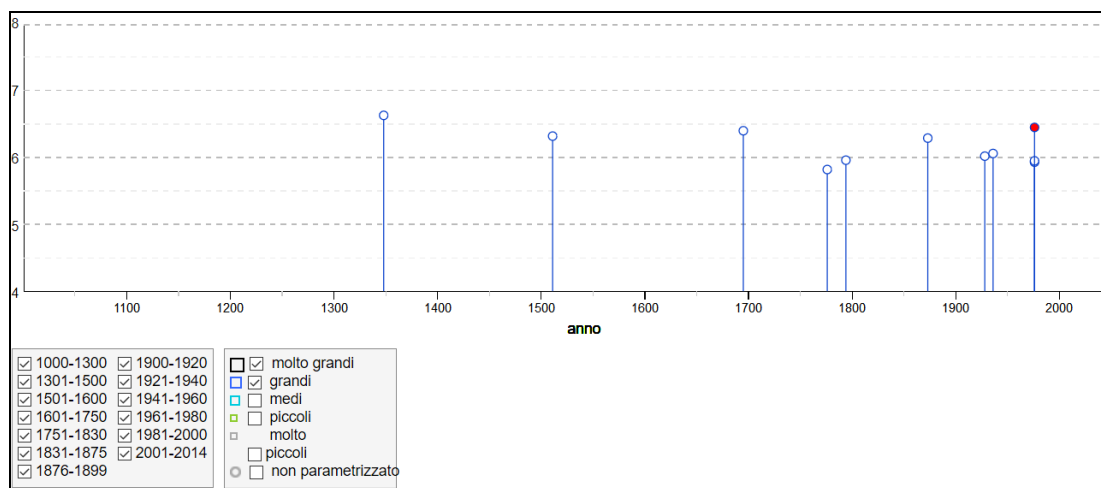
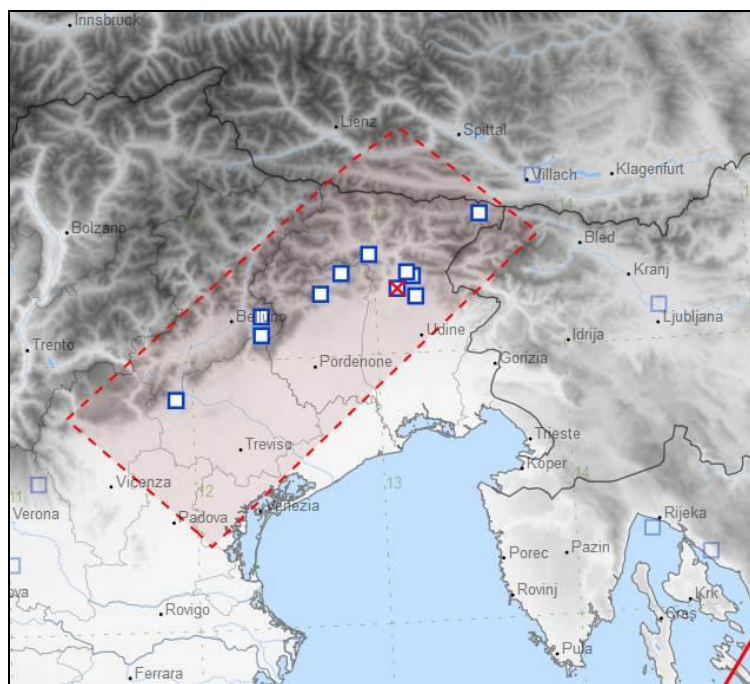


Fig. 2.2/B – Localizzazione e intensità sismica (Mw) provenienti da CPT115 (Rovida et al., 2016)

Analizzando la distribuzione della sismicità sia storica che recente si vede come gli eventi sono concentrati nella fascia dei rilievi della pedemontana a sud, fino alla parte più interna della catena a nord e in senso longitudinale si trovano dalla zona del gemonese fino a comprendere la Carnia e le Dolomiti friulane. I dati macrosismici relativi ai terremoti storici e le localizzazioni automatiche di eventi recenti suggeriscono che la maggior parte dei terremoti che hanno colpito l'area di studio fino ad ora sono piuttosto superficiali ed hanno interessato in particolare la regione Friuli Venezia Giulia.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 12 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Infatti, il più forte terremoto che ha colpito la regione e la confinante Slovenia Occidentale e di cui si abbia memoria è l'evento del 26 marzo 1511 con zona epicentrale Idrija, ad una cinquantina di km dal confine con il Friuli. Un altro evento che in precedenza si è generato nella regione è l'evento del 1348 che colpì la Carnia (epicentro) e distrusse gran parte della regione ma anche della Carinzia.

Il terremoto del 1873 avvenne il mattino del 29 giugno; la prima scossa fu registrata alle ore 4 e 55 minuti; l'epicentro fu calcolato nel bacino dell'Alpago, ma le scosse furono avvertite in tutto il Veneto e anche oltre. I maggiori danni si ebbero, oltre che in Alpago, anche in Val Lapisina e nei comuni che si distendono ai piedi del Cansiglio, lungo la fascia collinare, da Vittorio Veneto a Sacie, fino a Montereale.

Passarono circa una sessantina d'anni di relativa calma sismica prima che un nuovo terremoto, di intensità pari al IX della scala MCS, tornasse a colpire queste zone. Il fenomeno si verificò qualche ora prima dell'alba, alle quattro e dieci minuti del 18 ottobre del 1936. L'ipocentro sismico venne individuato a 17 chilometri di profondità sotto l'altipiano del Cansiglio. Non ci furono morti, anche i danni furono più lievi della volta precedente. Dopo la scossa principale si ebbero numerose repliche nei giorni successivi, fino al mese di marzo del 1937.

Gli eventi più forti che hanno colpito la regione negli ultimi decenni sono, il terremoto del Friuli del 6 maggio 1976 ($M_s=6.5$) e quello di Moggio del 14 febbraio 2002 ($M_I=4.9$). Al di fuori della regione, da menzionare la sequenza di Bovec-Krn del 1998 ($M_s=5.7$) e l'evento del 2004 con medesima zona epicentrale.

Il terremoto del Friuli è l'evento più forte registrato nell'Italia nord-orientale. Il sisma principale fu preceduto da un precursore ($M_s=4.5$) e fu seguito da una lunga serie di repliche. In particolare, due di queste accadute il 15 settembre '76 furono molto forti ($M_s=6.0$ e 6.1).

Per quanto riguarda il Veneto, oltre agli eventi del 25 febbraio 1695 con epicentro ad Asolo e del 29 giugno 1873 con epicentro ad Alpago e Cansiglio, in base ai dati storici più recenti ed avanzati, il terremoto di Verona del 03 gennaio 1117 con intensità pari a IX, di quasi nove secoli fa, è considerato il massimo evento storico di una calamità, espressione della dinamica naturale del nostro pianeta, che ha colpito l'Italia Settentrionale.

2.3 Pericolosità sismica del territorio

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC 2008 e di dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

In base alle Norme Tecniche del 2008 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

Per la determinazione delle azioni sismiche (allegati A e B del D.M. 08) 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.

Il territorio nazionale è catalogato con 10751 punti disseminati in modo omogeneo con una maglia quadrata con lato di 5,5 km circa, quindi si è in grado di determinare dato un certo punto geografico, quale terremoto ha una certa probabilità di verificarsi.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 13 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica dell'INGV, da cui è stata tratta la tabella A1 delle NTC, è costituita da mappe di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Le Norme Tecniche utilizzano gli stessi nodi su cui sono state condotte le stime di pericolosità sismica da parte di 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 metanodotto in oggetto attraversa, per tutto il suo percorso, aree caratterizzate da morfologia pianeggiante.

Con riferimento al contesto litostratigrafico e tettonico del corridoio interessato dal tracciato del metanodotto 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 interessa depositi alluvionali a granulometria da fine a grossolana ricoperti da una sottile coltre pedogenetica. In considerazione che allo stato attuale non sono disponibili misure di V_s lungo il tracciato del metanodotto, si è optato in modo cautelativo, di attribuire la categoria (di massima) di sottosuolo C, ossia "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni a grana fine mediamente consistenti".

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 14 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Con tale categoria di sottosuolo è stata ipotizzata la pericolosità sismica lungo il tracciato considerando i tre intervalli di valori di accelerazione massima al suolo (0,125-0,150; 0,150-0,175; 0,175-0,200) secondo la pericolosità sismica di riferimento in PGA (*Peak Ground Acceleration*) riscontrati nella Mappa di Pericolosità Sismica pubblicata sul sito dell'INGV.

Vita Nominale - V_N

La normativa (NTC 2008) definisce la Vita Nominale V_N delle strutture (art. 2.4.1) 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 - art. 2.4.2) 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 2008 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, purchè 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

La normativa (DM-NTC 2008) 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 a_g prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza come indicato nella tabella seguente = $1/\text{TRATTO}$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 15 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

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

Tab. 2.4/A - 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	Stato limite di operatività	SLO	120
	Stato limite di danno	SLD	201
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	1898
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	2475

Tab. 2.4/B - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R .

Condizioni topografiche

Le categorie topografiche definite dalla NTC 2008 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:

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 16 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

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

Tab. 2.4/C - 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.

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tab. 2.4/D - 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 di calcolo (Geo.Stru. Parametri Sismici) 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 tre punti del tracciato maggiormente significativi per quanto riguarda i valori di PGA (*Peak Ground Acceleration*), ossia intervalli compresi tra 0,125-0,150, 0,150-0,175 e 0,175-0,200 riscontrati nella Mappa di Pericolosità Sismica fornita sul sito dall'INGV.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 17 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei tre 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 (Vn):	100	[anni]
Classe d'uso:	IV	
Coefficiente d'uso (Cu):	2	
Periodo di riferimento (Vr):	200	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	120	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	201	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	1898	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	2475	[anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata	

2.6 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

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

Categoria sottosuolo **C**: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero N_{SPT30} compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa c_{u30} compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fine).

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

Sono stati scelti lungo il tracciato tre punti dove eseguire l'elaborazione sismica:

Sito A (Silea): affiorano depositi alluvionali a granulometria fine. L'area è interessata anche dalla costruzione del PIDI n.1. Valori PGA compresi tra 0,150 e 0,175. Progressiva chilometrica 0+000.

Sito B (Teglio Veneto): affiorano depositi alluvionali a granulometria compresa tra fine e media. L'area è interessata anche dalla realizzazione del PIDI n. 10. Valori PGA compresi 0,125 e 0,150. Progressiva chilometrica 49+760.

Sito C (Gonars): affiorano depositi alluvionali a granulometria grossa. L'area è interessata alla realizzazione della Stazione di lancio e ritorno pig. Valori PGA compresi tra 0,175 e 0,200. Progressiva chilometrica 81+260.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 18 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Sito in esame A (Valori PGA compresi tra 0,150 e 0,175; sottosuolo categoria C)
 Progressiva Km 0+000

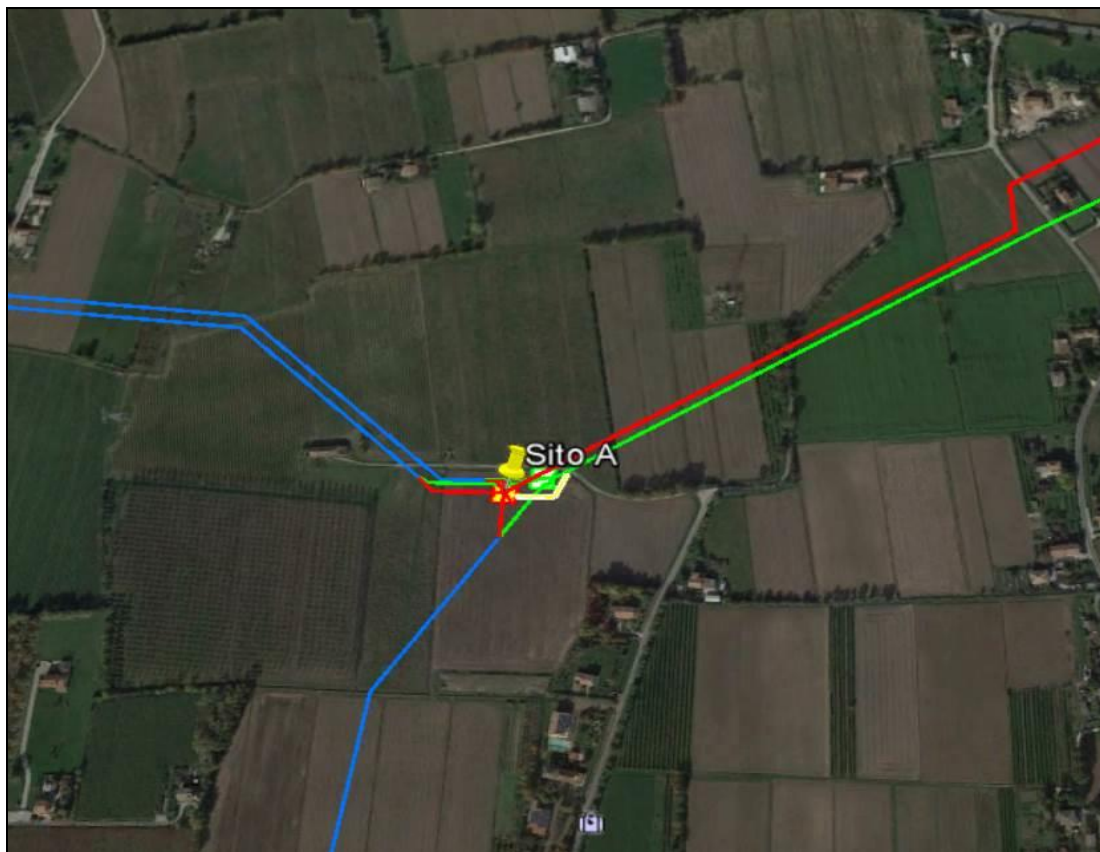


Fig. 2.4/E – Ubicazione sito A

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45.6341700 [°]

Longitudine (WGS84): 12.3559600 [°]

Latitudine (ED50): 45.6350700 [°]

Longitudine (ED50): 12.3569500 [°]

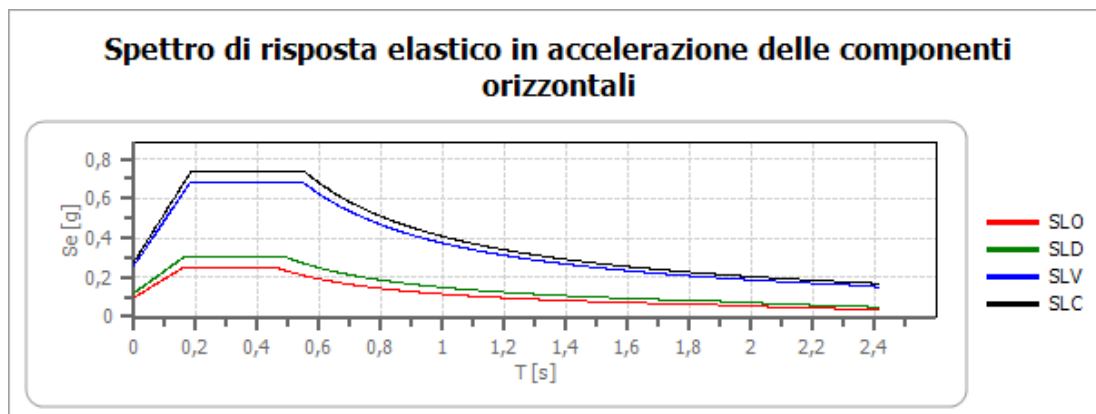
Stato limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	120	0.065	2.500	0.299
SLD	201	0.081	2.507	0.319
SLV	1898	0.185	2.605	0.380
SLC	2475	0.203	2.632	0.384

Tab. 2.4/F - Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limite

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 19 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

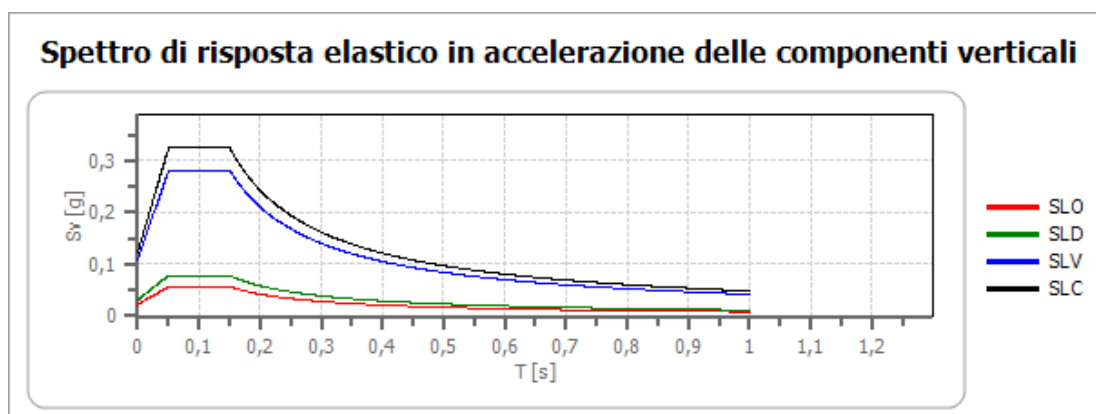


	Cu	ag [g]	F0 [-]	Tc- [s]	Ss [-]	Cc [-]	ST [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.065	2.500	0.299	1.500	1.560	1.000	1.500	1.000	0.156	0.467	1.862	0.098	0.246
SLD	2.0	0.081	2.507	0.319	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0.163	0.488	1.924	0.121	0.304
SLV	2.0	0.185	2.605	0.380	1.410	1.440	1.000	1.410	1.000	0.182	0.547	2.342	0.262	0.681
SLC	2.0	0.203	2.632	0.384	1.380	1.440	1.000	1.380	1.000	0.184	0.553	2.410	0.279	0.736

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

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



 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 20 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

	C_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.065	2.500	0.299	1	1.560	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.057
SLD	2.0	0.081	2.507	0.319	1	1.530	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.078
SLV	2.0	0.185	2.605	0.380	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.108	0.281
SLC	2.0	0.203	2.632	0.384	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.123	0.324

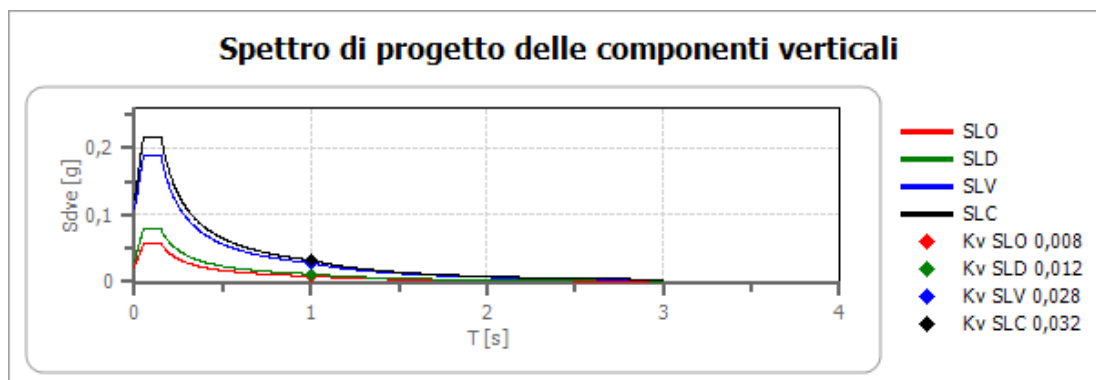
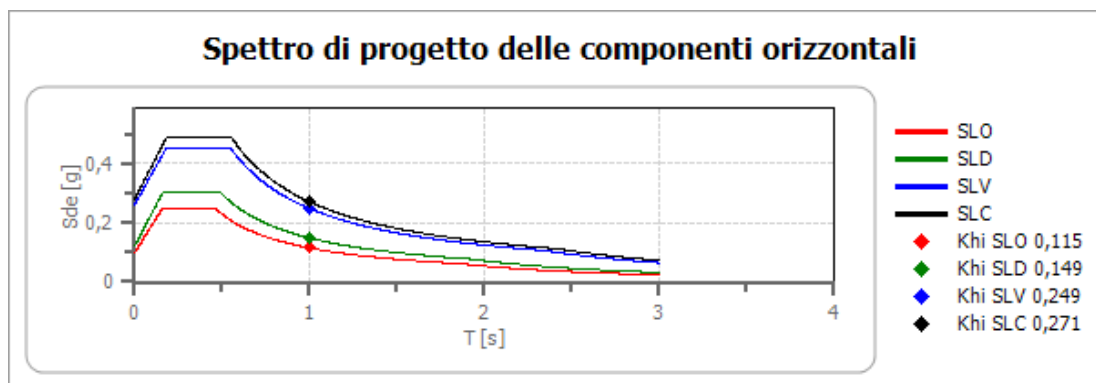
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50

Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.115	0.149	0.249	0.271
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.008	0.012	0.028	0.032



 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 21 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

	C _u	a _g [g]	F ₀ [-]	T _c [*] [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	S [-]	q [-]	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	Sd(0) [g]	Sd(T _B) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.065	2.500	0.299	1.500	1.560	1.000	1.500	1.000	0.156	0.467	1.862	0.098	0.246
SLO verticale	2.0	0.065	2.500	0.299	1.500	1.560	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.057
SLD orizzontale	2.0	0.081	2.507	0.319	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0.163	0.488	1.924	0.121	0.304
SLD verticale	2.0	0.081	2.507	0.319	1.500	1.530	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.078
SLV orizzontale	2.0	0.185	2.605	0.380	1.410	1.440	1.000	1.410	1.500	0.182	0.547	2.342	0.262	0.454
SLV verticale	2.0	0.185	2.605	0.380	1.410	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.108	0.187
SLC orizzontale	2.0	0.203	2.632	0.384	1.380	1.440	1.000	1.380	1.500	0.184	0.553	2.410	0.279	0.490
SLC verticale	2.0	0.203	2.632	0.384	1.380	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.123	0.216

Sito in esame B (Valori PGA compresi tra 0,125 e 0,150; sottosuolo categoria C)
 Progressiva Km 49+760



Fig. 2.4/F – Ubicazione sito B

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 22 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

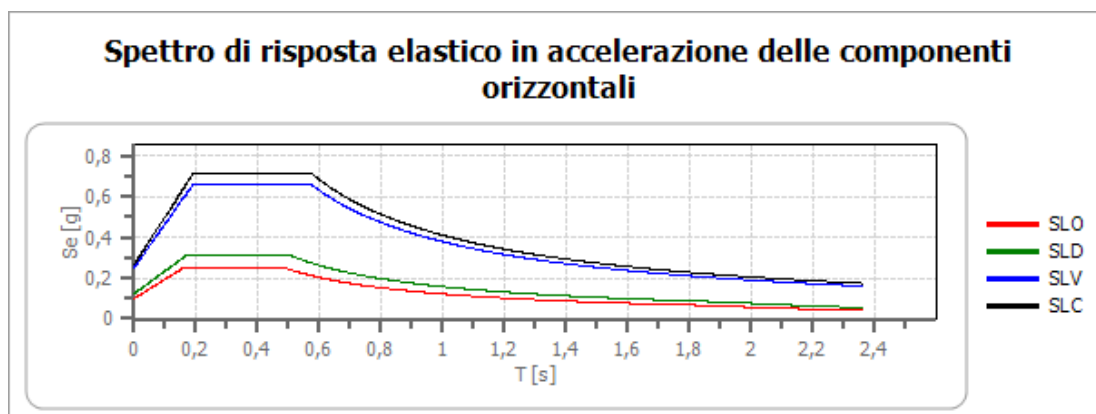
Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	45.8310800	[°]
Longitudine (WGS84):	12.8656700	[°]
Latitudine (ED50):	45.8319700	[°]
Longitudine (ED50):	12.8666500	[°]

Stato limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	120	0.066	2.529	0.313
SLD	201	0.081	2.545	0.337
SLV	1898	0.175	2.649	0.403
SLC	2475	0.190	2.680	0.408

Tab. 2.4/G - Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limite.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	C_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.066	2.529	0.313	1.500	1.540	1.000	1.500	1.000	0.161	0.482	1.865	0.099	0.251
SLD	2.0	0.081	2.545	0.337	1.500	1.500	1.000	1.500	1.000	0.168	0.505	1.926	0.122	0.311
SLV	2.0	0.175	2.649	0.403	1.420	1.420	1.000	1.420	1.000	0.191	0.572	2.301	0.249	0.659
SLC	2.0	0.190	2.680	0.408	1.400	1.410	1.000	1.400	1.000	0.192	0.575	2.358	0.265	0.711

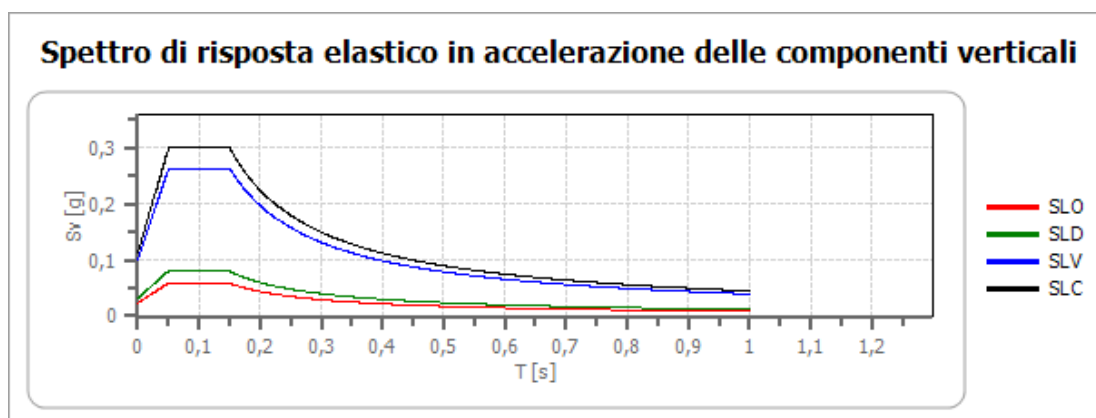
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 23 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

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



	C_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.066	2.529	0.313	1	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.058
SLD	2.0	0.081	2.545	0.337	1	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.080
SLV	2.0	0.175	2.649	0.403	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.099	0.262
SLC	2.0	0.190	2.680	0.408	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.111	0.299

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50

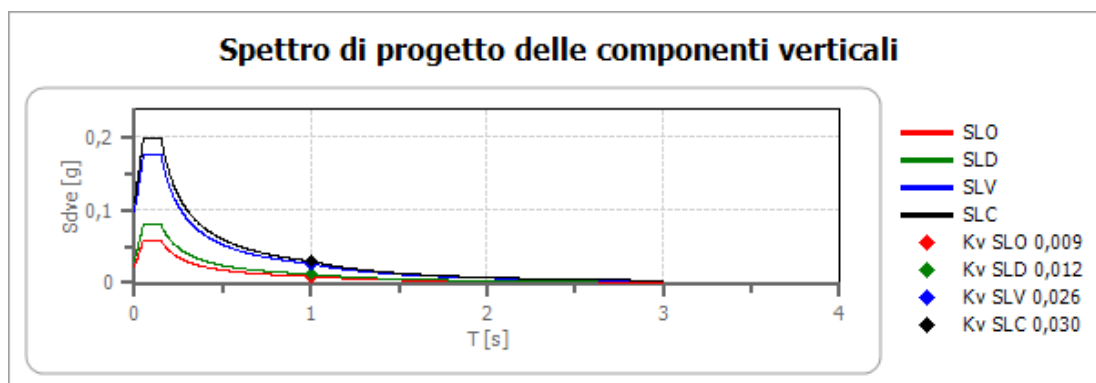
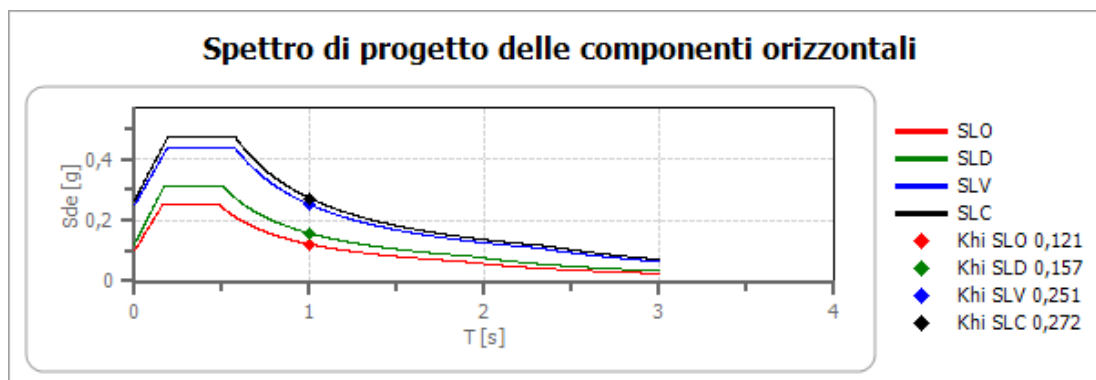
Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50

Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.121	0.157	0.251	0.272
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.009	0.012	0.026	0.030

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 24 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013



	c_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_c [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.066	2.529	0.313	1.500	1.540	1.000	1.500	1.000	0.161	0.482	1.865	0.099	0.251
SLO verticale	2.0	0.066	2.529	0.313	1.500	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.058
SLD orizzontale	2.0	0.081	2.545	0.337	1.500	1.500	1.000	1.500	1.000	0.168	0.505	1.926	0.122	0.311
SLD verticale	2.0	0.081	2.545	0.337	1.500	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.080
SLV orizzontale	2.0	0.175	2.649	0.403	1.420	1.420	1.000	1.420	1.500	0.191	0.572	2.301	0.249	0.439
SLV verticale	2.0	0.175	2.649	0.403	1.420	1.420	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.099	0.175
SLC orizzontale	2.0	0.190	2.680	0.408	1.400	1.410	1.000	1.400	1.500	0.192	0.575	2.358	0.265	0.474
SLC verticale	2.0	0.190	2.680	0.408	1.400	1.410	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.111	0.199

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 25 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Sito in esame C (Valori PGA compresi tra 0,175 e 0,200; sottosuolo categoria C)
 Progressiva Km 81+260



Fig. 2.3/H – Ubicazione sito C

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45.8768300 [°]

Longitudine (WGS84): 13.2424400 [°]

Latitudine (ED50): 45.8777200 [°]

Longitudine (ED50): 13.2434100 [°]

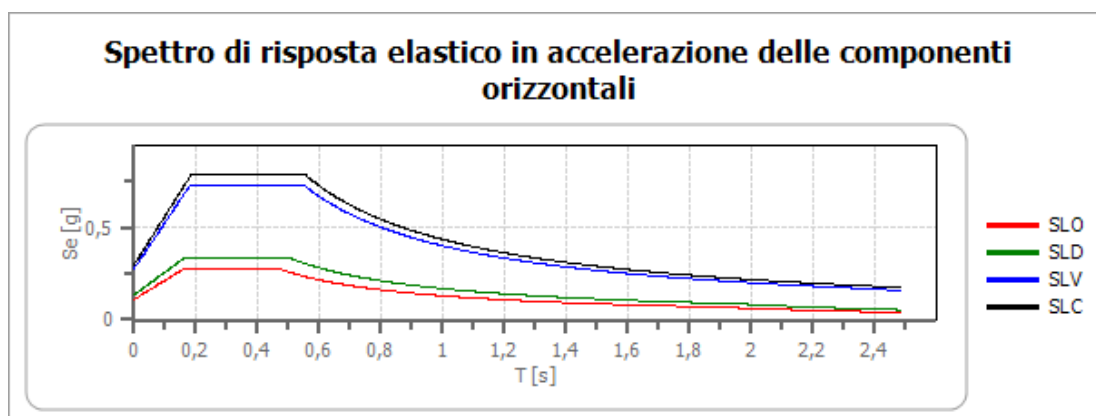
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 26 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Stato limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	120	0.073	2.497	0.305
SLD	201	0.090	2.528	0.329
SLV	1898	0.202	2.626	0.380
SLC	2475	0.220	2.650	0.384

Tab. 2.4/I - Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limite

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	C_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.073	2.497	0.305	1.500	1.550	1.000	1.500	1.000	0.158	0.473	1.893	0.110	0.274
SLD	2.0	0.090	2.528	0.329	1.500	1.510	1.000	1.500	1.000	0.166	0.497	1.959	0.134	0.340
SLV	2.0	0.202	2.626	0.380	1.380	1.440	1.000	1.380	1.000	0.182	0.547	2.409	0.279	0.733
SLC	2.0	0.220	2.650	0.384	1.350	1.440	1.000	1.350	1.000	0.184	0.553	2.482	0.298	0.789

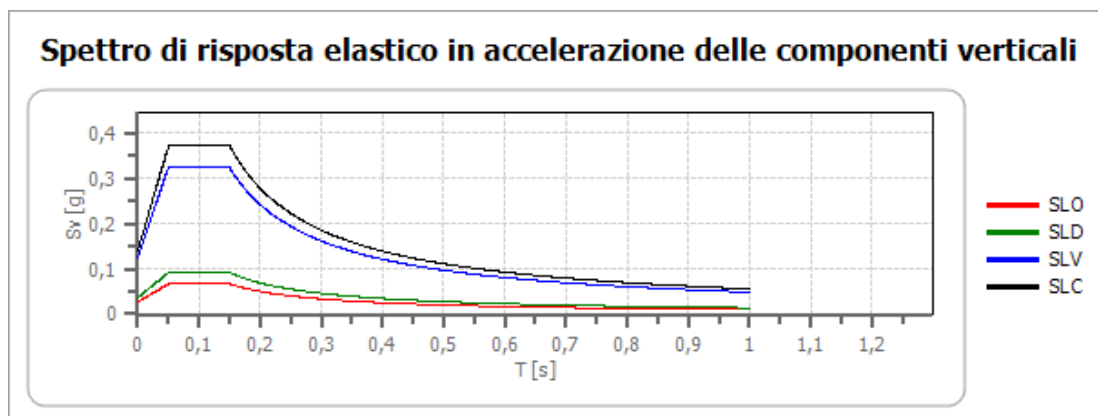
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

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

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 27 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013



	C_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.073	2.497	0.305	1	1.550	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.067
SLD	2.0	0.090	2.528	0.329	1	1.510	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.036	0.092
SLV	2.0	0.202	2.626	0.380	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.123	0.322
SLC	2.0	0.220	2.650	0.384	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.140	0.370

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50

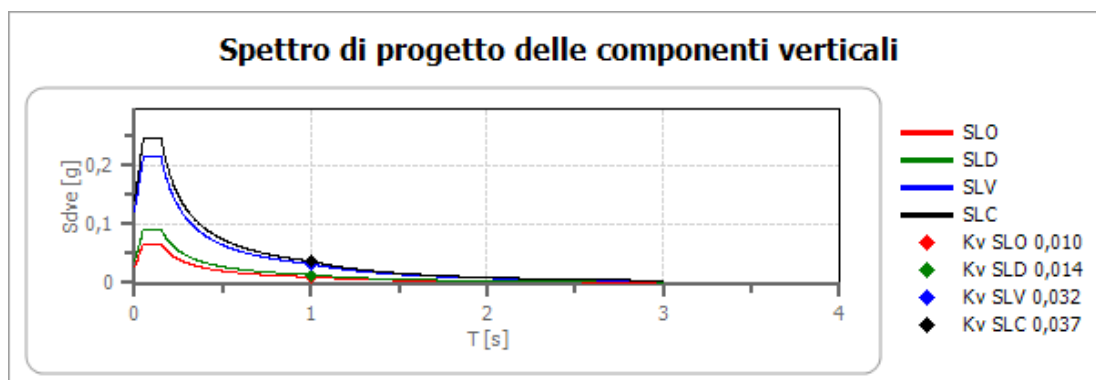
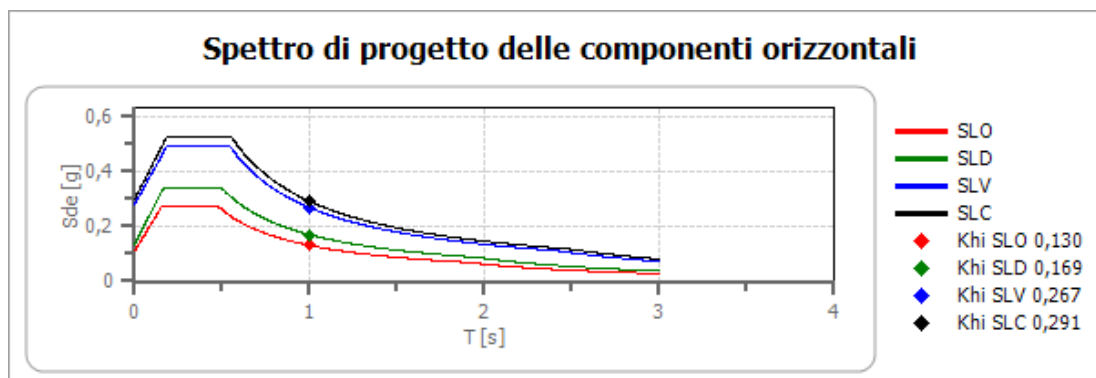
Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50

Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.130	0.169	0.267	0.291
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.010	0.014	0.032	0.037

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 28 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013



	c_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.073	2.497	0.305	1.500	1.550	1.000	1.500	1.000	0.158	0.473	1.893	0.110	0.274
SLO verticale	2.0	0.073	2.497	0.305	1.500	1.550	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.067
SLD orizzontale	2.0	0.090	2.528	0.329	1.500	1.510	1.000	1.500	1.000	0.166	0.497	1.959	0.134	0.340
SLD verticale	2.0	0.090	2.528	0.329	1.500	1.510	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.036	0.092
SLV orizzontale	2.0	0.202	2.626	0.380	1.380	1.440	1.000	1.380	1.500	0.182	0.547	2.409	0.279	0.489
SLV verticale	2.0	0.202	2.626	0.380	1.380	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.123	0.215
SLC orizzontale	2.0	0.220	2.650	0.384	1.350	1.440	1.000	1.350	1.500	0.184	0.553	2.482	0.298	0.526
SLC verticale	2.0	0.220	2.650	0.384	1.350	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.140	0.247

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 29 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

2.7 Liquefazione dei terreni

Per liquefazione s'intende il processo di trasformazione di una sostanza solida in liquida, si verifica in condizioni sature d'acqua che in seguito a sollecitazione cicliche subiscono una riduzione della resistenza al taglio con conseguenti fenomeni di assestamento. Sono soprattutto suscettibili alla liquefazione le sabbie fini e medie a granulometria uniforme con un contenuto di limo del 25% ed oltre.

In particolare le NTC 2008 riportano che: La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. *eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;*
2. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
3. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
4. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
5. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 5.3.A nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 5.3.B nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$*

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 30 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

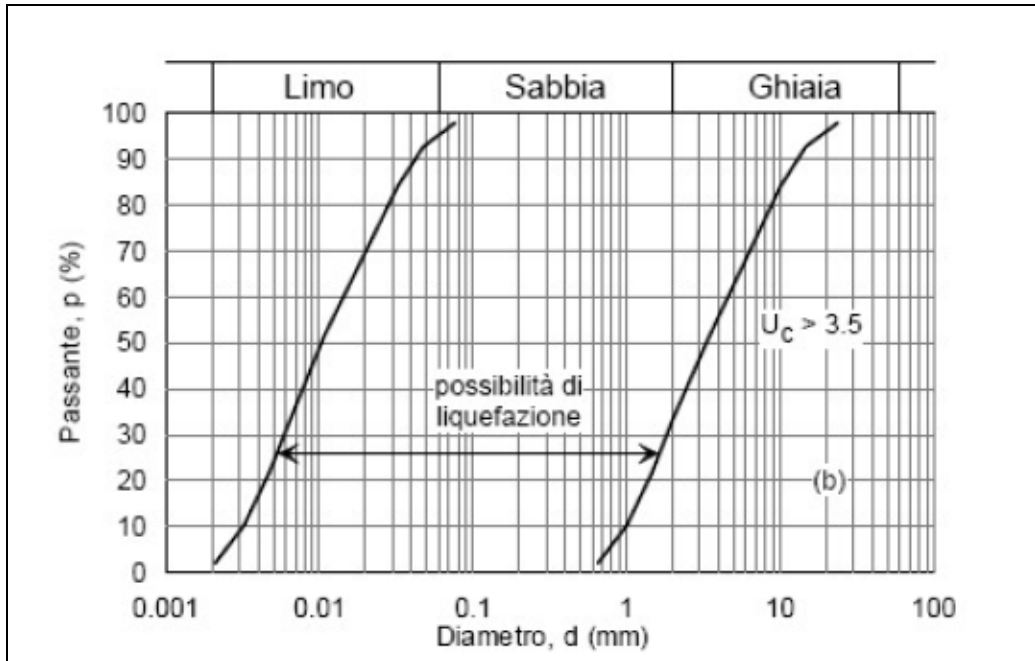


Fig. 2.5.A Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione con coefficiente di uniformità < di 35

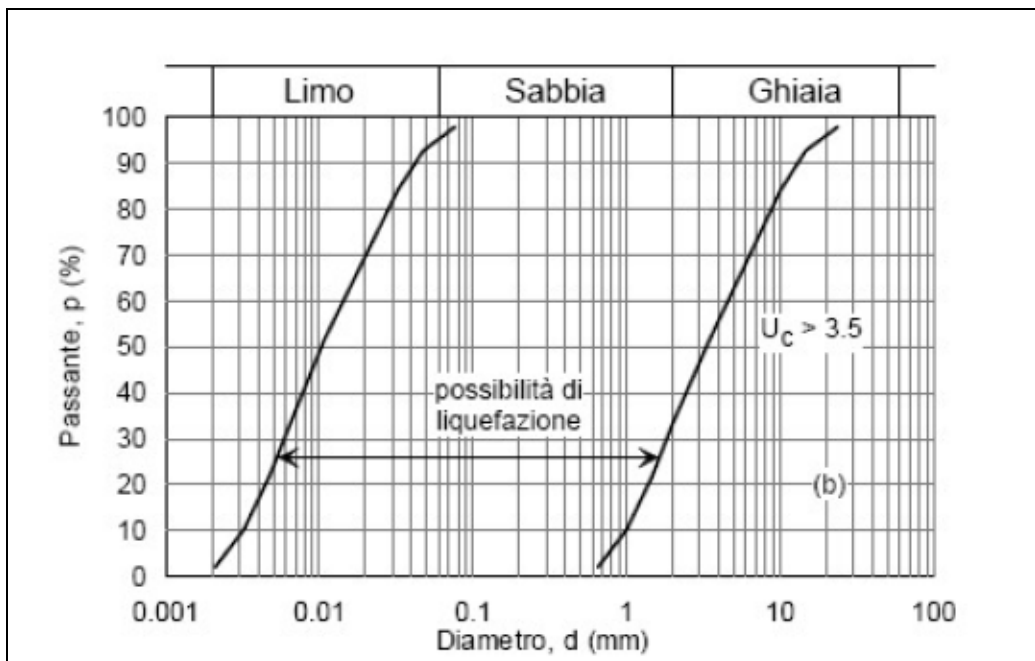


Fig. 2.5.B Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione con coefficiente di uniformità > di 35

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 31 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

Relativamente all'area interessata dai tracciati del metanodotto Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse, con le conoscenze sulla sismicità storica si ha una bassa probabilità di eventi sismici la cui magnitudo sia tale da determinare degli importanti fenomeni di liquefazione delle sabbie, anche se non è possibile escludere con certezza tale rischio.

Dalle indagini geognostiche eseguite, in prossimità dei corsi d'acqua e finalizzate alla verifica di fattibilità di alcune opere trenchless, emerge che gran parte del corridoio, interessato dal tracciato risulta costituito da depositi ghiaiosi sabbiosi grossolani e sedimenti argillosi limosi. Si evidenzia anche la presenza di sedimenti sabbiosi saturi collocati nei primi 15 metri di profondità, potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione. Altro elemento morfologico che potrebbe evidenziare fenomeni di liquefazione sono i bordi dei paleoalvei. Infatti, durante il recente terremoto che ha colpito la Regione Emilia-Romagna sono state osservate delle risalite di sabbie liquefatte proprio lungo il bordo del paleoalveo sabbioso. Altre risalite in superficie di sabbie liquefatte in livelli confinati sono avvenute attraverso la rottura dello strato coesivo superficiale.

In base a quanto sopra riportato, alcuni tratti del metanodotto potrebbero essere soggetti a fenomeni di liquefazione, in base alle caratteristiche tessiturali dei sedimenti e idrogeologiche locali, così come riportato nella "Mappa della Liquefacibilità Potenziale dei Depositi Sabbiosi" della provincia di Venezia. Tale elaborato cartografico è stato redatto nell'ambito del progetto RISVE (Rischio Sismico nella Provincia di Venezia) realizzato dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (2014).

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17157	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI VENETO E FRIULI VENEZIA GIULIA	SPC. 00-RT-E-5013	
	PROGETTO/IMPIANTO Met. Mestre-Trieste: Rifacimento tratto Casale sul Sile-Gonars ed Opere Connesse	Pagina 32 di 32	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM5-005-00-RT-E-5013

3. CONCLUSIONI

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

Dalla consultazione dei cataloghi sismici i terremoti più elevati si sono verificati soprattutto nella fascia pedemontana e prealpina dove si ha un territorio geomorfologico molto articolato, mentre nella fascia di media e bassa pianura, ossia l'area interessata dal progetto, la sismicità risulta modesta e per tale ragione è invece considerata stabile.

Dalle singole elaborazioni eseguite non si hanno differenze significative dei valori di a_g per i singoli stati limite nei tre intervalli di PGA considerati (0,125-0,150; 0,150-0,175; 0,175-0,200).

In particolare, per il sito A (valore PGA 0,150-0,175) i valori di a_g per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC sono rispettivamente 0,065, 0,081, 0,185, 0,203. Per il sito B (valore PGA 0,125-0,150) i valori di a_g per gli stati limiti sono 0,066, 0,081, 0,175, 0,190. Infine per il sito C (valore PGA 0,175-0,200) i valori sono 0,073, 0,090, 0,202, 0,220.

Per le opere in progetto sono state anche eseguite le verifiche strutturali delle condotte allo scuotimento sismico prendendo in considerazione il massimo terremoto di progetto previsto lungo il tracciato, calcolato in accordo a quanto previsto dalle nuove norme tecniche delle costruzioni (NTC).

I risultati delle analisi, dettagliati nell'Annesso doc. 00-RT-E-5021, evidenziano l'idoneità dei materiali e dello spessore utilizzato per la tubazione di linea a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno durante l'evento sismico.

Dai risultati si evince inoltre che in nessun caso si avvicinano i valori di resistenza a rottura dell'acciaio utilizzato per le condotte in progetto. Lo spessore delle tubazioni sia nei tratti rettilinei che in quelli in curva è quindi risultato idoneo ad assorbire le sollecitazioni sismiche trasmesse.

4. ANNESSO

Annesso 1 – Verifica strutturale allo scuotimento sismico (Doc. 00-RT-E-5021)