

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 1 di 65	Rev. 0

**Metanodotto: Sulmona - Foligno
DN 1200 (48"), P 75 bar**

Studio di Impatto Ambientale

**Ulteriori varianti, ottimizzazioni progettuali
e approfondimenti tematici**

0	Emissione	Guidotti	Casati	Ricci	3/09/2009
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 2 di 65	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA	5
2	VARIANTI DI TRACCIATO	8
	2.1 Variante A (da 11,075 km a 18,140 km)	8
	2.2 Variante B (da 44,650 km a 47,900 km)	15
	2.3 Variante C (da 114,080 km a 119,490 km)	22
3	OTTIMIZZAZIONI DI TRACCIATO	30
4	APPROFONDIMENTI TEMATICI - SISMICITA' DELL'AREA	34
	4.1 Premessa	34
	4.2 Inquadramento dello studio sismico	35
	4.3 Normativa di riferimento	35
	4.4 Sismicità storica	36
	4.5 La recente crisi sismica nell'Aquilano	38
	4.6 Caratterizzazione sismogenetica e neotettonica	40
	4.6.1 Caratterizzazione sismogenetica	40
	4.6.2 Principali strutture tettoniche e interferenza con le opere in progetto	43
	4.7 Pericolosità sismica di base	44
	4.8 Risposta sismica locale	47
	4.8.1 Caratterizzazione del sottosuolo	48
	4.8.2 Condizioni topografiche	50
	4.9 Considerazioni conclusive	53
5	BIBLIOGRAFIA	55
	APPENDICE 1	57
	VERIFICA STRUTTURALE ALLO SCUOTIMENTO SISMICO	57
	1 Verifica strutturale allo scuotimento sismico	58
	1.1 Dati di Input	58
	1.2 Criterio di Verifica	59
	1.3 Elemento di Tubazione Rettilineo	60

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 3 di 65	Rev. 0

1.4	Elemento di Tubazione Curvo	63
2	Conclusioni	65

Vol. 1 di 3

ANNESI

SPC LA-E-83050	Incidenza dell'opera sul Sito di Importanza Comunitaria "Fiumi Giardino-Sagittario-Aterno-Sorgenti del Pescara e sulla Zona di Protezione Speciale "Sirente – Velino" nel territorio della Regione Abruzzo
SPC. LA-E-83051	Incidenza dell'opera sul Sito di Importanza Comunitaria "Monti Pizzuto - Alvagnano" nel territorio della Regione Umbria

Vol. 1 di 3

ALLEGATI GRAFICI

1	LB-D-83629 rev.0	Ulteriori Varianti e ottimizzazioni di progetto – Planimetria (scala 1: 10.000)
2	LB-D-83201 rev.2	Tracciato di progetto – Planimetria (scala 1:10.000)
3	LB-D-83202 rev.3	Interferenze nel territorio (riprese aeree)
4	LB-D-83203 rev.2	Strumenti di tutela e pianificazione – Normativa a carattere nazionale (scala 1:10.000)
5	LB-D-83204 rev.2	Strumenti di tutela e pianificazione – Normativa a carattere regionale (scala 1:10.000)

Vol. 2 di 3

ALLEGATI GRAFICI

6	LB-D-83212 rev.2	Strumenti di tutela e pianificazione – Normativa a carattere provinciale (scala 1:10.000)
7	LB-D-83205 rev.2	Strumenti di pianificazione urbanistica (scala 1:10.000)
8	LB-D-83206 rev.2	Opere di mitigazione e ripristino (scala 1:10.000)
9	LB-D-83209 rev.2	Litologia, morfologia, idrogeologia (scala 1:25.000)
10	LB-D-83210 rev.2	Uso del suolo (scala 1:10.000)
11	LB-D-83211 rev.2	Impatto ambientale (scala 1.10.000)
12	LB-D-83217 rev.2	Carta della pericolosità idraulica (scala 1:10.000)
13	LB-D-83219 rev.2	Carta della pericolosità (scala 1:25.000)
14	LB-D-83218 rev.2	Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio frana (scala 1:10.000)
15	Disegni tipologici	
	LC-D-83350 rev.0	Microtunnel in c.a.

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 4 di 65	Rev. 0

LC-D-83356 rev.0	Sezione tipo per strade di accesso
LC-D-83387 rev.0	Punto di intercettazione di linea PIL n. 1/A - Loc. Palazzo
LC-D-83388 rev.0	Punto di intercettazione di linea PIL n. 1/B - Loc. Capo Canale
LC-D-83389 rev.0	Punto di intercettazione di linea PIL n. 6 - Loc. S. Demetrio
LC-D-83372 rev.2	Punto di intercettazione di linea PIL n. 12 - Loc. Fonte Palombo
LC-D-83379 rev.2	Punto di intercettazione di derivazione importante PIDI n. 19 e Punto di lancio/ricevimento pig - Loc. Colfiorito
LC-D-83401 rev.0	Messa a dimora di specie arboree ed arbustive
LC-D-83404 rev.0	Messa a dimora di talee in opere di contenimento o idrauliche
LC-D-83406 rev.0	Letto di posa drenante
LC-D-83407 rev.0	Trincea drenante
LC-D-83418 rev.0	Canalette in terra protette da graticci di fascine verdi (Fascinate)
LC-D-83421 rev.0	Palizzate di contenimento in legname
LC-D-83439 rev.0	Trave di contenimento in c.a.
LC-D-83466 rev.0	Ricostituzione spondale con rivestimento in massi
LC-D-83473 rev.0	Ricostituzione alveo con massi

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 5 di 65	Rev. 0

1 PREMESSA

La presente relazione, relativa al progetto "Metanodotto Sulmona - Foligno DN 1200 (48") P 75 bar e Centrale di Compressione gas di Sulmona", è stata redatta, nell'ambito della procedura per l'ottenimento del Decreto di compatibilità ambientale del progetto, a titolo di integrazione volontaria allo Studio d'Impatto Ambientale, originariamente elaborato, e della successiva copiosa documentazione integrativa prodotta, per quanto attiene:

- alcune modificazioni al progetto del gasdotto apportate posteriormente alla redazione della stessa documentazione, derivate sia dall'accoglimento di osservazioni formulate dai membri della Commissione Ministeriale e/o dai funzionari rappresentanti le Amministrazioni Regionali durante i sopralluoghi effettuati, sia dallo sviluppo del progetto di dettaglio;
- alcune modificazioni al progetto della Centrale di compressione del gas di Sulmona, sviluppate anch'esse posteriormente alla presentazione della documentazione citata, derivate dallo sviluppo di dettaglio del progetto;
- un approfondimento relativo alla caratterizzazione sismica dell'area interessata dal progetto, derivato da una richiesta scaturita nel corso del sopralluogo relativo alla percorrenza nel territorio della Regione Abruzzo, in riferimento alla recente attività sismica che lo ha interessato;
- un approfondimento tematico relativo alle emissioni della Centrale di compressione gas di Sulmona, derivata da una richiesta formulata dalla Commissione Ministeriale in riferimento alle "Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di impianti di combustione".

Analogamente a quanto prodotto originariamente, la presente documentazione è articolata in volumi rispettivamente dedicati al Metanodotto Sulmona - Foligno (Vol 1 e 2) ed alla Centrale di compressione di Sulmona (Vol. 3).

In considerazione dell'articolata documentazione ad oggi prodotta relativamente alla condotta Sulmona - Foligno, si ritiene utile, a titolo esplicativo ed al fine di agevolare la lettura, fornire l'elenco di quanto ad oggi prodotto:

- Studio di impatto ambientale (gennaio 2005), relativo al progetto originariamente elaborato (vedi SPC LA-E-83010).
- Variante di tracciato nei territori comunali di Norcia, Cascia e Preci (settembre 2005), relazione redatta a titolo di integrazione volontaria della Società proponente l'opera per illustrare una modifica di tracciato sviluppata al fine di minimizzare l'interferenza della stessa con l'areale del proposto Sito di importanza comunitaria denominato "Marcite di Norcia" (cod. IT 5210059) e tener, così, conto delle perplessità evidenziate, nel corso degli incontri e dei sopralluoghi effettuati, dai rappresentanti delle Amministrazioni regionali e comunali territorialmente competenti (vedi SPC LA-E-83012).
- Approfondimenti tematici e specificazioni tecniche (dicembre 2006), documentazione redatta a titolo di integrazione della Società proponente l'opera per rispondere alle richieste emerse durante i sopralluoghi lungo il tracciato dai rappresentanti della Amministrazione regionale dell'Umbria e dai membri della Commissione istituita presso il Ministero dell'Ambiente (vedi SPC LA-E-83041), relative, oltre ad alcune precisazioni di carattere operativo, all'attraversamento del

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 6 di 65	Rev. 0

SIC" Valnerina" ed alle percorrenze della Valle di Percanestro e della Piana di Colfiorito.

- Varianti e ottimizzazioni progettuali (dicembre 2006), documentazione predisposta per illustrare alcune modifiche del progetto della condotta, sviluppate posteriormente alla redazione dello Studio di impatto ambientale (vedi SPC LA-E-83042), per tener conto di:
 - osservazioni formulate durante i sopralluoghi lungo il tracciato dai membri della Commissione istituita presso il Ministero dell'Ambiente, gran parte delle quali trasmesse dalla Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con comunicazione prot. DSA-2006-0023992, del 19.09.2006, e dal Dipartimento per i beni culturali e paesaggistici del Ministero per i Beni e le Attività Culturali con comunicazione prot. BAP S02 34.19.04/14605 e relative all'attraversamento di diverse aree tra cui l'areale del SIC "Fiumi Giardino, Sagittario, Aterno e Sorgenti del Pescara" e della ZPS "Sirente - Velino".
 - ottimizzazioni di progetto relative all'ubicazione di alcuni impianti di linea.
- Ulteriori approfondimenti tematici (luglio 2007), relazione redatta per soddisfare la richiesta di acquisire ulteriori integrazioni e chiarimenti, trasmessa dalla Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale del Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare con comunicazione prot. DSA-2007-0008040, del 16.03.2007, che, in riferimento al tracciato del gasdotto, evidenziava nuovamente la criticità dei tratti di percorrenza nell'ambito dell'areale del pSIC "Fiumi Giardino-Sagittario-Aterno-Sorgenti del Pescara" e della ZPS "Velino-Sirente" (vedi SPC. LA-E-83044).

Più in dettaglio, le modificazioni apportate al progetto della condotta oggetto della presente documentazione riguardano:

- tre variazioni dell'andamento planoaltimetrico dell'asse della condotta (varianti di tracciato), relative all'attraversamento del pSIC "Fiumi Giardino-Sagittario-Aterno-Sorgenti del Pescara e della ZPS "Velino-Sirente e di un tratto di percorrenza nel territorio della Regione Umbria, in prossimità dell'abitato di Civita;
- alcune limitate ottimizzazioni progettuali connesse alla materializzazione della poligonale dell'asse della condotta sul terreno (picchettamento) e derivate in gran parte da motivazioni di natura tecnico-operativa.

In raffronto al tracciato come modificato con l'introduzione delle varianti di cui alla documentazione integrativa sopra citata, le modificazioni in oggetto hanno complessivamente comportato un incremento dello sviluppo lineare della tubazione pari a circa 1,995 km. La lunghezza totale del metanodotto "Sulmona - Foligno DN 1200 (48")" passa quindi dal valore di 166,725 km¹ all'attuale valore di 168,720 km .

¹ Valore attualizzato al progetto come modificato al mese di dicembre del 2006 ed indicato nella SPC LA-E-83042

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 7 di 65	Rev. 0

Al fine di evidenziare le modifiche apportate e per consentirne un'agevole individuazione in riferimento alla documentazione a suo tempo presentata, la presente relazione integrativa è corredata da un elaborato planimetrico (vedi All. 1, Dis. LA-E-83629 "Ulteriori varianti e ottimizzazioni di progetto") in cui le variazioni sono opportunamente evidenziate dalla contemporanea rappresentazione del nuovo tracciato (linea rossa continua) e dei tratti dell'originario tracciato della condotta oggetto di modificazione (linea verde tratteggiata), distinguendo le tre varianti, contrassegnate da una sigla alfabetica, dalle ottimizzazioni distinte con una numerazione progressiva.

La presente documentazione è completata da elaborati cartografici tematici, del tutto analoghi a quelli originariamente prodotti per lo Studio di impatto ambientale (SPC LA-E-83010), comprendenti:

- l'elaborato grafico riportante il nuovo tracciato della condotta (vedi Vol. 1, All. 2 Dis. LB-D-83201 rev.2 "Tracciato di progetto");
- le tavole relative alle modificazioni apportate con riportato il nuovo andamento della tubazione degli elaborati grafici tematici (vedi Vol. 1, All. 3 Dis. LB-D-83202 "Interferenze nel territorio", All. 4 Dis. LB-D-83203 rev.1 "Strumenti di tutela e pianificazione - normativa a carattere nazionale", All. 5 Dis. LB-D-83204 rev.2 "Strumenti di tutela e pianificazione - normativa a carattere regionale", Vol. 2 All.6 Dis. LB-D-83212 rev.2 "Strumenti di tutela e pianificazione – normativa a carattere provinciale", All. 7 Dis. LB-D-83205 rev.2 "Strumenti di pianificazione urbanistica", All. 8 Dis. LB-D-83206 rev.2 "Opere di mitigazione e ripristino", All. 9 Dis. LB-D-83209 rev.2 "Litologia, Morfologia, Idrogeologia", All. 10 Dis. LB-D-83210 rev.2 "Uso del suolo" e All. 11 Dis. LB-D-83211 rev.2 "Impatto ambientale", All.12 Dis. LB-D-83217 rev.2 "Carta della pericolosità idraulica", All. 13 Dis. LB-D-83219 rev.2 "Carta della pericolosità", All. 14 Dis. LB-D-83218 rev.2 "Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio frana").

Allo scopo di facilitare la comparazione tra i documenti cartografici allegati alla presente e gli analoghi elaborati, forniti con la relazione originaria, ne è stata mantenuta la numerazione delle singole tavole.

In ragione del fatto che le tre varianti di tracciato sopra citate vengono singolarmente a modificare il tracciato originario in corrispondenza dell'area di tre diversi Siti di interesse comunitario, variando le relative interferenze del progetto sulle stesse aree, la presente relazione include, infine, le valutazioni comparative specificatamente riferite ai territori delle Regioni interessate (vedi SPC LA-E-83050 - Incidenza dell'opera sul Sito di Importanza Comunitaria "Fiumi Giardino-Sagittario-Aterno-Sorgenti del Pescara" e sulla Zona di Protezione Speciale "Sirente – Velino" nel territorio della Regione Abruzzo" e SPC LA-E-83051 - Incidenza dell'opera sul Sito di Importanza Comunitaria "Monti Pizzuto - Alvignano" nel territorio della Regione Umbria).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 8 di 65	Rev. 0

2 VARIANTI DI TRACCIATO

In riferimento a quanto originariamente illustrato nello Studio di impatto ambientale e nelle successive relazioni integrative (vedi cap. 1), il tracciato di progetto della condotta è stato modificato in tre tratti successivi di percorrenza per tener conto delle osservazioni e delle richieste di verificare la fattibilità di soluzioni alternative volte a ridurre le interferenze tra l'opera e le diverse realtà ambientali e socio-economiche del territorio interessato, formulate dai diversi Enti (regioni, province e comuni) di relativa competenza territoriale.

Più in dettaglio, le tre varianti di tracciato riguardano i tratti d'interferenza con l'areale del SIC "Fiumi Giardino-Sagittario-Aterno-Sorgenti del Pescara e della ZPS "Velino-Sirente nel territorio della Regione Abruzzo e di un tratto di percorrenza, in prossimità dell'abitato di Civita, nel territorio della Regione Umbria (vedi tab. 2/A).

Tab. 2/A: Varianti ed ottimizzazioni di tracciato

N. ord.	Comune	Località	da km (*)	a km (*)	Lunghezza (km)			Tavola (°)
					variante	tracciato originario	differ.za	
Inizio 1° tratto in variante			11,075					
A	Pratola Peligna, Roccacasale, Corfinio, Popoli	S. Margherita, Cariata, Chiusa, la Tesa			7,065	6,720	0,245	4-5
Termine 1° tratto in variante				18,140				
Inizio 2° tratto in variante			44,650					
B	Prata d'Ansidonia	Prata d'Ansidonia			3,250	3,510	- 0,260	13-14
Termine 2° tratto in variante				47,900				
Inizio 3° tratto in variante			114,080					
C	Cittareale, Cascia	Le Pianete, San Nicola, Bandiera			5,410	4,675	0,735	30-31
Termine 3° tratto in variante				119,490				

(*) Progressive chilometriche del nuovo tracciato

(°) Rif. tavole Dis..LB-D-83629

2.1 Variante A (da 11,075 km a 18,140 km)

La realizzazione della variante comporta un aumento di circa 0,245 km dello sviluppo lineare della condotta, che corrisponde ad un aumento pari a 0,015 km della percorrenza in Comune di Roccacasale ed un aumento di circa 0,230 km del tratto di condotta in Comune di Corfinio (vedi All. 1, Dis. LB-D-83629 "Ulteriori varianti e ottimizzazioni di progetto" - tav. 4-5).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 9 di 65	Rev. 0

Motivazione

La variante è stata sviluppata allo scopo di minimizzare l'interferenza del progetto con l'areale del SIC "Fiumi Giardino, Sagittario, Aterno, Sorgenti del Pescara", accogliendo le perplessità espresse dalla Commissione istituita presso il Ministero dell'Ambiente e dai funzionari rappresentanti dell'Amministrazione Regionale durante i sopralluoghi che si sono succeduti nel corso della istruttoria.

Il tratto di percorrenza, come già anticipato (vedi cap. 1), è stato oggetto di due successivi approfondimenti (vedi SPC LA-E-83042 e SPC. LA-E-83044) che, in riferimento a quanto originariamente previsto, avevano portato ad una parziale diminuzione del tratto di percorrenza all'interno dell'areale del Sito.

La variante in oggetto, che include una soluzione alternativa già presa in esame nella documentazione integrativa prodotta (vedi SPC LA-E-83044 – par. 2.2 “Diretrice alternativa ad ovest del tracciato di progetto -Variante n.1”), rappresenta un'ulteriore modificazione del tratto e si incentra principalmente nel doppio attraversamento della linea ferroviaria “Pescara - Roma”, esclusa nell’ambito dei precedenti approfondimenti in quanto comporta la necessità di realizzare ulteriori impianti di linea, che evita il primo più lungo tratto di interferenza con l’area del Sito, ed in un successivo tratto di affiancamento della condotta allo stesso rilevato ferroviario che allontana significativamente il tracciato della condotta dal limite sud-occidentale dello stesso.

L'interferenza con l'areale del Sito viene così considerevolmente ridotta, limitandola al solo inevitabile attraversamento del corso del F. Aterno, il cui ambito golenale è comunque salvaguardato, essendo previsto l'attraversamento in subalveo, con microtunnel.

Descrizione

La variante, che, analogamente all'intero tracciato, include anche delle limitate variazioni nella posizione di alcuni vertici della poligonale derivate dal rilievo celerimetrico dell'asse della condotta, si stacca dal tracciato originario in corrispondenza del km 11,075 a NO di “Ponte Franisco” in Comune di Pratola Peligna, e, dirigendosi verso NNO, ripercorre come il tracciato originario il fondovalle del F. Sagittario sino a giungere in località “Tavernola”, discostandosene lievemente per esigenze di natura tecnico-operativa scaturite nel corso del citato rilievo topografico di dettaglio.

Da questo punto, la variante devia decisamente verso ovest attraversando in sequenza l'alveo del F. Sagittario ed i canali ad esso adiacenti (vedi foto 2.1/A) per mezzo di un tratto di percorrenza in sotterraneo (microtunnel), e la vicina linea ferroviaria "Pescara - Roma" (vedi foto 2.1/B). Oltrepasato il rilevato ferroviario, la variante, deviando verso nord, si affianca allo stesso rilevato (vedi foto 2.1/C), per circa 250 m per piegare, seguendo le migliori condizioni morfologiche, a NO, e risalire il terrazzo in sinistra del F. Sagittario (vedi foto 2.1/D).

Dopo aver percorso una piccola incisione (vedi foto 2.1/E), la variante si affianca nuovamente alla stessa linea ferroviaria per attraversarne il rilevato in località “Capo Canale” (vedi foto 2.1/F) e proseguire verso NO percorrendo il terrazzo sinistro del fiume sino ad attraversare la ex SS n.5. Giungendo in prossimità della Stazione di Corfinio, la variante piega verso NO per affiancarsi al rilevato della linea ferroviaria e, dopo aver superato le località “Chiusa” si ricongiunge al tracciato originario in località “la Tesa” (vedi Vol. 1, All. 2, Dis. LB-D-83201 rev.2 e All. 3 LB-D-83202 rev.3 - tav. 4-5).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 10 di 65	Rev. 0



Foto 2.1/A: Attraversamento dell'alveo del F. Sagittario (in microtunnel)



Foto 2.1/B: Attraversamento della linea ferroviaria "Roma - Pescara"

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 11 di 65	Rev. 0



Foto 2.1/C: Tratto di percorrenza in parallelismo alla linea ferroviaria "Roma - Pescara"



Foto 2.1/D: Percorrenza ad ovest della linea ferroviaria "Roma - Pescara"

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 12 di 65	Rev. 0



Foto 2.1/E: Discesa verso il secondo attraversamento della linea ferroviaria "Roma - Pescara"



Foto 2.1/F: Secondo attraversamento della linea ferroviaria "Roma - Pescara"

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 13 di 65	Rev. 0

Interferenze

In comparazione al tracciato originario per quanto attiene gli strumenti di tutela a livello nazionale, lungo la variante si registra un'interferenza sensibilmente inferiore con l'areale del SIC " Fiumi Giardino, Sagittario, Aterno, Sorgenti del Pescara", mentre le interferenze con gli altri strumenti di tutela risultano del tutto analoghe (vedi tab.2.1/A e Vol. 1, All. 4 Dis. LB-D-83203 rev. 2, tav. 4-5).

Tab. 2.1/A: Interferenza con strumenti di tutela a livello nazionale

Strumenti di tutela	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Vincolo idrogeologico	assente lungo tutto il tratto	assente lungo tutto il tratto
DLgs 42/04 art.136 Beni paesaggistici "immobili e aree di notevole interesse pubblico" - (ex DLgs 490/99 art. 139)	assente lungo tutto il tratto	assente lungo tutto il tratto
DLgs 42/04 art. 142 Beni paesaggistici " aree tutelate per legge" - (ex DLgs 490/99 art. 146)		
- fiumi, torrenti e corsi d'acqua (lett. c)	2,440	2,355
- Parchi e riserve nazionali e regionali... (lett.f)	6,720	7,065
Siti di importanza comunitaria (92/43/CEE) e Zone di protezione speciale (79/409/CEE)	3,260	0,210

Per quanto concerne gli strumenti di pianificazione a livello regionale, sia la variante che il tracciato originario, interessano, nel territorio della Regione Abruzzo, un'area che il Piano Regionale Paesistico definisce "Zona A2 a conservazione parziale (vedi tab.2.1/B e Vol. 1, All.5 Dis. LB-D-83204 rev.2 - Tav.4-5).

Per quanto riguarda il Piano Stralcio Difesa alluvioni (PSDA), la variante, modificando l'andamento del tracciato, porta ad una diminuzione della percorrenza delle aree a pericolosità molto elevata e media ed ad un incremento dei tratti caratterizzati da pericolosità elevata e moderata (vedi tab. 2.1/B e Vol. 2, All.12 Dis. LB-D-83217 rev. 2 - tav. 4-5).

Tab. 2.1/B: Interferenza con strumenti di pianificazione a livello regionale

Strumenti di tutela e pianificazione	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Regione Abruzzo - Piano Regionale Paesistico (PRP)		
Zona A2 a conservazione parziale	5,180	5,550
Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA) – Percorrenza aree a pericolosità idraulica		
Aree a pericolosità molto elevata P4	0,840	0,140
Aree a pericolosità elevata P3	0,495	1,005
Aree a pericolosità media P2	3,180	1,535
Aree a pericolosità moderata P1	0,120	1,220

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 14 di 65	Rev. 0

Per quanto riguarda la normativa a carattere provinciale, la variante venendo ad interessare, analogamente al tracciato originario, aree di preminente interesse agricolo nell'ambito del sistema fluviale nel territorio della Provincia dell'Aquila ed aree definite come "serbatoio di naturalità, connessione" in Provincia di Pescara, non porta ad alcuna variazione nell'interferenza delle aree definite dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) delle due Province, (vedi Vol. 2, All. 6 Dis. LB-D-83212 rev.2 – tav. 4-5).

Per quanto attiene gli strumenti di pianificazione urbanistica, analogamente al tracciato originario, non vengono interessate zonizzazioni diverse dalle aree destinate alle pratiche agricole (vedi Vol. 2, All. 7, Dis. LB-D- 83205 rev. 2 – tav. 4-5).

Dati Tecnici

La lunghezza della variante è di circa 7,065 km, superiore al tracciato originario di 245 m, e la sua realizzazione comporta (vedi Vol. 1, All. 2, Dis. LB-D-83201 rev.2 - tav. 4-5):

- un aumento dell'incremento di superficie asservita pari a circa 9800 m², dovuto alla maggiore lunghezza della condotta;
- la realizzazione di due ulteriori impianti di linea, denominati rispettivamente PIL 1/A e PIL 1/B posti in località "Palazzo", al km 12,825 in Comune di Roccacasale, e in località Capo Canale, al km 14,720 nel territorio comunale di Corfinio, che comporta un aumento della superficie di occupazione permanente pari a circa 775 m²;
- la realizzazione di un microtunnel di circa 380 m per l'attraversamento in subalveo del F. Saggitario in sostituzione dell'analogo manufatto di circa 95 m originariamente previsto per il superamento dello stesso corso d'acqua;
- un aumento di circa 10.860 m² della superficie di occupazione temporanea, risultante dalla somma tra gli incrementi, dovuti alla maggiore lunghezza della linea, dell'area di passaggio (6860 m²), e degli allargamenti dell'area di passaggio in corrispondenza dei nuovi punti di linea PIL n. 1/A e n. 1/B (2000 m²) e dell'attraversamento di fossi (2000 m²) in località "Caraieta" (15,090 km), "Staz. di Corfinio" (16,175 km) e "la Tesa" (17,415 km 17,965 km).

Mitigazioni e ripristini

Analogamente a quanto previsto lungo il tracciato originario, gli interventi di mitigazione e ripristino consistono nella riprofilatura e ricomposizione dell'originaria superficie topografica e nella realizzazione di opere in legname (palizzate), in corrispondenza dell'attraversamento dei fossi in località Caraieta" (15,090 km), "Staz. di Corfinio" (16,175 km) e "la Tesa" (17,415 km 17,965 km) - (vedi Vol. 2, All. 8, Dis. LB-D-83206 rev.2 - tav. 4-5).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 15 di 65	Rev. 0

Caratteristiche fisiche e ambientali

In comparazione al tracciato originario, le caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo risulta del tutto analoghe. La variante, come il tracciato originario, si sviluppa interamente nell'ambito della Conca di Sulmona in un tratto dove prevalgono i lineamenti pianeggianti interrotti da brevi scarpate di terrazzo e dalle incisioni e/o dalle opere di arginatura dei corsi d'acqua.

Dal punto di vista litologico, l'intero tratto è caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali e fluvio-lacustri ghiaie, sabbie, limi e argille (vedi Vol. 2, All. 9, Dis. LB-D-83209 rev.2 - tav. 2).

Per quanto attiene l'uso del suolo, la variante si sviluppa prevalentemente in aree a seminativo venendo ad interessare anche limitate superfici ad incolti erbacei ed arbustivi, evitando qualsiasi interferenza sia con la vegetazione ripariale che si sviluppa lungo il corso del F. Saggittario superato per mezzo di un tratto di percorrenza in sotterraneo (microtunnel), sia con la formazione boschiva a latifoglie, interessata dal tracciato originario in prossimità di Capo Canale lungo la sponda occidentale dello stesso corso d'acqua (vedi Vol. 2, All. 10, Dis. LB-D-83210 rev.2 - tav. 4-5).

Impatto ambientale

Per quanto attiene le componenti suolo e sottosuolo ed ambiente idrico, il livello di impatto che si registra lungo la variante risulta del tutto analogo a quanto attribuito in corrispondenza del tracciato originario, mentre, in relazione alla minore interferenza con l'ambito golenale del F. Sagittario e con le formazioni boschive che ne segnano il percorso, l'impatto sulle componenti vegetazione e paesaggio diminuisce sensibilmente divenendo trascurabile per l'intero sviluppo lineare della stessa variante (vedi Vol. 2, All. 11, Dis. LB-D-83211 rev.2 - tav. 4-5).

2.2 Variante B (da 44,650 km a 47,900 km)

La realizzazione della variante comporta una diminuzione di circa 260 m dello sviluppo lineare della condotta e, in riferimento all'interferenza con i limiti amministrativi, implica un aumento di circa 1,600 m della percorrenza nel territorio comunale di Prata d'Ansidonia, l'eliminazione della percorrenza in Comune di Fagnano Alto ed un aumento di 110 m del tratto in Comune di S. Demetrio né Vestini, (vedi All. 1, Dis. LB-D-83629 "Varianti di progetto" - tav. 13-14).

Motivazione

La variante è stata sviluppata allo scopo di minimizzare l'interferenza del progetto con l'areale della ZPS "Sirente – Velino" e con l'omonimo Parco Naturale Regionale, per soddisfare la richiesta in merito espressa dalla Commissione istituita presso il Ministero dell'Ambiente e dai funzionari rappresentanti dell'Amministrazione Regionale durante i sopralluoghi che si sono succeduti nel corso della istruttoria.

Analogamente alla precedente variante, il tratto di percorrenza, come già anticipato (vedi cap. 1), è stato oggetto di due successivi approfondimenti che, in riferimento a quanto originariamente previsto, avevano in un primo tempo escluso la possibilità di modificare il tracciato della condotta per la sussistenza di impedimenti di natura

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 16 di 65	Rev. 0

urbanistica (vedi SPC LA-E-83042) e, successivamente in ragione di una modificazione apportata al PRG del Comune di Prata d'Ansidonia (vedi SPC. LA-E-83044) all'accertamento della fattibilità di una soluzione alternativa in grado di evitare l'interferenza con gli areali della Zona e del Parco.

La variante in oggetto corrisponde in gran parte alla soluzione alternativa già presa in esame nella documentazione integrativa prodotta (vedi SPC LA-E-83044 – cap. 3 "Tracciato dell'opera in corrispondenza della ZPS IT7110130 "Sirente – Velino").

L'interferenza con l'areale della Zona di Protezione Speciale e del Parco Naturale Regionale viene così del tutto eliminata.

Descrizione

Il tracciato della variante, che, analogamente all'intero tracciato, include anche delle limitate variazioni nella posizione di alcuni vertici della poligonale derivate dal rilievo celerimetrico dell'asse della condotta, si stacca da quello originario in corrispondenza del km 44,650 a sud dell'abitato di Prata d'Ansidonia (vedi foto 2.2/A), in un tratto di percorrenza caratterizzato dalle aree agricole comprese tra l'abitato e la dorsale montuosa che limita a sud la conca che si estende tra il capoluogo comunale e la frazione di S. Nicandro.

Dirigendosi verso nord-ovest, la variante percorre l'area pianeggiante (vedi foto 2.2/B ÷ 2.2/D), superando la località "Vignale" per giungere in prossimità dell'abitato di S. Nicandro, ove, deviando decisamente verso ovest, si porta al piede del versante settentrionale della citata dorsale. Da questo punto, la variante, proseguendo verso OSO attraversa il rilievo per mezzo di un tratto di percorrenza rettilineo in sotterraneo (microtunnel), lungo circa 845 m per sbucare nei pressi della località "I Pozzi", ai piedi del versante settentrionale del rilievo nel territorio comunale di S. Demetrio né Vestini.

Dal punto di uscita del microtunnel, la variante, deviando verso SO, attraversa un vallone, percorrendone i versanti (vedi foto 2.2/E e 2.2/F) secondo la linea di massima pendenza, per ricongiungersi al tracciato originario in prossimità del km 47,900 ad est dell'abitato di S. Demetrio né Vestini (vedi Vol. 1, All.2, Dis. LB-D-83201 rev.2 "Tracciato di progetto" – tav. 13-14).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 17 di 65	Rev. 0



Foto 2.2/A: Panoramica del punto iniziale della variante



Foto 2.2/B: Percorrenza della piana a sud dell'abitato di Prata d'Ansidonia

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 18 di 65	Rev. 0



Foto 2.2/C: Percorrenza della piana verso S. Demetrio



Foto 2.2/D: Percorrenza della piana in prossimità di S. Demetrio

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 19 di 65	Rev. 0



Foto 2.2/E: Panoramica della discesa del versante orientale dell'incisione

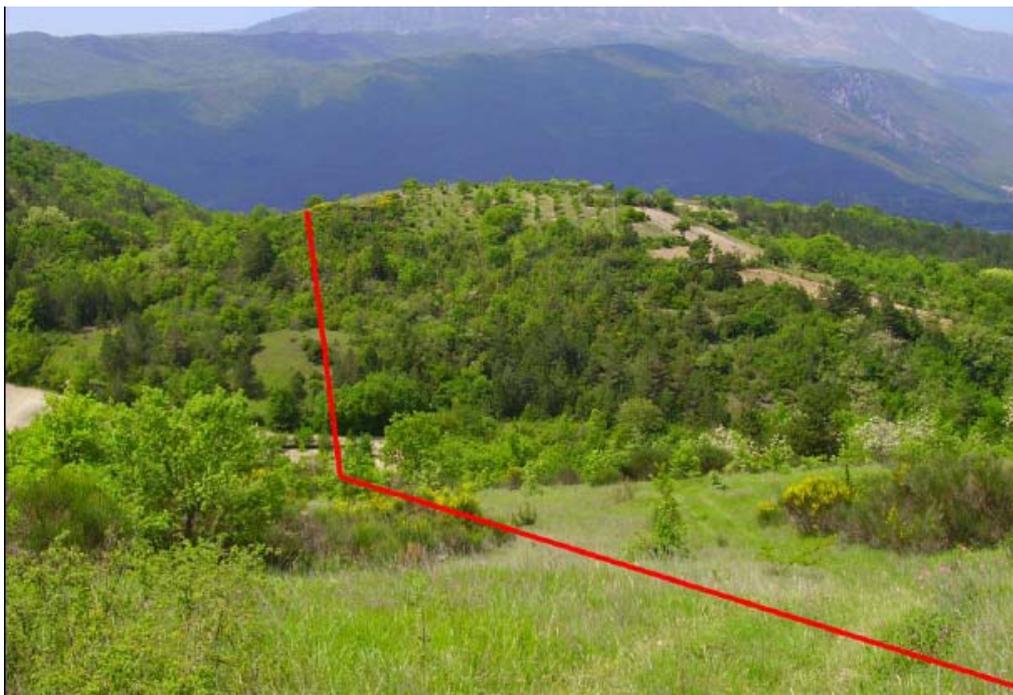


Foto 2.2/F: Panoramica della risalita del versante occidentale dell'incisione

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 20 di 65	Rev. 0

Interferenze

In comparazione al tracciato originario, la variante comporta, complessivamente, minori interferenze con gli strumenti di tutela e di pianificazione a livello nazionale (vedi tab.2.2/A, Vol. 1, All. 4 Dis. LB-D-83203 rev. 2 - tav. 13-14).

Tab. 2.2/A: Interferenza con strumenti di tutela a livello nazionale

Strumenti di tutela	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Vincolo idrogeologico	0,180	0,280
DLgs 42/04 art.136 Beni paesaggistici "immobili e aree di notevole interesse pubblico" - (ex DLgs 490/99 art. 139)	assente lungo tutto il tratto	assente lungo tutto il tratto
DLgs 42/04 art. 142 Beni paesaggistici " aree tutelate per legge" - (ex DLgs 490/99 art. 146)		
- parchi e riserve nazionali e regionali e territori di protezione esterna (lett.f)	2,645 (*)	2,405 (*)
- territori ricoperti da boschi (lett. g)	1,475 (*)	0,360 (*)
Siti di importanza comunitaria (92/43/CEE) e Zone di protezione speciale (79/409/CEE)	1,730 (*)	0,000 (*)

(*) valori espressi non considerando i tratti di percorrenza in sotterraneo (micritunnel)

Per quanto concerne gli strumenti di pianificazione a livello regionale, la variante presenta un'interferenza sensibilmente inferiore con la "Zona A2 a conservazione parziale", unica area del Piano Regionale Paesistico interferita, sia dal tracciato originario che dalla variante stessa (vedi tab.2.2/B e Vol. 1, All.5 Dis. LB-D-83204 rev.2 - Tav.13-14).

Tab. 2.2/B: Interferenza con strumenti di pianificazione a livello regionale

Strumenti di tutela e pianificazione	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Regione Abruzzo - Piano Regionale Paesistico (PRP)		
Zona A2 a conservazione parziale	1,315	0,530

Per quanto riguarda il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, la variante, analogamente al tracciato originario, interferisce unicamente con alcune scarpate definite come Aree interessate da dissesti tipo scarpate (vedi All.13 - Dis. LB-D-83219 rev. 2 - tav. 5).

Per quanto concerne la normativa a carattere provinciale, la variante venendo ad interessare in corrispondenza del suo settore terminale, analogamente al tracciato originario, aree di preminente interesse agricolo, non porta ad alcuna variazione significativa nell'interferenza delle zone definite dal Piano Territoriale di Coordinamento

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 21 di 65	Rev. 0

Provinciale (PTCP) della Provincia di L'Aquila (vedi Vol. 2, All. 6 Dis. LB-D-83212 rev.2 - tav. 13-14).

Per quanto attiene gli strumenti di pianificazione urbanistica, analogamente al tracciato originario, non vengono interessate zonizzazioni diverse dalle aree destinate alle pratiche agricole (vedi Vol. 2, All. 7, Dis. LB-D-83205 rev. 2 - tav. 13-14).

Dati Tecnici

La lunghezza della variante è di circa 3,250 km, inferiore al tracciato originario di circa 260 m, e la sua realizzazione comporta (vedi Vol. 1, All. 2, Dis. LB-D-83201 rev.2 - tav. 13 - 14):

- una diminuzione della superficie asservita pari a circa 10400 m², dovuto alla minore lunghezza della condotta;
- lo spostamento del punto di intercettazione di linea PIL n. 6, originariamente previsto nel territorio di Fagnano Alto nella Valle di Bovacchio ad una nuova posizione in prossimità della frazione di S. Demetrio, in Comune di Prata d'Ansidonia (vedi Vol. 2, All. 15 - Dis. LC-D-83389);
- lo spostamento del microtunnel previsto per l'attraversamento della dorsale e della relativa area di deponia temporanea e degli allargamenti dell'area di passaggio in corrispondenza degli imbocchi;
- l'adeguamento di un tratto di circa 110 m di un esistente strada bianca che da S. Demetrio si dirige verso sud e la realizzazione di un tratto di circa 50 m di strada di accesso all'impianto PIL n.6 (vedi Vol. 2, All. 15 - Dis. LC-D-83356);
- una diminuzione di circa 7280 m² della superficie di occupazione temporanea, dovuto alla minore lunghezza della linea.

Mitigazioni e ripristini

In comparazione al tracciato originario, la realizzazione della variante, in riferimento alla diversa configurazione dell'attraversamento del vallone ad ovest di S. Demetrio, non richiede la messa in opera delle opere di sostegno in massi ed in gabbioni originariamente previste, ma unicamente interventi di regimazione delle acque superficiali (vedi Vol. 2, All. 15 - Dis. LC-D-83418) ed eventuali letti posa drenanti (vedi Vol. 2, All.15 - Dis. LC-D-83407) e, in riferimento alla minore interferenza con le aree boscate, si prevedono minori interventi di inerbimento e piantumazione (vedi Vol. 2, All. 7, Dis. LB-D-83206 rev.2 - tav. 13-14).

Caratteristiche fisiche e ambientali

Le caratteristiche geomorfologiche lungo il tracciato della variante risultano sostanzialmente analoghe a quelle che caratterizzano il tracciato originario, dominate dalla presenza della dorsale calcarea che si sviluppa a sud dell'abitato di Prata d'Ansidonia e superata in entrambe i casi in sotterraneo per mezzo di microtunnel. La variante, percorrendo la piana, si sviluppa in gran parte in un ambito pianeggiante, costituito da depositi lacustri, mentre il tracciato originario, percorrendo l'incisione di Valle Bovacchio, presentava un lungo tratto caratterizzato da depositi detritici di falda. (vedi Vol. 2, All. 9, Dis. LB-D-83209 rev.2 - tav. 5).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 22 di 65	Rev. 0

Per quanto attiene l'uso del suolo, la variante, sempre in ragione del più esteso tratto di percorrenza della piana di Prata d'Ansidonia, evita l'interferenza con le superfici boscate che caratterizzano la Valle Bovacchio. (vedi Vol. 2, All. 10, Dis. LB-D-83210 rev.2 - tav. 13-14).

Impatto ambientale

Lungo il tracciato della variante, si registrano livelli di impatto del tutto analoghi quanto valutato originariamente lungo il tracciato originario per quanto riguarda le componenti suolo e sottosuolo e ambiente idrico; livelli di impatto nell'insieme inferiori si registrano invece, in riferimento alla minore interferenza con aree boscate, sulle componenti vegetazione e paesaggio (vedi Vol. 2, All. 11, Dis. LB-D-83211 rev.2 - tav. 13-14).

2.3 Variante C (da 114,080 km a 119,490 km)

La realizzazione della variante comporta un aumento di circa 0,735 km dello sviluppo lineare della condotta, ed un pari aumento della percorrenza nel territorio comunale di Cascia, che passa da 9,675 km a 10,410 km (vedi Vol.1, All. 1, Dis. LB-D-83269 "Ulteriori varianti e ottimizzazioni di progetto" - tav. 30-31).

Motivazione

Lo studio della variante è stato richiesto dai funzionari rappresentanti dell'Amministrazione regionale dell'Umbria al fine di evitare, nel tratto compreso tra le località di Le Pianette e l'inizio della percorrenza nella Valle Fuino, la percorrenza della condotta nella zona più prossima all'abitato di Civita, nel territorio comunale di Cascia. In riferimento al tracciato originario della condotta, la variante in oggetto costituisce una modificazione della porzione iniziale di una assai più estesa variazione di tracciato oggetto di una integrazione volontaria allo Studio di impatto ambientale (vedi SPC. LA-E-83012 "Variante di tracciato nei territori comunali di Cascia, Norcia e Preci").

Descrizione

La variante, che include anche delle limitate variazioni nella posizione di alcuni vertici della poligonale derivate dal rilievo celerimetrico dell'asse della condotta, si stacca dal tracciato originario in Comune di Cittareale a nord della località "Capitoni", e, dirigendosi verso NNO, ne diverge brevemente per seguirne l'andamento sino a raggiungere l'incisione che segna il confine regionale tra il Lazio e l'Umbria in località le "Pianette".

Dopo aver superato il confine regionale, la variante, piegando decisamente verso NE, risale in massima pendenza il versante sud-occidentale di Costa delle Cavalle portandosi sin quasi alla sommità. Da qui, deviando verso est, il tracciato attraversa una piccola sella, per raggiungere la cima della Costa Pozzoni a circa 1786 m di altitudine (vedi foto 2.3/A) e piegando verso nord, percorre la stretta dorsale calcarea che discende dalla sommità verso la Valle Pantana (vedi foto 2.3/B).

Lasciata Costa Pozzoni, completamente impostata su litotipi calcarei, la variante raggiunge il fondovalle della Valle Pantana (vedi foto 2.3/C), lo percorre

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 23 di 65	Rev. 0

completamente lungo un'esistente strada forestale, seguendone il tortuoso andamento (vedi foto 2.3/D), sino raggiungere la SP "Umbra" (vedi foto 2.3/E).

Attraversata la sede della strada provinciale, la variante, dopo circa 1 km, si ricongiunge, in località Bandiera (vedi foto 2.3/F), al tracciato originario come modificato dallo sviluppo della citata "Variante nei territori comunali di Cascia, Norcia e Preci" (vedi Vol. 1, All. 2, Dis. LB-D-83201 rev.2 e All. 3 LB-D-83202 rev.3 - tav. 30-31).



Foto 2.3/A: Panoramica della variante nel tratto iniziale di discesa da Costa Pezzoni

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 24 di 65	Rev. 0

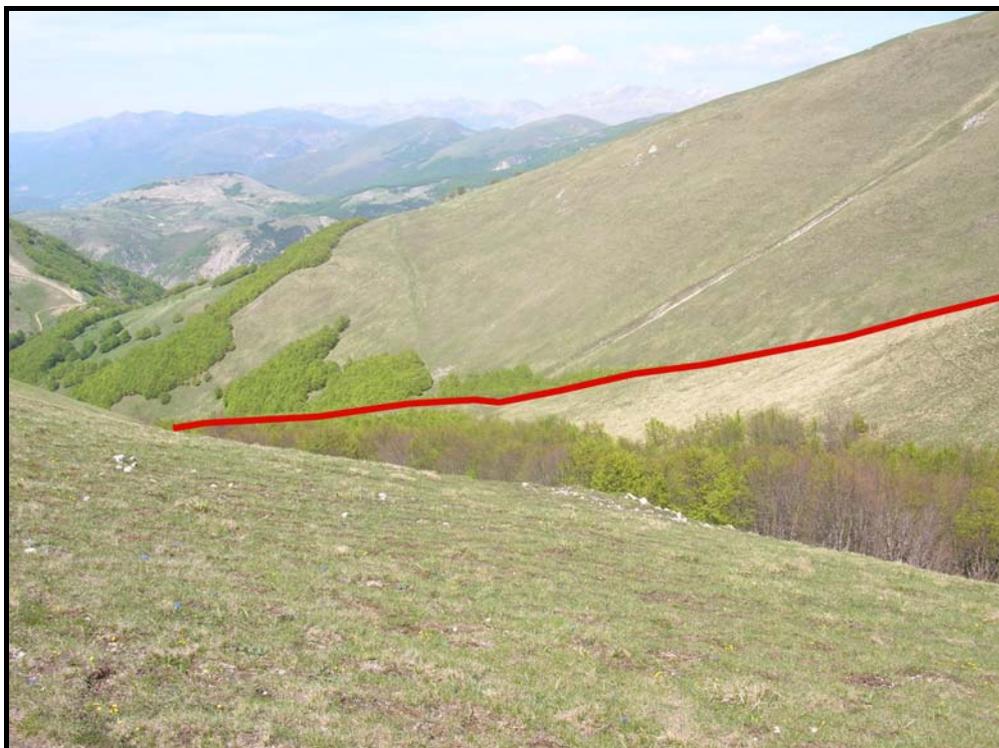


Foto 2.3/B: Panoramica della variante nel tratto terminale della Costa Pezzoli



Foto 2.3/C: Percorrenza del tratto iniziale di Valle Pantana

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 25 di 65	Rev. 0



Foto 2.3/D: Percorrenza del tratto terminale di Valle Pantana



Foto 2.3/E: Il tracciato della variante in prossimità dell'attraversamento della SP "Umbra"

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 26 di 65	Rev. 0



Foto 2.3/F: Percorrenza in località Bandiera nel tratto terminale della variante

Interferenze

In comparazione al tracciato originario, la variante, in riferimento anche alla maggiore lunghezza, comporta maggiori interferenze con gli strumenti di tutela e di pianificazione a livello nazionale (vedi tab.2.3/A e 2.3/B, Vol. 1, All. 4 Dis. LB-D-83203 rev. 1 - tav. 30-31; All. 6 Dis. LB-D-83680).

Tab. 2.3/A: Interferenza con strumenti di tutela a livello nazionale

Strumenti di tutela	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Vincolo idrogeologico	Intero tratto 4,675	Intero tratt 5,410
DLgs 42/04 art.136 Beni paesaggistici "immobili e aree di notevole interesse pubblico" - (ex DLgs 490/99 art. 139)	assente	assente
DLgs 42/04 art. 142 Beni paesaggistici " aree tutelate per legge" - (ex DLgs 490/99 art. 146) - Montagne eccedenti 1200 m (Lett.d)	Intero tratto 4,675	Intero tratt 5,410

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 27 di 65	Rev. 0

Tab. 2.3/A: Interferenza con strumenti di tutela a livello nazionale (seguito)

Strumenti di tutela	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
DLgs 42/04 art.136 Beni paesaggistici "immobili e aree di notevole interesse pubblico" - (ex DLgs 490/99 art. 139)	assente	assente
- Territori con boschi e foreste, ancorché percorsi dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento (Lett.g)	0,980	2,930
- Aree gravate da usi civici (Lett. h)	2,240	4,245
Siti di importanza comunitaria (92/43/CEE) e Zone di protezione speciale (79/409/CEE)	2,585	4,440

Per quanto attiene il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Tevere, il tracciato della variante, analogamente al tracciato originario, interessa solo le aree classificate sull'elaborato "Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio di frana", venendo a lambire il piede di fenomeni di scivolamento quiescenti lungo il fondovalle dell'incisione della Valle Pantana (vedi Vol. 2, All. 14, Dis. LB-D-83218 – tav. 30 e 31).

Per quanto concerne gli strumenti di pianificazione a livello regionale, la variante in corrispondenza del breve tratto iniziale nel territorio della Regione Lazio presenta interferenze del tutto analoghe a quelle registrate in corrispondenza del tracciato originario (vedi tab. 2.3/B e Vol. 1, All. 5, Dis. LB-D-83204 rev 2 - tav. 30). La restante parte della variante nel territorio della Regione Umbria presenta maggiori interferenze con l'unica area classificata nel Piano Urbanistico Territoriale interferita: "aree boscate" (vedi tab. 2.3/B e Vol. 1, All. 5, Dis. LB-D-83204 rev 2 - tav. 30-31).

Tab. 2.3/B: Interferenza con strumenti di pianificazione a livello regionale

Strumenti di tutela e pianificazione	Tracciato originario (km)	Tracciato in variante (km)
Regione Lazio - Piano Territoriale Paesistico - Ambito n. 5 Rieti		
Territori coperti da boschi e foreste o sottoposti a vincoli di rimboschimento- punto G (art.1 L 431/85)	0,200	0,180
Aree da considerare di rilevante interesse paesistico	0,200	0,180
Ambito in cui si propone l'estensione del vincolo ex legge 1497/39 disciplinato da PTP	0,200	0,180
Regione Umbria - Piano Urbanistico Territoriale		
Aree Boscate (art. 15)	0,935	2,930

Per quanto concerne la normativa a carattere provinciale, la variante, analogamente al tracciato originario, viene ad interessare solo le aree definite SIC - SIR dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Perugia e,

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 28 di 65	Rev. 0

conseguentemente, presenta un'interferenza del tutto analoga a quanto già evidenziato (vedi tab. 2.3/A e Vol. 2, All. 6 Dis. LB-D-83212 rev.2 - tav. 30-31).

Per quanto attiene gli strumenti di pianificazione urbanistica, analogamente al tracciato originario, non vengono interessate zonizzazioni diverse dalle aree destinate alle pratiche agricole; in queste aree si segnala, lungo la variante, un aumento dell'interferenza con gli ambiti boschivi governati a ceduo (vedi Vol. 2, All. 7, Dis. LB-D-83205 rev. 2 – tav. 30-31).

Dati Tecnici

La lunghezza della variante è di circa 5,410 km, superiore al tracciato originario di 0,735 km, e la sua realizzazione comporta (vedi Vol. 1, All. 2, Dis. LB-D-83201 rev.2 - tav. 30-31):

- un aumento dell'incremento di superficie asservita pari a circa 2,94 ha, dovuto alla maggiore lunghezza della condotta;
- un incremento di circa 1,35 ha della superficie di occupazione temporanea, determinato, anch'esso, dalla maggiore lunghezza della linea;

Mitigazioni e ripristini

In comparazione al tracciato originario, la realizzazione della variante, in riferimento alla diversa configurazione dell'andamento della condotta, comporta la realizzazione di interventi di regimazione delle acque superficiali lungo la risalita di Costa delle Cavalle e la successiva discesa lungo la Costa Pezzoli, di interventi di difesa spondale lungo la percorrenza dell'incisione di Valle Pantana (vedi Vol. 2, All. 8, Dis. LB-D-83206 rev.2 - tav. 30-31).

Caratteristiche fisiche e ambientali

In comparazione al tracciato originario, le caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo risultano del tutto affini. La variante, come il tracciato originario, è caratterizzata da un substrato litoide di natura calcarea e calcarea marnosa a luoghi ricoperto da depositi detritici (vedi Vol. 2, All. 9, Dis. LB-D-83209 rev.2 - tav. 12).

L'uso del suolo è caratterizzato, in corrispondenza della risalita di Costa delle Cavalle e della discesa lungo Costa Pezzoli da prati e pascoli, roccia sub-affiorante ed incolti erbacei e quindi lungo la percorrenza della Valle Pantana da un'estesa formazione boschiva a latifoglie governata a ceduo (vedi Vol. 2, All. 10, Dis. LB-D-83210 rev.2 - tav. 30 -31), per parte della quale, tra il km 118,160 e il km 118,500 (corrispondente alla particella 67 del foglio 130 del Comune di Cascia), sono già stata richieste le autorizzazioni al taglio ed è in corso la relativa procedura di appalto dei lavori.

Impatto ambientale

Lungo il tracciato della variante, si registra un livello di impatto complessivamente assimilabile a quello della linea originaria. In particolare, impatti del tutto analoghi si registrano sulle componenti suolo e sottosuolo ed ambiente idrico. Per quanto attiene la vegetazione, il livello di impatto, nonostante il più esteso tratto di percorrenza in ambiti boschivi, è analogo a quanto valutato lungo il tracciato originario, sia in ragione del fatto che per buona parte della percorrenza della Valle Pantana verrà sfruttata

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 29 di 65	Rev. 0

l'esistente strada forestale, sia in considerazione dell'attuale sistema di governo della formazione forestale e dell'autorizzazione al taglio richiesta per una consistente parte del tratto. Un'analoga considerazione può, infine, essere formulata per quanto attiene la componente paesaggio, in quanto la variante, sviluppandosi in gran parte nell'incisione della Valle Pantana, presenta una visibilità sensibilmente inferiore all'originario tracciato (vedi Vol. 2, All. 11, Dis. LB-D-83211 rev.2 - tav. 30-31).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 30 di 65	Rev. 0

3 OTTIMIZZAZIONI DI TRACCIATO

Oltre alle tre variazioni di tracciato illustrate al precedente capitolo, il progetto originario è stato affinato con l'introduzione di più limitate ottimizzazioni progettuali essenzialmente derivate dallo sviluppo del progetto di dettaglio della condotta e, più precisamente dal rilievo celerimetrico effettuato per la materializzazione dell'asse della condotta sul terreno.

I ventinove tratti, ove si prevede una modificazione del tracciato della condotta, sopra citati sono stati opportunamente rappresentati, unitamente al tracciato originario, su di un elaborato cartografico in scala 1:10.000 contrassegnati da una numerazione progressiva nel senso di trasporto del gas naturale (vedi All. 1, Dis. LB-D-83629 "Ulteriori varianti ed ottimizzazioni di progetto").

Dette modificazioni comportano, pur interessando anche tratti di lunghezza apprezzabile, spostamenti planimetrici trasversali all'asse della condotta assai limitati, generalmente compresi in poche decine di metri (vedi Tab. 3/A).

Tab. 3/A: Ottimizzazioni progettuali

n.	n. Tav (*)	Progr. (km)	Scostamento trasversale massimo (m)	Comune	Motivazione
1	1	0,000-2,800	75	Sulmona-Pacentro	Presenza di una ex cava nell'alveo del T. Vella, di un maneggio, di un area con serre e fabbricati riscontrata dal rilievo celerimetrico di dettaglio
2	2	4,025-5,160	50	Sulmona	Presenza di fabbricati
3	3	7,055-9,335	30		Presenza di servizi interrati ed alla necessità ed adeguamento a tracciato della nuova linea ferroviaria in progetto (Consorzio ASI)
4	6	20,000-21,745	80	Popoli	Presenza di un traliccio di una linea ad alta tensione (LEAT) ed adeguamento del tracciato alla linea di massima acclività del pendio nel settore terminale della risalita a Capo Pescara
5	7	22,715-23,790	80		Adeguamento alla linea di massima acclività del pendio in corrispondenza della discesa del versante meridionale della Valle del Canestro
6	7	25,200-25,725	45	Collepietro	Adeguamento alla linea di massima acclività del versante settentrionale della Valle Gemmina

(*) Vol.1, All.1 Dis. LA-E-83269 rev. 0

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 31 di 65	Rev. 0

Tab. 3/A: Ottimizzazioni progettuali (seguito)

n.	n. Tav (*)	Progr. (km)	Scostamento trasversale massimo (m)	Comune	Motivazione
7	8	26,475-27,330	55	Collepietro	Adeguamento parallelismo a Linea elettrica alta tensione (LEAT) ed al limite di un'area boscata
8	8-9	29,220-30,735	60	Collepietro, Navelli	Adeguamento parallelismo a metanodotto esistente
9	12	43,040-43,540	40	Prata d'Ansidonia	Adeguamento alla linea di massima acclività di un limitato tratto ai piedi del versante settentrionale rilievo collinare del Castello di Prata
10	14	48,540-49,455	95	S. Demetrio né Vestini	Adeguamento alla linea di massima acclività del versante settentrionale del rilievo ad est di S. Mauro
11	14	50,150-51,430	50		Adeguamento tracciato al PRG di S. Demetrio ne Vestini e relativa nuova viabilità
12	15	54,505-54,860	45	Poggio Picenze	Necessità di evitare i fabbricati al km 54.700 circa (Canile)
13	16	59,045-59,430	30	L'Aquila	Adeguamento all'orografia in corrispondenza dell'attraversamento di una incisione in località "Sette vasche"
14	17	61,455-62,045	50		Adeguamento alla linea di massima acclività del versante occidentale ad est dell'abitato di Paganica
15	18	64,460-65,060	65		Adeguamento all'orografia in corrispondenza del piede del versante settentrionale della dorsale di Cornella Ragno in località "Casarano"
16	18	65,970-66,560	40		Modificato tracciato per ubicazione PIL 8 in posizione più idonea
17	19	70,010-70,730	70		Presenza di fabbricati al km 70,150 circa (Ristorante Birreria)
18	21	77,515-78,950	70	L'Aquila, Pizzoli	Adeguamento per minimizzare interferenza con aree condotte a tartufaia ed adeguamento alle locali caratteristiche morfologiche

(*) Vol. 1, All.1 Dis. LA-E-83269 rev. 0

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 32 di 65	Rev. 0

Tab. 3/A: Ottimizzazioni progettuali (seguito)

n.	n. Tav (*)	Progr. (km)	Scostamento trasversale massimo (m)	Comune	Motivazione
19	23	83,230-85,405	70	Pizzoli-Barete	Adeguamento alla linea di massima acclività della risalita del versante sud-orientale di Colle Fioretti
20	23	85,950-86,690	100	Barete, Cagnano Amiterno	Adeguamento alla linea di massima acclività della discesa del versante settentrionale di Costa Picciola
21	27	98,950-99,300	50	Montereale	Salvaguardia di coltura specializzata di pregio ed adeguamento a presenza di tralicci LEAT e fabbricati
22	27	101,110-101,730	30		Ubicazione del PIL 12 ed adeguamento all'orografia in corrispondenza della sella tra il M. Picone e Collorcio
23	28	106,860-107,140	80	Cittareale	Presenza di tralicci di una LEAT e di un'opera d'arte (tombino) della SS n. 4 "Salaria"
24	38	145,010-146,200	60	Preci	Adeguamento alla linea di massima acclività della risalita e della discesa della dorsale a nord dell'abitato di Montagioni
25	42	159,110-159,730	40	Serravalle del Chienti	Adeguamento alle locali caratteristiche morfologiche dell'incisione della Valle di Per canestro con modificazione metodologia di posa (microtunnel)
26	42	160,720-161,240	45		Adeguamento della percorrenza su terreno meno acclive in località "La Loggia"
27	42-43	161,730-162,410	50		Adeguamento all'andamento del fondovalle ad ovest dell'abitato di Civitella
28	43	163,675-165,030	80	Foligno	Presenza di laghetto
29	44	168,160-168,720	30	Serravalle del Chienti-Foligno	Ottimizzazione condotta e punto di lancio/ricevimento pig per adeguamento a progetto della nuova viabilità

(*) Vol. 1, All.1 Dis. LA-E-83269 rev. 0

Tutte le ottimizzazioni sopra citate ad eccezione della n. 25, in ragione delle entità estremamente limitate degli spostamenti dei vertici della poligonale, non comportano, in comparazione al tracciato originario, alcuna modificazione significativa, né degli elementi progettuali, né dei livelli di impatto attesi dalla realizzazione dell'opera.

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 33 di 65	Rev. 0

In corrispondenza dell'ottimizzazione n. 25, che diversamente da quanto originariamente previsto, comporta la realizzazione di un microtunnel (vedi Vol. 2, All. 15, Dis. LB-D-83350) di circa 540 m, sviluppato per superare un tratto della Valle di Percanestro estremamente angusto, l'impatto atteso nel tratto, sulle componenti vegetazione e paesaggio, viene conseguentemente ad annullarsi (vedi Vol. 2, All. 11, Dis. LB-D-83211 - tav. 42).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 34 di 65	Rev. 0

4 APPROFONDIMENTI TEMATICI - SISMICITA' DELL'AREA

4.1 Premessa

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 marzo 2003, n. 3274, il legislatore ha dato inizio ad un progressivo aggiornamento della normativa antisismica, proseguito con il DM 14 settembre 2005, a sua volta oggetto di revisione con il DM 14 gennaio 2008 recante "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008).

Le NTC 2008 definiscono i principi per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni, con implicazioni notevoli sulla progettazione delle opere in zona sismica, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni da utilizzare nel progetto, definiscono le caratteristiche di materiali e prodotti e, in generale, trattano gli aspetti attinenti la sicurezza strutturale delle opere. Le NTC 2008 si applicano alle costruzioni in calcestruzzo, in acciaio, in legno ed in muratura, ai ponti ed alle opere e sistemi geotecnici. Nelle NTC 2008 non vi sono prescrizioni di dettaglio per le tubazioni ed i sistemi di tubazioni per il trasporto e la distribuzione del gas.

Con Decreto Legge 31 dicembre 2007, n. 248, convertito con modificazioni dalla Legge 28 febbraio 2008, n. 31, oltre a disciplinare il regime transitorio, si prevede l'immediata applicazione delle NTC 2008 agli edifici ed alle opere infrastrutturali strategici e rilevanti come individuati dal decreto del Capo del dipartimento della protezione civile 21 ottobre 2003, in attuazione dell'OPCM n. 3274/2003. Il decreto individua tra le opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, le strutture connesse con la produzione il trasporto e la distribuzione di materiali combustibili (quali oleodotti, gasdotti, ecc).

Le linee guida CIG n. 13 "Per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile" prevedono, per gli impianti di nuova realizzazione, l'applicazione delle normative di seguito specificate:

- Per la progettazione, la costruzione, il collaudo, l'esercizio e la sorveglianza delle opere e impianti di trasporto e dei sistemi di distribuzione si deve fare riferimento ai decreti del Ministero dello Sviluppo Economico 16 e 17 aprile 2008, fermo restando il rispetto delle prestazioni richieste dal citato paragrafo 7.2.4 delle NTC 2008.
- Per la progettazione, la realizzazione ed il collaudo delle opere accessorie quali i fabbricati e le opere di sostegno dei terreni si applicano le regole di progettazione, esecuzione e collaudo previste dalle NTC 2008.

Il sopra richiamato DL. 31 dicembre 2007, n. 248, al comma 3 dell'art. 20 prevede che: *"Per le costruzioni e le opere infrastrutturali iniziate, nonché per quelle per le quali le amministrazioni aggiudicatrici abbiano affidato lavori o avviato progetti definitivi o esecutivi prima dell'entrata in vigore della revisione generale delle norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 dicembre 2005, continua ad applicarsi la normativa tecnica utilizzata per la redazione dei progetti, fino all'ultimazione dei lavori e all'eventuale collaudo."*

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 35 di 65	Rev. 0

Alla luce di quanto esposto, l'opera in oggetto, avendo avviato la progettazione antecedentemente la data di entrata in vigore delle NTC 2008 (05.03.08), non rientra nel campo di applicazione delle stesse.

Tuttavia, nel presente caso, al fine di dimostrare che i criteri di progettazione adottati, sia per la centrale di compressione sia per il metanodotto, sono idonei a garantire l'integrità dell'opera in caso di evento sismico, si riportano di seguito gli approfondimenti relativi alla sismicità del territorio attraversato, che dimostrano che il progetto dell'opera nel suo insieme rispetta comunque i criteri contenuti nelle NTC 2008.

4.2 Inquadramento dello studio sismico

In riferimento alla caratterizzazione della sismicità dell'area interessata dal progetto illustrata nello Studio di impatto ambientale originariamente prodotto (vedi SPC LA-E-83010, Sez. II "Quadro di riferimento ambientale" par. 2.3.3 e SPC. 20-ZA-E-85002, par. 2.3.3), il presente capitolo integra l'analisi effettuata considerando sia l'aspetto normativo, modificato con l'entrata in vigore Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (NNTC 2008), sia l'intensa attività sismica che ha recentemente interessato il territorio della Regione Abruzzo.

L'analisi condotta ha riguardato l'intero progetto, costituito dalla "Centrale di compressione del gas di Sulmona" e dalla condotta "Sulmona Foligno DN 1200 (48)".

La Centrale di compressione gas in progetto è ubicata nella piana di Sulmona, a circa 3 km in direzione SE dal centro abitato, lungo la SP n. 487. Il sito è caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante, con una lieve pendenza verso nord ove si individua l'incisione percorsa dal F. Vella.

Dalla Centrale di compressione ha origine il metanodotto in progetto "Sulmona – Foligno DN 1200 (48)", P 75 bar", che si sviluppa per circa 168 km verso NO, lungo la dorsale collinare e montuosa dei Monti della Maiella, del Gran Sasso d'Italia dei Monti della Laga e dei Monti Sibillini. Il tracciato percorre ampi settori di fondovalle del Vella-Gizio, della piana di Navelli, del fondovalle dell'Aterno e del Velino, venendo ad interessare i territori della Regione Abruzzo, con le province di L'Aquila e di Pescara, della Regione Lazio, con la provincia di Rieti; della Regione Umbria, con la provincia di Perugia, e della Regione Marche, con la provincia di Macerata.

4.3 Normativa di riferimento

Nella redazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica italiana, ed in particolare, le seguenti disposizioni:

- DM 14 gennaio 2008, Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 36 di 65	Rev. 0

- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008;
- Linee Guida n. 13 Comitato Italiano Gas (CIG) – Linee guida per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile. Edizione di Marzo 2009.

4.4 Sismicità storica

La sismicità storica dell'area in esame, in un intervallo temporale che va dal mondo antico al 1999 d.C., è stata presentata nello Studio di Impatto Ambientale (SPC. 20-ZA-E-85002 e LA-E-83010). I dati riportati sono stati definiti consultando i cataloghi al tempo disponibili (CPTI99).

Recentemente, questi cataloghi sono stati aggiornati e, ad integrazione di quanto descritto nel precedente studio, sono stati consultati i seguenti database:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2004 (CPTI04) redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2004 dell' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);
- DataBase Macrosismico Italiano 2008 (DBMI08, INGV).

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI04 va dal 217 a.C. circa a tutto il 2002 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della zona sorgente (ZS9), della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali (vedi fig. 4.4/A).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 37 di 65	Rev. 0

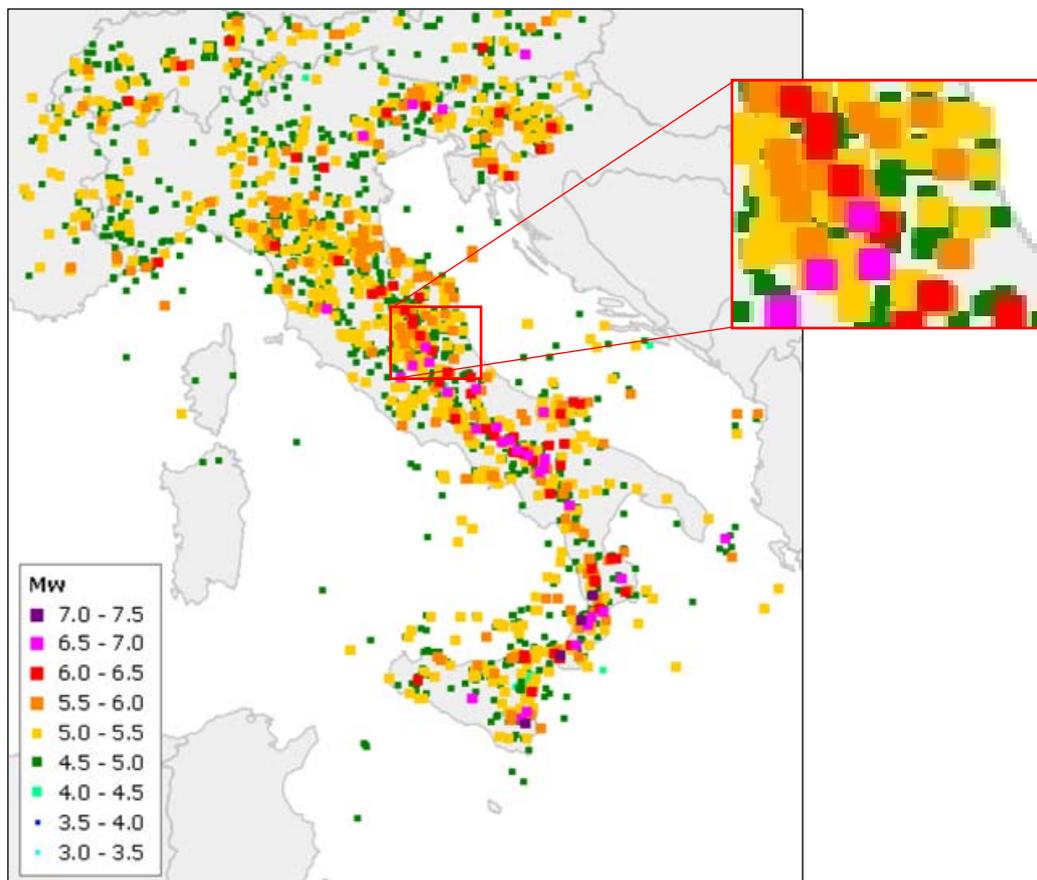


Fig. 4.4/A : Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel CPTI04 (INGV). Nel riquadro sono evidenziati gli eventi sismici selezionati nell'area di interesse.

Per la compilazione del CPTI04 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

La Figura 4.3/A mostra una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI04. In particolare, nel riquadro è rappresentata l'area interessata dal progetto. Quest'area è stata definita considerando le localizzazioni degli eventi sismici i cui effetti hanno interessato le zone attraversate dal tracciato (area rettangolare con lati situati a circa 30 km dalle due estremità del tracciato del metanodotto).

La sismicità degli ultimi anni (2002-2006) è stata studiata consultando il database DBMI08, che riporta gli eventi sismici avvenuti dal 1901 d.C. a tutto il 2006 d.C.. Il database DBMI08 archivia gli eventi sismici considerando gli stessi parametri utilizzati in CPTI04.

In Figura 4.4/B è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI08, in particolare si nota come nell'area di interesse (cfr. riquadro) sono presenti numerosi eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo (1901-2006).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 38 di 65	Rev. 0

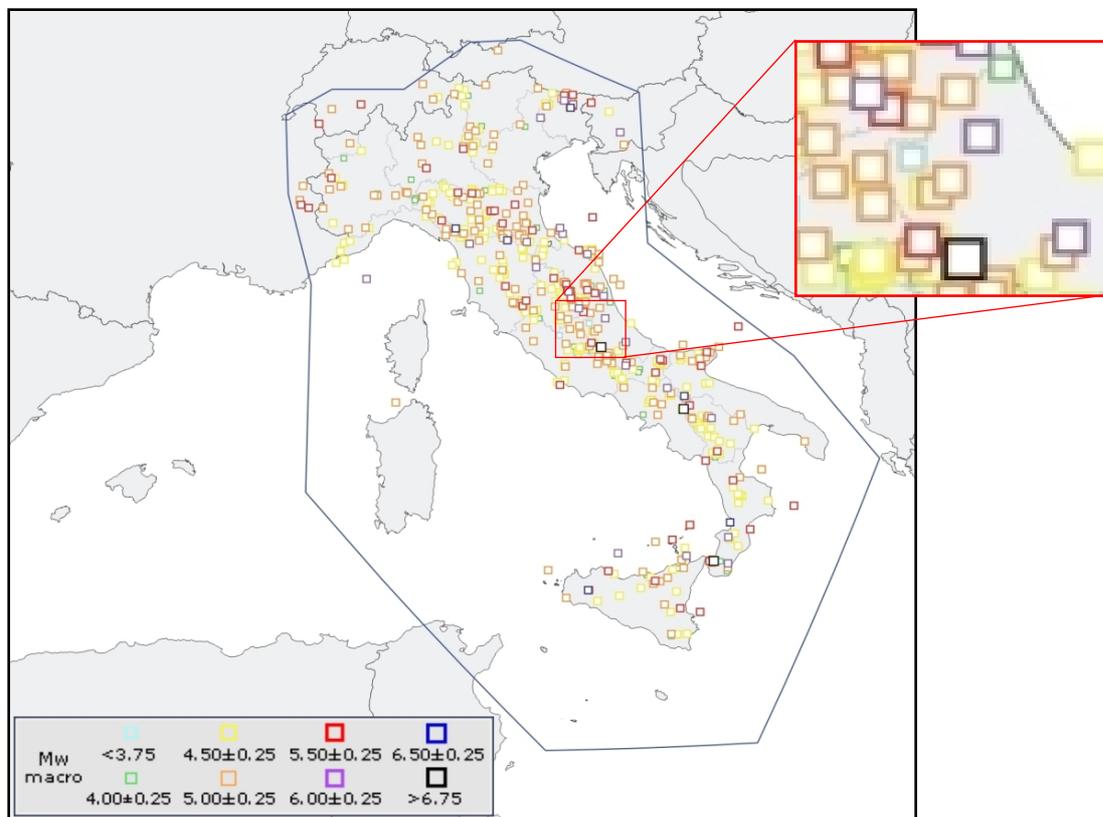


Fig. 4.4/B : Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI08 (INGV). Nel riquadro sono evidenziati gli eventi sismici selezionati nell'area di interesse.

La distribuzione degli terremoti storici nell'area di interesse estratti dal catalogo CPTI04 (Fig. 4.4/A), e dal database DBMI08 (Fig. 4.4/B) dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità alto, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

4.5 La recente crisi sismica nell'Aquilano

La zona dell'Aquilano (porzione centrale del tracciato in progetto) a partire dagli ultimi mesi del 2008 fino alla prima metà del 2009 è stata oggetto di una sismicità frequente con caratteristiche di sciame sismico. Sono avvenute centinaia di scosse tutte di modesta entità, fino all'evento più forte del 6 Aprile del 2009, con magnitudo Richter (MI) valutata pari a 5,8 e magnitudo momento (Mw) pari a 6,3. L'ipocentro è stato calcolato a circa 9 km di profondità e il meccanismo focale è stato di tipo estensionale. La scossa principale è stata seguita da 2 eventi di magnitudo superiore a 5 (7 Aprile, MI=5.3 e 9 Aprile, MI=5.1) e da circa 30 terremoti di MI compresa tra 3.5 e 5. Tutte queste scosse sono avvenute a profondità crostali comprese tra 10 e 12 km di profondità (vedi fig. 4.5/A).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 39 di 65	Rev. 0

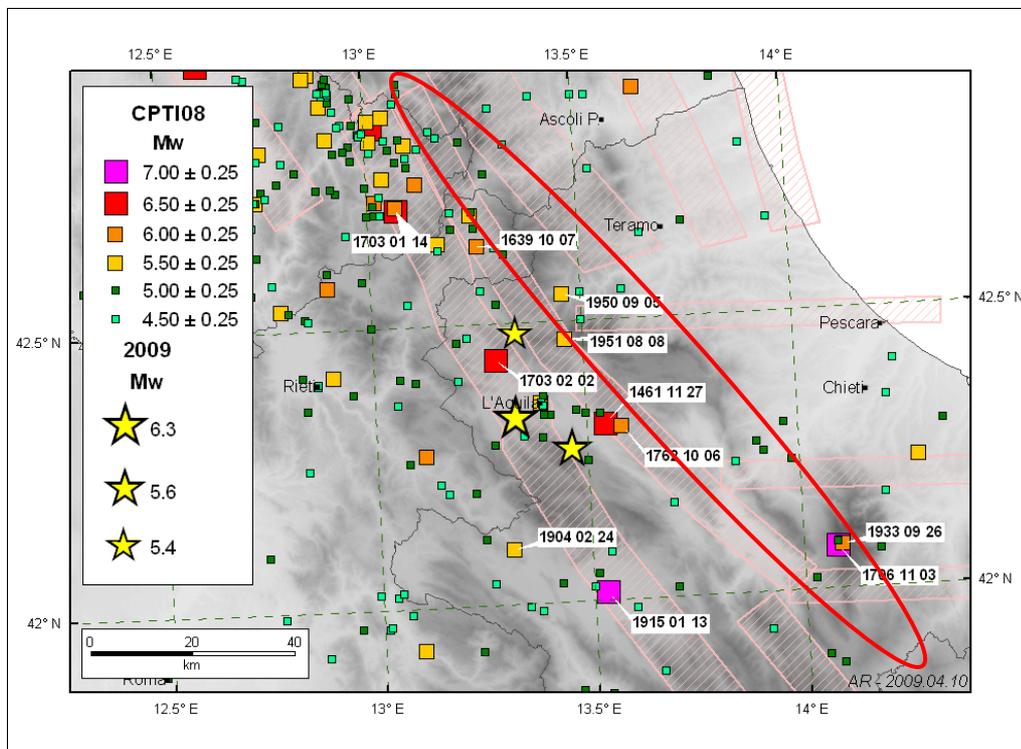


Fig. 4.5/A : Localizzazione dei recenti terremoti ($M > 5$) e sismicità storica nell'Aquilano (da CPTI08, INGV). Evidenziato in rosso l'area interessata dal tracciato in progetto.

La localizzazione delle repliche evidenzia molto bene l'area interessata dalla sequenza sismica che si estende per oltre 30 km in direzione NO-SE, parallelamente all'asse della catena appenninica.

I dati raccolti finora (sismicità, GPS, SAR, geologia) concordano nell'identificare la struttura responsabile della scossa principale come una faglia con movimento diretto che si estende per circa 15 km in direzione NO-SE ed immersione SO e la cui estensione in superficie si localizza in corrispondenza dell'abitato di Paganica (INGV).

La scossa del 6 aprile è paragonabile ad altri eventi sismici che hanno interessato l'area. In particolare, i terremoti del 1461, del 1762 del 1916, del 1950 e del 1951 (vedi Fig. 4.4/A)

La sequenza sismica del 2009 si colloca tra la terminazione meridionale della faglia che si è attivata nel terremoto del 1703 (Intensità MCS del X grado, Magnitudo stimata circa 6.7) a nord, e le strutture della media valle dell'Aterno verso sud (cfr. par. 4.5).

Tuttavia, si osserva nel catalogo CPTI08 che il territorio interessato dalla prima parte del tracciato in progetto, ossia la zona a sud-est di quella attualmente più colpita, fino a Sulmona (sito della centrale), non risulta sede di eventi sismici negli ultimi 600 anni (vedi Fig. 4.5/A). Analogamente, non si hanno informazioni di terremoti forti generatisi nell'area fra il Gran Sasso e la zona di Amatrice.

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000	
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049		
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 40 di 65	Rev. 0	

La sismicità strumentale (2005-2008) mostra che negli ultimi anni la zona dell'Aquilano non è stata interessata da forti terremoti e che la sismicità di fondo, comunque poco frequente, non ha superato valori di magnitudo (MI) 3 (vedi Fig. 4.5/B).

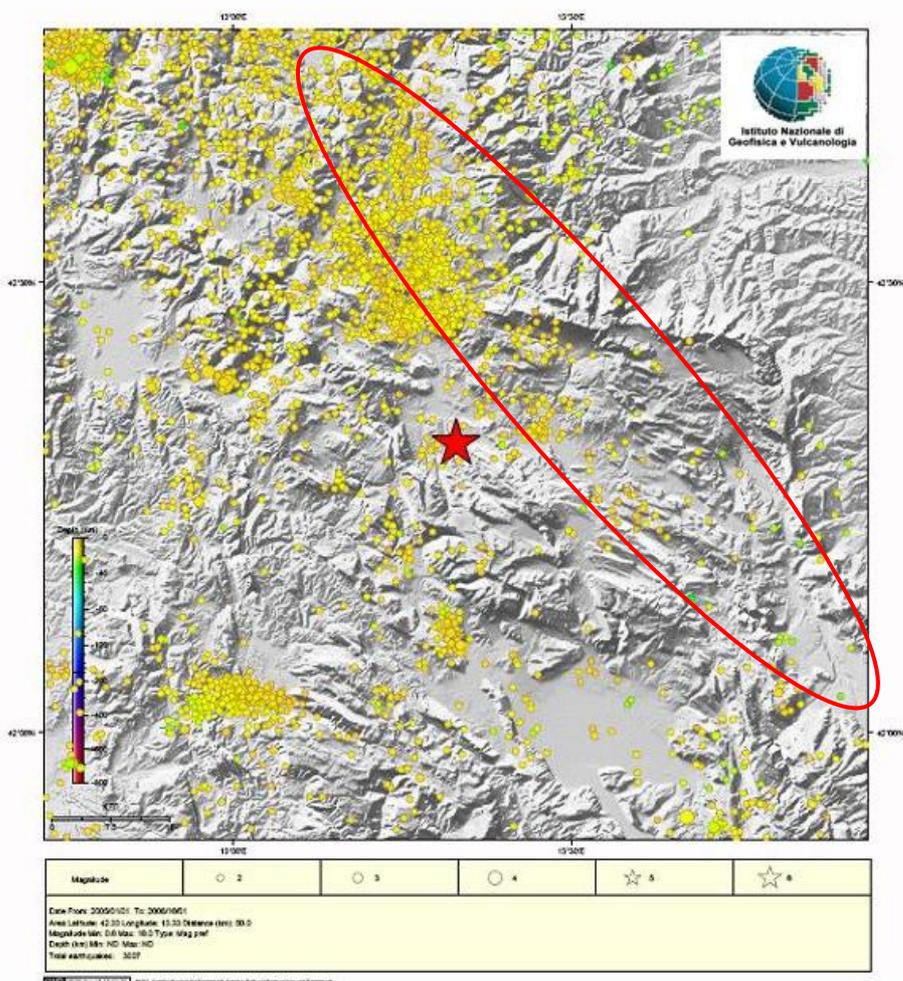


Fig. 4.5/B : Sismicità strumentale (2005-2008) registrata nell'Aquilano (INGV), la stella rossa indica l'evento del 6 Aprile 2009. Evidenziato in rosso l'area interessata dal tracciato in progetto.

4.6 Caratterizzazione sismogenetica e neotettonica

4.6.1 Caratterizzazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio descritta nella documentazione SIA (Cfr. § 7.5 della SPC. 20-ZA-E-85002; § 2.3.3 della SPC.LA-E-83010) è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata,

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 41 di 65	Rev. 0

nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Il territorio nazionale è stato diviso in 42 zone-sorgente, individuate attraverso l'osservazione delle caratteristiche della sismicità storica/attuale (massima magnitudo, frequenza degli eventi in catalogo, distribuzione nelle classi di magnitudo) e dallo studio delle geometrie delle sorgenti sismotettoniche.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale prevede una distinzione delle aree sorgenti mediante limiti di colore diverso. I limiti di colore nero separano aree con differenti caratteristiche tettoniche o geologico strutturali, mentre i limiti di colore blu dividono zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche di sismicità, quali: distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc (vedi Fig. 4.6/A).

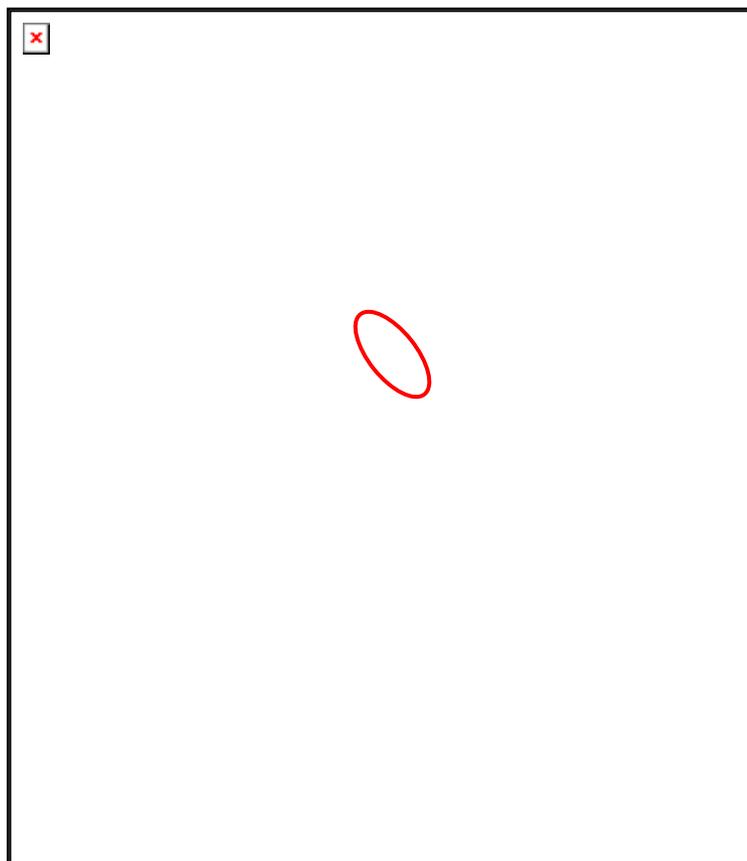


Fig. 4.6/A : Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero, il colore non è significativo (da Meletti C. e Valensise G., 2004). In evidenza l'area interessata dalle opere in progetto.

Le opere in progetto interessano le zone sismogenetiche 919 e 923 e gli estremi occidentali della 918 (vedi Fig. 4.6/A).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 42 di 65	Rev. 0

Le zone 919 e 923 interessano il settore interno dell'Appennino centrale caratterizzato da faglie con immersione prevalente verso SO. In questi settori sono localizzati gli eventi sismici storici con più elevata magnitudo che hanno caratterizzato la porzione centrale dell'arco appenninico. La zona 918, al contrario è stata caratterizzata da terremoti storici con magnitudo non eccessivamente elevate, a causa dell'elevata profondità ipocentrale.

Per ogni zona è stato definito uno strato sismogenetico e ad esso associata una "profondità efficace", ossia la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona (Meletti C. e Valensise G., 2004).

In Figura 4.6/B sono mostrate le classi di profondità efficace per ciascuna zona dell'Appennino Centrale.

Le zone 919 e 923 sono caratterizzate da profondità efficaci comprese nell'intervallo 8-12 km, mentre la zona 918 presenta profondità efficaci comprese tra i 12 e i 20 km.

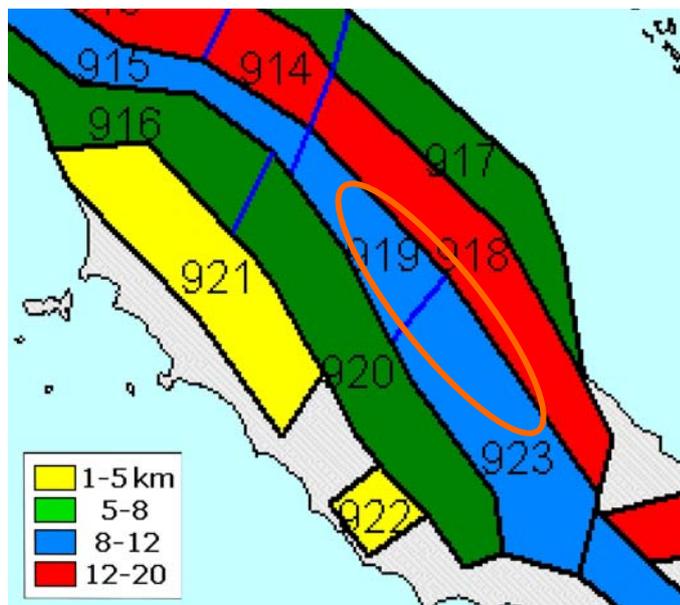


Fig. 4.6/B: Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche di ZS9 (da Meletti C. e Valensise G., 2004). In evidenza l'area interessata dal tracciato.

Nello studio di Meletti e Valensise (2004) è stato indicato anche un meccanismo di fagliazione prevalente per ciascuna zona. In Figura 4.6/C è mostrato uno stralcio della mappa nazionale, in evidenza le zone interessate dal tracciato in progetto.

La tettonica a regime distensivo in atto nelle zone 919 e 923 si manifesta con eventi sismici aventi prevalentemente meccanismi focali di "Faglia Normale". La sismicità della zona 918 mostra caratteristiche miste di fagliazione, in quanto zona di transizione tra il regime compressivo della catena appenninica esterna e quello distensivo del lato interno.

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 43 di 65	Rev. 0

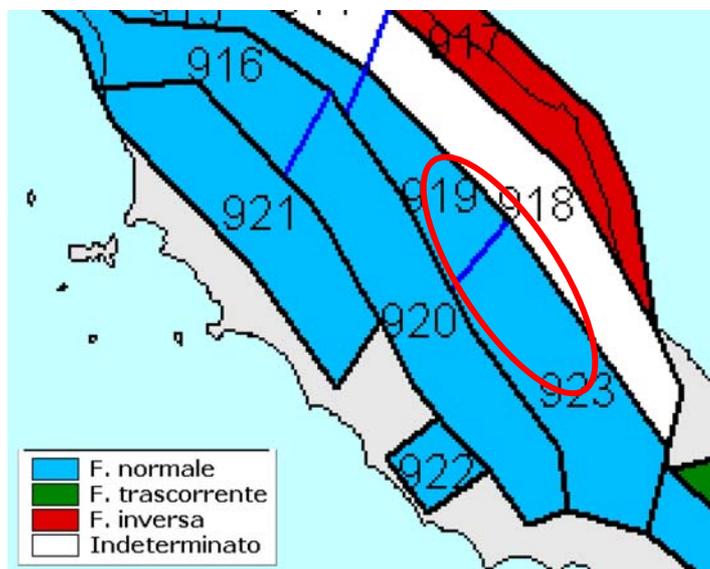


Fig. 4.6/C: Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche di ZS9 (da Meletti C. e Valensise G., 2004). In evidenza l'area interessata dal tracciato.

4.6.2 Principali strutture tettoniche e interferenza con le opere in progetto

Il territorio interessato dalle opere in progetto (Centrale di compressione e metanodotto Sulmona–Foligno) è caratterizzato dal punto di vista sismogenetico da strutture distensive quaternarie.

Un inquadramento delle caratteristiche generali di questi allineamenti di faglie è presentato nello studio di impatto ambientale originario (vedi SPC LA-E-83010 e SPC 20-ZA-E-85002).

Nel seguito si descrivono le caratteristiche principali delle strutture neotettoniche più prossime all'area interessata dal progetto.

L'area della centrale di compressione gas di Sulmona e i primi 15-20 km del tracciato in progetto sono distanti (circa 1-5 km) dal lato occidentale del sistema del Monte Morrone. Questo è costituito da due principali faglie dirette ad andamento NW-SE con immersione a SW (Gori et al., 2008), che evidenziano un'attività tardo-quaternaria. A questa faglia sono stati associati una serie di terremoti storici (1315 d.C.; 1706 d.C.; fonte CPTI 04) ma recenti studi paleosismici effettuati in zona (Calamita et al., 2000; Gori et al., 2008) indicano che il sistema di faglie di Monte Morrone non presenta attività da almeno 1800 anni (Galadini et al., 2000).

Di seguito, il tracciato si sviluppa parallelo al sistema tettonico della Valle dell'Aterno), costituito da un insieme di 3/4 segmenti distanti (1-8 km) dal tracciato in progetto. Il più lungo di questi segmenti è la faglia di M. Marine che mostra chiare evidenze di attività tardo-quaternaria. Studi di dettaglio indicano che solo la sua porzione sud-orientale presenta evidenze di movimenti recenti (Galadini et. alii, 2000). Il settore nord-

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 44 di 65	Rev. 0

occidentale della valle dell'Aterno è caratterizzato dalla faglia di Capitignano. La porzione sud-orientale di questa discontinuità, al contrario della porzione nord-occidentale, non presenta evidenze di attività recente e non interessa, con dislocazioni, i depositi quaternari. Recenti studi sulle successioni di superfici relitte plio-quaternarie, presenti estesamente nell'area, confermano che a questa porzione della faglia di Capitignano non è riferibile significativa attività nel corso del Quaternario (Basili, 1999).

La linea in progetto in prossimità dell'abitato di Cittareale e lungo la piana di Castelluccio di Norcia, si sviluppa parallela ad una serie di sistemi tettonici aventi direzione NW-SE. Si tratta dei sistemi di faglie di Oricchio-Cittareale e di Norcia-M. Fema. Questi due sistemi, si distinguono per un differente comportamento delle faglie e per diversi tempi di attivazione, più recenti per il sistema Oricchio-Cittareale rispetto a quelli di Norcia.

Nel tratto finale, il tracciato in progetto attraversa i bacini di Cesi e di Colfiorito, caratterizzati dalla presenza, sul bordo orientale, di due strutture tettoniche distensive NW-SE.

I dati disponibili consentono di ipotizzare che lungo le faglie che bordano i bacini di Colfiorito e di Cesi si è verificata una diminuzione dell'attività tettonica a partire dal Pleistocene medio. Per quanto concerne aspetti di pericolosità sismica, gli studi geologici consentono di attribuire alle strutture indagate una magnitudo massima attesa non superiore a 6 (Galadini et al., 2000).

In conclusione, l'analisi dei più recenti studi effettuati sulle strutture sismogenetiche che caratterizzano il territorio interessato dalle opere in progetto, consente di evidenziare un progressivo aumento verso sud della lunghezza dei sistemi di faglia (Calamita et al. 2000). Tuttavia, in generale, si osserva un progressivo approfondimento della base delle strutture sismogenetiche spostandosi da NW verso SE, da profondità sismogenetiche di 8 km per la zona di Colfiorito fino ai 13-15 km per l'area di Sulmona (Lavecchia et al., 2000).

4.7 Pericolosità sismica di base

Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NNTC) D.M. 14/01/2008 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Il reticolo di riferimento delle NNTC 2008 suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tab. A1 delle NNTC 2008; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 45 di 65	Rev. 0

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

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento. Le accelerazioni orizzontali ag, infatti, non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove l'opera sarà realizzata. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (Tr) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (ag, Fo, Tc*) possono 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. La formula proposta dalle NNTC 2008, tuttavia, è valida per opere puntuali (quali edifici o impianti) e difficilmente può applicarsi ad opere lineari come i metanodotti.

E' stato necessario, quindi, implementare un algoritmo di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Ministero delle Infrastrutture (Spettri-NTC, ver. 1.03) per discretizzare i circa 168 km di tracciato in tratti elementari di lunghezza nota (0,1 km) e valutare i parametri per ogni tratto mediante metodi di interpolazione più complessi (polinomi di Lagrange).

Le NNTC 2008 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (Tr) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PVr) nella vita di riferimento dell'opera (Vr).

La vita di riferimento dell'opera (Vr) si ottiene dal prodotto tra la vita nominale (Vn), che è funzione del tipo di opera, e il coefficiente d'uso (Cu), funzione della classe d'uso della costruzione (cfr. paragrafo 2.4.3 delle NNTC 2008). In accordo con le Linee Guida n. 13 del Comitato Italiano Gas, in questo studio la centrale di compressione gas di Sulmona e il metanodotto Sulmona-Foligno DN1200 (48", p75 bar) sono state considerate opere strategiche. Di conseguenza è stato assunto una vita nominale (Vn) di 100 anni e un coefficiente d'uso 2, da cui si ottiene una Vr pari a 200 anni.

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PVr) nella vita di riferimento dell'opera (Vr) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NNTC 2008).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 46 di 65	Rev. 0

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NNTC 2008, sono stati considerati due stati limite:

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

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{Vr}) sono forniti dalla Tabella 3.2.1 delle NNTC 2008 (Fig. 4.7/A).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{Vr} al variare dello stato limite considerato

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

Fig. 4.7/A: Probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale al bedrock in funzione dello stato limite considerato (Tabella 3.2.I delle NNTC 2008). In rosso sono evidenziati gli stati limite considerati.

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

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})} \quad (3/a)$$

da cui si ottiene un periodo di ritorno di 201 anni per uno Stato Limite di Danno (SLD) e di 1898 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite è stato determinato l'andamento dei valori di accelerazione orizzontale massima (a_g , espressi in g), attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale.

Il calcolo è stato effettuato per il sito scelto per la realizzazione della centrale di compressione gas di Sulmona e per il tracciato in progetto Sulmona-Foligno DN 1200 (48"). In Tabella 4.7/A sono riportati valori di a_g al bedrock ottenuti per il sito della centrale di compressione.

Tab. 4.7/A: Valori di accelerazione orizzontale massima attesi al bedrock (a_g) in corrispondenza del sito della centrale di compressione gas di Sulmona

STATO LIMITE	a_g (g)
SLD	0.187
SLV	0.407

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 47 di 65	Rev. 0

I valori di accelerazione orizzontale massima attesi al bedrock (a_g) lungo il tracciato sono illustrati in Figura 4.7/B.

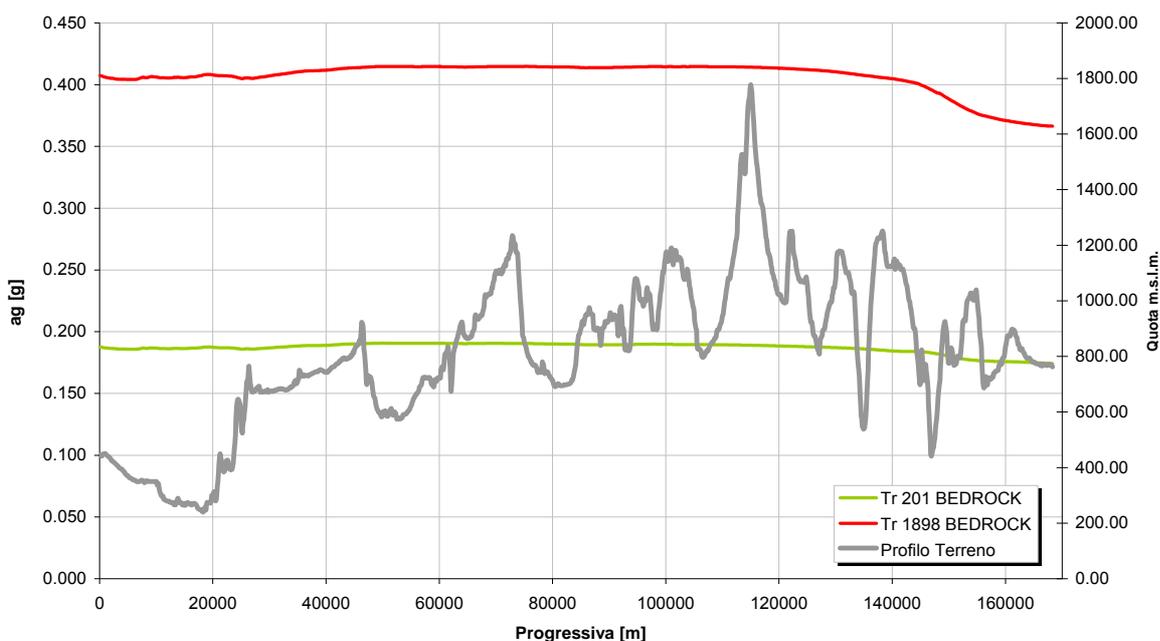


Fig. 4.7/B: Valori di accelerazione orizzontali di picco attesi al bedrock (a_g) lungo il tracciato del metanodotto in progetto. In verde lo stato limite di esercizio SLD ($T_r = 201$ anni) e in rosso lo stato limite ultimo SLV ($T_r = 1898$ anni).

4.8 Risposta sismica locale

La normativa italiana, come del resto la normativa europea e i più recenti codici internazionali, ha modificato l'approccio alla valutazione della sismicità di un'area. Come descritto nel paragrafo precedente, essa è definita da una osservazione del fenomeno sismico "dal basso" e "a priori":

- dal basso, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo (bedrock) verso la superficie libera;
- a priori, poiché la pericolosità sismica di base tiene conto esclusivamente del movimento sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito.

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

Le nuove norme di riferimento (NNTC 2008) definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due parametri:

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 48 di 65	Rev. 0

- categoria di sottosuolo;
- condizione topografica;

4.8.1 Caratterizzazione del sottosuolo

Il sottosuolo nelle NNTC 2008 è suddiviso in cinque classi di riferimento, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. I diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico con variazioni dell'accelerazione di picco e del contenuto in frequenza.

La classificazione individua sottosuoli a rigidità decrescente, a partire dal sottosuolo tipo A, costituito praticamente da roccia affiorante o ricoperta da uno strato meno rigido, con spessore massimo di 3 m, fino a sottosuoli molto deformabili e suscettibili di fenomeni di rottura per la sola azione sismica. Per maggior chiarezza si riportano di seguito le classi di suolo secondo le NNTC 2008:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT 30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT 30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s)."

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti."

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 49 di 65	Rev. 0

Nelle definizioni precedenti VS30 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna.

In corrispondenza del sito scelto per la realizzazione della centrale di compressione gas, le indagini geotecniche indicano la presenza di spessori limitati di coperture limoso-argillose, sotto le quali si incontra un banco di ghiaia sabbiosa addensata fino alle profondità di interesse per il progetto (cfr. SPC 20-CI-E-10510). Si tratta di un terreno di fondazione costituito da materiali granulari ben addensati (i valori di NSPT dello strato ghiaioso sono generalmente superiori a 50 colpi/30 cm e quasi sempre a rifiuto. Visti valori di NSPT e le buone caratteristiche meccaniche al sito della centrale è stato attribuito una categoria di sottosuolo di tipo B.

Lungo il tracciato in progetto le categorie di sottosuolo sono state definite considerando la stessa discretizzazione della linea utilizzata per definire i valori di accelerazioni massime attese al bedrock. La stima è stata eseguita in funzione della natura dei terreni e sulla base dei valori di VS30 o di NSPT 30 disponibili.

Da questa caratterizzazione si evince che i terreni che affiorano nel primo tratto dalla centrale di Sulmona alla valle dell'Aterno sono rappresentati, prevalentemente da formazioni di Plio-Pleistoceniche costituite da alluvioni a granulometria prevalente ghiaioso-sabbiosa, a spessore variabile, con intercalazioni di limi-argillosi. Nella restante parte del tracciato la linea si sviluppa prevalentemente su rocce calcaree e dolomitiche mesozoiche e in minor parte su marne calcaree del Paleogene e arenarie e argille mioceniche. Nella parte terminale affiorano per un breve tratto nuovamente depositi alluvionali attuali o recenti aventi di norma spessori variabili.

Da tale descrizione è possibile associare la quasi totalità dei terreni attraversati dal metanodotto alla categoria di suolo A, ad esclusione dei tratti di linea che si sviluppano nei bacini intramontani in cui sono presenti formazioni alluvionali con caratteristiche e spessori attribuibili alla classe B (SPC. LA-E-83010).

In Figura 4.8/A è rappresentata la caratterizzazione delle classi di suolo lungo il tracciato in progetto.

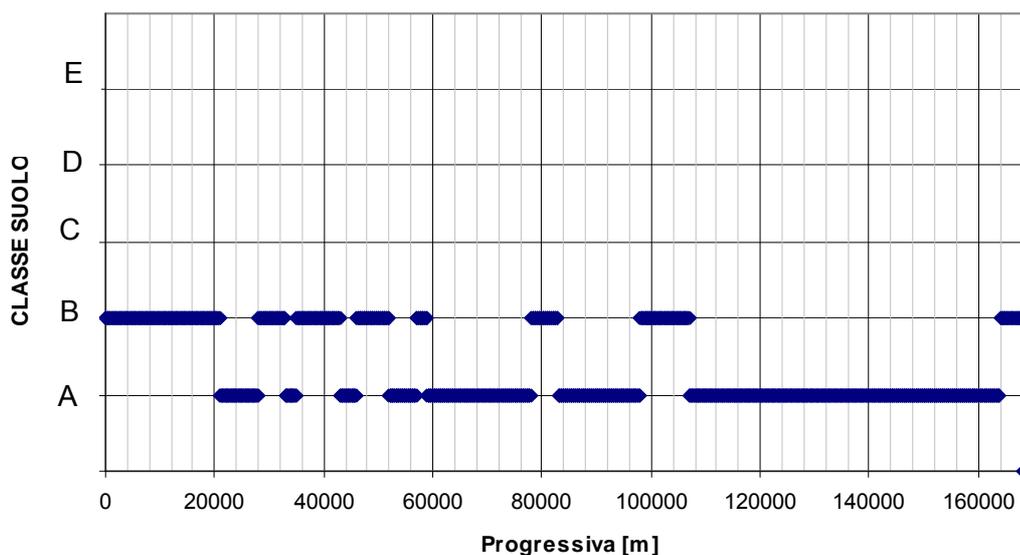


Fig. 4.8/A: Caratterizzazione delle classi di suolo lungo il tracciato in progetto.

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 50 di 65	Rev. 0

Definite le categorie di suolo è possibile associare a ciascun nodo due parametri: il coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS), necessario per calcolare l'accelerazione di picco al suolo (PGA), e il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (CC), necessario per il calcolo del periodo TC e quindi della velocità orizzontale massima attesa al suolo (PGV) (Tabella 3.2.V delle NNTC 2008).

4.8.2 Condizioni topografiche

La condizione topografica di un sito nelle NNTC 2008 è definita mediante l'attribuzione di una categoria topografica al luogo.

La classificazione del territorio in categorie avviene semplificando le caratteristiche della superficie topografica (pendenza media e morfologia) e considerando configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali (creste o dorsali allungate), con altezze maggiori di 30 m .

Le NNTC 2008 assegnano a ciascuna categoria un coefficiente di amplificazione topografica (ST) (cfr. Tab. 3.2.VI delle NNTC 2008).

Questo coefficiente, insieme al coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS), precedentemente descritto, è necessario per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

Il sito della centrale di compressione gas di Sulmona è ubicato in un'area sub-pianeggiante, con pendenze medie inferiori ai 15°, di conseguenza è stata considerata una categoria topografica **T1**, a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica (ST) pari a 1,0 .

Le caratteristiche topografiche del tracciato, invece, sono state stimate negli stessi nodi definiti per la valutazione delle accelerazioni al bedrock e delle categorie di sottosuolo, secondo la Tabella 3.2.IV delle NNTC 2008.

Con un passo di discretizzazione di 0,1 km, la maggior parte del tracciato in progetto si sviluppa su un territorio caratterizzato da pendenze medie inferiori/uguali al 15° (92% del tracciato) e, pertanto, può essere attribuita una categoria T1 a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica (ST) pari a 1,0 (vedi Fig. 4.8/B).

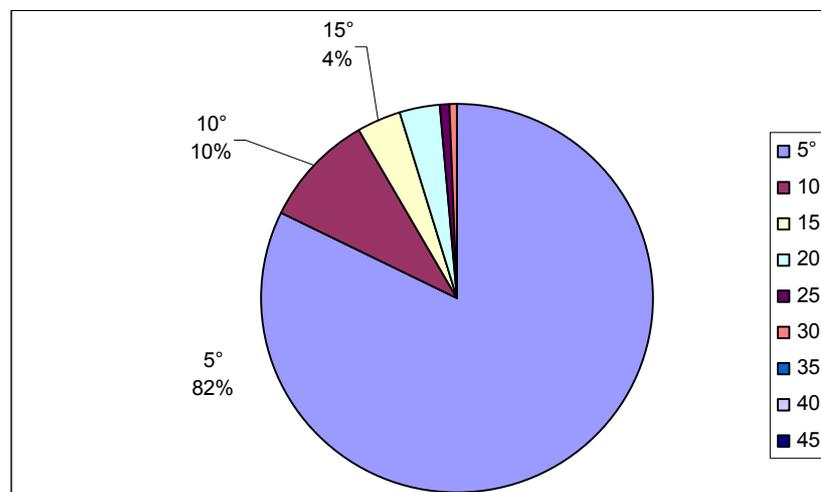


Fig. 4.8/B: Suddivisione del tracciato in classi di pendenze

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 51 di 65	Rev. 0

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) nel sito della centrale e lungo il tracciato si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione massima a_g attesa al suolo rigido.

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

$$S = S_s * S_T$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 3.2.V del DM 14/01/2008) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica.

In Tabella 4.8/A sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima attesi al suolo (PGA) in corrispondenza del sito della centrale di compressione gas di Sulmona.

Tab. 4.8/A: Valori di accelerazione orizzontale massima attesi al suolo in corrispondenza del sito della centrale di compressione gas di Sulmona

STATO LIMITE	a_g (g)
SLD	0,224
SLV	0,408

I valori di PGA per il metanodotto Sulmona-Foligno DN1200 (48") in progetto sono stati elaborati lungo l'intero tracciato. In Figura 4.8/C è rappresentato l'andamento delle accelerazioni orizzontali massime attese in superficie lungo la linea.

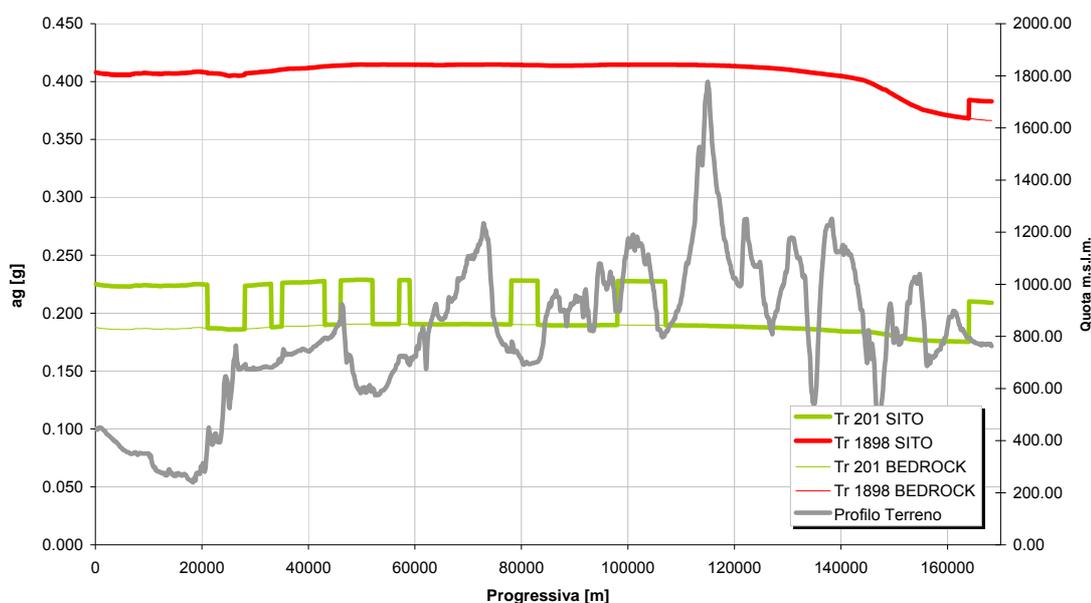


Fig. 4.8/C: Valori di accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock (a_g) ed in superficie (PGA) lungo il tracciato del metanodotto in progetto. In verde lo stato limite di esercizio SLD (Tr = 201 anni) e in rosso lo stato limite ultimo SLV (Tr = 1898 anni).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 52 di 65	Rev. 0

Come è possibile evincere dalla Figura 4.8/C, l'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA) è variabile lungo il tracciato, pertanto, ai fini progettuali si assume cautelativamente come valore massimo atteso il picco del grafico in Figura 4.7/B, ossia:

- **0,229 g** per lo stato limite di esercizio **SLD** (Tr = 201 anni);
- **0,418 g** per lo stato limite ultimo **SLV** (Tr = 1898 anni).

Una completa analisi dell'azione sismica attesa in un sito (o lungo un tracciato) prevede anche la stima delle massime velocità orizzontale al suolo (PGV o V_g) per gli stati limite considerati. Le nuove norme tecniche per le costruzioni NNTC 2008 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tale velocità:

$$PGV = V_g = 0.16 * a_g * S * T_c \quad (4/b)$$

in cui:

a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g);

S : fattore di risposta sismica locale;

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

Quest'ultimo si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c * T_c^*$$

dove T_c^* è definito, insieme al valore di a_g , nella Tabella A1 delle NNTC 2008, e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.V delle NNTC 2008);

Da quanto descritto si ottengono i valori di velocità orizzontale massima attesi al suolo nel sito della centrale di compressione gas di Sulmona (Tabella 4.8/B) e lungo l'intero tracciato in esame (vedi Fig. 4.8/D).

Tab. 4.8/B: Valori di velocità orizzontale massima attesi al suolo in corrispondenza del sito della centrale di compressione gas di Sulmona

STATO LIMITE	PGV (m/s)
SLD	0,156
SLV	0,320

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 53 di 65	Rev. 0

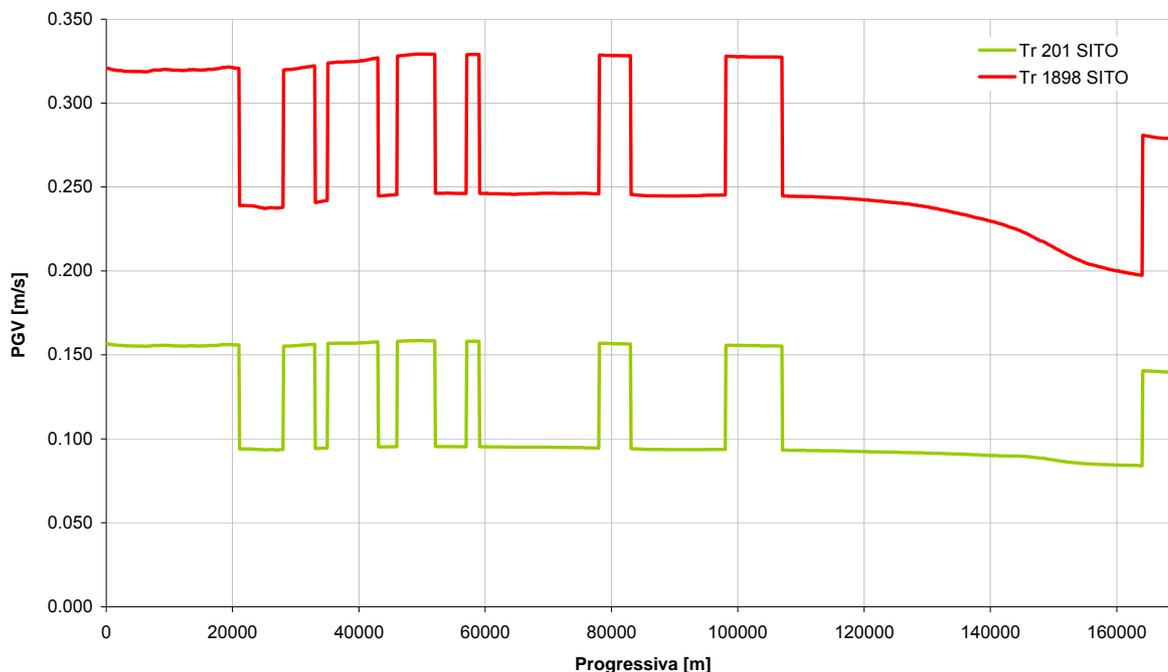


Fig. 4.8/D: Valori di velocità orizzontale massima attesi al suolo (PGV) lungo il tracciato del metanodotto in progetto. In verde lo stato limite di esercizio SLD (Tr = 201 anni) e in rosso lo stato limite ultimo SLV (Tr = 1898 anni).

La velocità di picco attesa è variabile lungo il tracciato, pertanto, ai fini progettuali si assume cautelativamente come valore massimo atteso:

- **0,159 m/s** per lo stato limite di esercizio **SLD** (Tr = 201 anni);
- **0,329 m/s** per lo stato limite ultimo **SLV** (Tr = 1898 anni).

4.9 Considerazioni conclusive

In conclusione, i dati raccolti ed analizzati hanno permesso di delineare le caratteristiche di base della sismicità e della pericolosità sismica del territorio in cui si estendono le opere in progetto (centrale di compressione gas di Sulmona e metanodotto Sulmona-Foligno DN1200 (48’’)).

Lo studio delle accelerazioni sismiche orizzontali massime attese al bedrock ed in superficie e delle velocità orizzontali di picco nel sito della centrale di compressione e lungo il tracciato in progetto è stato eseguito per differenti stati limite e ha fornito i valori indicati nelle seguenti tabelle (vedi Tab. 4.9/A e 4.9/B)

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 54 di 65	Rev. 0

Tab. 4.9/A: Valori massimi di accelerazione e di velocità attesi al sito della centrale di compressione per due stati limite

STATO LIMITE	a_g (g)	PGA (g)	PGV (m/s)
SLD	0,187	0,224	0,156
SLV	0,407	0,408	0,320

Tab. 4.9/B: Valori massimi di accelerazione e di velocità attesi sul tracciato in progetto per due stati limite

STATO LIMITE	a_g (g)	PGA (g)	PGV (m/s)
SLD	0,191	0,229	0,159
SLV	0,415	0,418	0,329

Si evidenzia, inoltre, che la scelta del tracciato in progetto ha avuto come criterio fondamentale quello di porre la tubazione in sicurezza; sono stati, infatti, privilegiati i lineamenti morfologici e geologici, in generale, più sicuri (fondovalle, terrazzi, dorsali, ecc.), evitando accuratamente aree interessate da dissesti estesi e di elevata entità.

Per quanto riguarda la Centrale di compressione gas, i risultati ottenuti sono stati utilizzati nella progettazione degli edifici e di tutte le opere in conglomerato cementizio ed a struttura metallica, vedi Vol .3 di 3, SPC. 00-ZA-E-85524 – Cap. 2.

Per quanto riguarda gli effetti diretti di un sisma sulle tubazioni interrato, per l'elasticità propria della condotta, si è proceduto, analogamente a quanto effettuato originariamente (vedi SPC. LA-E-83010 – Appendice 1), alla rielaborazione della verifica strutturale allo scuotimento sismico per il metanodotto in oggetto con i parametri scaturiti dall'analisi sopra riportata (vedi Appendice 1).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 55 di 65	Rev. 0

5 BIBLIOGRAFIA

Calamita F., Pizzi A., Scisciani V., De Girolamo C., Coltorti M., Pieruccini P., Turco E. (2000). Caratterizzazione delle faglie quaternarie nella dorsale appenninica umbro-marchigiano-abruzzese in F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, 397 pp.

DataBase Macrosismico Italiano 2008 (DBMI08), INGV.
[\(http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/\)](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/)

Basili R., Meghraoui M. (1999). Coseismic and postseismic displacements related with the 1997 Umbria-Marche (Italy) earthquake sequence (1999). European Geophysical Society, 24th General Assembly, Abstract Volume. Geophys. Res. Abstract, 1 (1).

Galadini F., Messina P. e Sposato A. (2000). Tettonica quaternaria nell'Appennino centrale e caratterizzazione dell'attività di faglie nel Pleistocene superiore-Olocene in F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 397 pp.

Gori S., Giaccio B., Galadini F., Falcucci E., Messina P., Sposato A. e F. Dramis (2008). Fagliazione normale attiva lungo il versante occidentale del Monte Morrone (Appennino Centrale, Italia), Abstract del 27° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida

Gori S., Galadini F., Galli P., Giaccio B., Messina P., Sposato A., Falcucci E., Dramis F. e A. Pizzi (2008). Fagliazione attiva e deformazioni gravitative profonde di versante: il caso del versante occidentale del Monte Morrone (Appennino Centrale, Italia), Abstract del 27° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida

Lavecchia G., Boncio P. e F. Brozzetti (2000). Analisi delle relazioni tra sismicità e strutture tettoniche in Umbria-Marche-Abruzzo finalizzata alla realizzazione della mappa delle zone sismogenetiche, in F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, 397 pp.

Linee guida per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile, LG. n. 13, Comitato Italiano Gas (CIG), Edizione di Marzo 2009.

Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/>) .

Mappe interattive di Pericolosità sismica INGV. (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Meletti C. e Valensise G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9, Appendice 2 al Rapporto Conclusivo. (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf/>)

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 56 di 65	Rev. 0

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, *D.M. 14 gennaio 2008, Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30.*

Spettri-NTC v.1.03 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14 Gennaio 2008, pubblicato GU n. 29 del 14 febbraio 2008.
 (<http://213.21.152.146/cslp/index.php/>)

Studio di Impatto Ambientale (SIA) – Metanodotto Sulmona-Foligno DN1200 (48”), P 75 bar. Specifica n. LA-E-83010 (Rev.0).

Studio di Impatto Ambientale (SIA) – Centrale di Compressione gas di Sulmona. Specifica n. 20-ZA-E-85002 (Rev. 2).

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 57 di 65	Rev. 0

APPENDICE 1

VERIFICA STRUTTURALE ALLO SCUOTIMENTO SISMICO

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 58 di 65	Rev. 0

1 Verifica strutturale allo scuotimento sismico

I calcoli e le verifiche degli stati tensionali, indotti dallo scuotimento sismico del terreno (shaking) sui tratti rettilinei e curvi di tubazione in occasione di un terremoto (di progetto) concomitante all'esercizio, sono stati elaborati per lo spessore previsto della condotta in esame DN 1200 (48").

Lo shaking è provocato dalla propagazione delle onde sismiche nel terreno che, impartendo movimenti alle particelle di suolo, sollecitano la tubazione interrata a deformarsi come il terreno si deforma. Le tensioni indotte dalle onde sismiche sulla tubazione sono variabili sia nel tempo, che con la direzione di propagazione del movimento sismico rispetto l'asse della condotta.

Secondo le indicazioni di studi presentati nella letteratura tecnica internazionale, l'azione di contenimento del terreno circostante il tubo permette di trascurare gli effetti dinamici di amplificazione (Hindy, Novak 1979) e la condotta può considerarsi semplicemente investita da una composizione di onde sinusoidali quali: onde di compressione (onde P o primarie), onde di taglio (onde S o secondarie) e onde superficiali (onde R o di Rayleigh).

Nei tratti di tubazione rettilinea le onde P provocano le massime sollecitazioni assiali durante la prima parte del moto; le onde S provocano le massime sollecitazioni di flessione durante la parte centrale del moto (i fenomeni non avvengono quindi contemporaneamente), mentre le onde R trasferiscono al terreno componenti di movimento sia parallelamente che perpendicolarmente la direzione di propagazione dell'onda.

Le verifiche sismiche oggetto di questo rapporto sono state eseguite facendo riferimento ai paragrafi 7.4.1.2 e 7.4.1.3 e all'allegato E della norma EN 1594 "Gas Supply Systems – Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar – Functional requirements", edizione 2009.

La metodologia di calcolo e di verifica applicata è congruente con le indicazioni della norma EN 1594 che, nell'annex E con la Ref. [2], richiama le "Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems" delle ASCE.

Queste ultime sono ritenute sufficientemente conservative poiché considerano la simultaneità dell'azione (e quindi del relativo massimo effetto) delle onde P, S ed R, pure trascurando (nei tratti rettilinei) l'interazione trasversale tra tubo e terreno che riduce le deformazioni trasmesse dal suolo alla condotta. L'interazione tubo-terreno è invece inevitabilmente considerata nell'analisi dei tratti di tubazione curvi.

1.1 Dati di Input

Sulla base dei dati relativi alla sismicità storica e strumentale, sono state calcolate la massima accelerazione e la massima velocità al suolo, a_g e v_g , lungo il tracciato a seguito dell'evento sismico corrispondente allo Stato Limite di Vita:

$a_g = 0,418 \text{ g} = 410,06 \text{ cm/sec}^2$	massima accelerazione del terreno attesa per il terremoto corrispondente allo Stato Limite di Vita
$g = 981 \text{ cm/sec}^2$	accelerazione di gravità

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 59 di 65	Rev. 0

$$v_g = 32.9 \text{ cm/sec}$$

velocità massima del terreno attesa per il terremoto corrispondente allo Stato Limite di Vita

Seguendo le indicazioni delle Guidelines (ASCE 1984), per un terreno mediamente denso, si è considerato una velocità di propagazione dell'onda sismica nel suolo, c , pari a 915 m/sec. Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche delle condotte analizzate:

DN 1200 (48")

EN L450 MB

D	=	1184.3 mm	Materiale tubazione tratti rettilinei
t_1	=	16,1 mm	Diametro interno
t_2	=	18,9 mm	Spessore del tubo di linea
t_3	=	25,9 mm	Spessore del tubo maggiorato
E	=	207000 N/mm ²	Spessore del tubo rinforzato
ν	=	0,3	Modulo di elasticità di Young
SMYS	=	450 N/mm ²	Coefficiente di Poisson
γ_p	=	78500 N/m ³	Snervamento del materiale tubazione
			Peso specifico del materiale della tubazione

EN L450 MB

t_4	=	25,9 mm	Materiale tubazione curve stampate
r_0	=	8534 mm	Spessore delle curve stampate
P	=	75 bar	Raggio curve stampate (7DN)
ΔT	=	45 °C	Pressione interna di progetto
			Differenza di temperatura tra l'installazione e l'esercizio

Per il terreno circostante il tubo (suolo di trincea nei confronti del quale si realizza l'interazione tubo-terreno), sono state considerate le seguenti caratteristiche medie:

H	=	1,5 m	Altezza minima di copertura
γ	=	18000 N/m ³	Peso specifico del terreno di rinterro
δ	=	19,80	Angolo di attrito tubo-terreno
K_0	=	0,5	Coefficiente di pressione laterale

1.2 Criterio di Verifica

Con riferimento al paragrafo 7.4.1.2 della norma EN 1594, la tensione totale risultante sulla tubazione è calcolata col criterio di Von Mises, in campo elastico per il materiale del tubo, considerando tutti i carichi "primari" e contemporaneamente agenti (operativi ed esterni).

La tensione equivalente totale, S_V , è determinata secondo la formula di seguito riportata

$$S_V = [S_L^2 - S_L S_H + S_H^2]^{1/2}$$

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 60 di 65	Rev. 0

dove:

S_H è la tensione circonferenziale (hoop stress) dovuta alla pressione interna del tubo,
 S_L è lo stress longitudinale totale risultante dalla sommatoria delle tensioni dovute all'espansione termica impedita, agli effetti longitudinali dovuti alla pressione interna al tubo, al carico occasionale rappresentato dall'evento sismico.

In accordo al paragrafo 7.4.1.3 della norma EN 1594 (edizione 2009) la suddetta tensione equivalente totale è confrontata col 100% dello snervamento minimo del materiale della tubazione, σ_Y , (in gergo anglosassone SMYS = Specified Minimum Yield Stress).

$$S_V = [S_L^2 - S_L S_H + S_H^2]^{1/2} \leq \sigma_Y = \text{SMYS}$$

Infine, basandosi sulla "good engineering practice", una ulteriore analisi è eseguita per verificare l'insorgere di fenomeni di instabilità locale di parete nel caso in cui risulti una deformazione longitudinale di compressione, ε .

Per una tubazione a parete sottile, fenomeni di instabilità possono accadere per una deformazione di compressione, ε_{cr} , data dalla seguente espressione (ASCE 1984):

$$\varepsilon_{cr} = 0,35 \frac{t}{D - t}$$

1.3 Elemento di Tubazione Rettilineo

Applicare i criteri di verifica proposti nelle Guidelines (ASCE 1984), ovvero trascurare l'interazione tubo-terreno nei tratti di tubazione rettilinei, fornisce valori conservativi circa lo stato tensionale indotto sulla tubazione. L'ipotesi che la tubazione rettilinea si deformi come il suolo circostante si deforma a seguito del passaggio dell'onda sismica, rende pressoché indipendente il risultato delle tensioni indotte dallo spessore del tubo.

Le tensioni assiali e di flessione indotte dalle onde di taglio S, obliquamente incidenti l'asse della condotta, sono rispettivamente:

$$\sigma_{a,S} = \pm E \frac{V}{C} \sin\vartheta \cos\vartheta$$

$$\sigma_{b,S} = \pm E R \frac{a}{C^2} \cos^3\vartheta$$

ϑ è l'angolo di incidenza tra l'asse della tubazione e la direzione di propagazione del movimento sismico.

Massimizzando questi valori rispetto all'angolo di incidenza ϑ , i valori massimi delle tensioni σ_a e σ_b si ottengono, rispettivamente, per $\vartheta = 45^\circ$ e $\vartheta = 0^\circ$:

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 61 di 65	Rev. 0

$$\sigma_{a,S} = \pm E \frac{V}{2C}$$

$$\sigma_{b,S} = \pm ED \frac{a}{2C^2}$$

Le tensioni assiali e di flessione indotte dalle onde di compressione P, sono rispettivamente:

$$\sigma_{a,P} = \pm E \frac{V}{C} \cos^2 \vartheta$$

$$\sigma_{b,P} = \pm ED \frac{a}{2C^2} \sin \vartheta \cos^2 \vartheta$$

Massimizzando questi valori rispetto all'angolo di incidenza ϑ , i valori massimi delle tensioni σ_a e σ_b si ottengono, rispettivamente, per $\vartheta = 0^\circ$ e $\vartheta = 35^\circ 16'$:

$$\sigma_{a,P} = \pm E \frac{V}{C}$$

$$\sigma_{b,P} = \pm 0.385 ED \frac{a}{2C^2}$$

Le massime tensioni assiali e di flessione indotte dalle onde superficiali di Rayleigh R, sono rispettivamente:

$$\sigma_{a,R} = \pm E \frac{V}{C}$$

$$\sigma_{b,R} = \pm ED \frac{a}{2C^2}$$

Una stima conservativa dei massimi stress assiali e di flessione si ottiene col metodo della radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS method: Square Route Square Sum):

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

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

La massima tensione longitudinale dovuta all'evento sismico risulta quindi:

$$\sigma_{\text{sism}} = \sigma_a + \sigma_b$$

Nelle porzioni di tubazione rettilinea, l'espansione termica impedita dall'attrito tubo-terreno genera una tensione di compressione:

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 62 di 65	Rev. 0

$$\sigma_{\Delta T} = \alpha \Delta T E$$

Lontano dalle curve, l'effetto longitudinale di trazione dovuto alla pressione interna, è dato dalla seguente:

$$\sigma_{P,v} = \nu \frac{P D}{2 t} = 0,3 \frac{P D}{2 t}$$

Negli elementi curvi, l'effetto longitudinale dovuto alla pressione interna, è dato dal "tiro di fondo":

$$\sigma_{PS} = \frac{P D}{4 t} = 0,5 \frac{P D}{2 t}$$

Le massime tensioni sismiche calcolate con le formule sopra riportate, sono presentate nella Tab. 1.3/A.

Tab. 1.3/A: Tensioni sismiche calcolate per l'elemento rettilineo

Onde di taglio S		Onde di compressione P		Onde Rayleigh R		Stress longitudinale sismico totale
$\sigma_{a,S}$ (N/mm ²)	$\sigma_{b,S}$ (N/mm ²)	$\sigma_{a,P}$ (N/mm ²)	$\sigma_{b,P}$ (N/mm ²)	$\sigma_{a,R}$ (N/mm ²)	$\sigma_{b,R}$ (N/mm ²)	
37,21	0,61	74,43	0,24	74,43	0,61	112,54

Combinando le suddette tensioni in accordo ai criteri descritti al paragrafo 1.2, nella seguente tabella (vedi Tab. 1.3/B) sono presentati i risultati delle verifiche eseguite per la linea esaminata.

Tab. 1.3/B: Risultati delle verifiche per l'elemento rettilineo

Spessore tubazione t (mm)	Tensione equivalente S_v (N/mm ²)	Tensione ammissibile SMYS (N/mm ²)	Tasso di lavoro S_v/SMY S (adm)	Deformazione massima ϵ (adm)	Deformazione ammissibile ϵ_{cr} (adm)	Tasso di lavoro ϵ/ϵ_{cr} (adm)
16,1	368,24	450	0,82	0,665E-3	4,81E-3	0,14
18,9	339,49	450	0,75	0,724E-3	5,65E-3	0,13
25,9	298,09	450	0,66	0,816E-3	7,74E-3	0,11

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 63 di 65	Rev. 0

Risultando soddisfatte tutte le verifiche previste, nei tratti rettilinei le tubazioni possono considerarsi positivamente verificate.

1.4 Elemento di Tubazione Curvo

Nell'analisi dello stato tensionale causato dal terremoto sugli elementi curvi della condotta, l'interazione tra tubo e terreno è inevitabilmente presa in considerazione. Assumendo il movimento dell'onda sismica parallelo ad uno dei tratti rettilinei della curva, si indica con L' la lunghezza di scorrimento della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito t_u (ASCE 1984).

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

$$t_u = \frac{\pi D}{2} \gamma H (1 + K_o) \operatorname{tg} \delta + W_p \operatorname{tg} \delta$$

dove:

- A_p = area della sezione trasversale del tubo
 λ = $(k_o/4EI)^{1/4}$
 k_o = modulo di reazione del suolo
 I = momento di inerzia della sezione trasversale del tubo
 ε_{\max} = massima deformazione del terreno
 K_o = coefficiente di pressione del suolo a riposo

Per la tubazione in acciaio lo spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento della stessa nel terreno è:

$$\Delta = \frac{\varepsilon_{\max} L' - \frac{t_u L'^2}{2 A_p E}}{1 + \frac{k_o L'}{2 \lambda A_p E} + 2 \frac{\lambda^2 L' I}{\pi A_p r_o}}$$

dove r_o è il raggio di curvatura dell'elemento curvo.

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

$$S = \Delta \left(\frac{k_o}{2 \lambda} + \frac{2 \lambda^2 K^* E I}{r_o \pi} \right)$$

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 64 di 65	Rev. 0

con:

$$K^* = 1 - \frac{9}{10 + 12(t r_o / R^2)^2}$$

Il momento flettente sulla curva è:

$$M = \Delta \frac{2\lambda K^* EI}{r_o \pi}$$

K_1 è il fattore di intensificazione dello stress:

$$K_1 = \frac{2}{3K^*} \left\{ 3 \left[\frac{6}{5 + 6(t r_o / R^2)^2} \right] \right\}^{-1/2}$$

La tensione assiale sulla curva dovuta alla forza S, si calcola con la seguente:

$$\sigma_a = \frac{S}{A_p}$$

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

$$\sigma_b = K_1 \frac{MD}{2I}$$

Nelle successive tabelle sono riportati i valori ottenuti seguendo la sopra riportata procedura di calcolo per la curva di 90°, spessore 25.9 mm.

In accordo al criterio di verifica riportato al paragrafo 1.2, la deformazione sismica è trasferita all'elemento curvo unitamente agli effetti di termica, pressione e gravità.

Lo spostamento e le sollecitazioni interne risultanti dalla combinazione della espansione termica, degli effetti dovuti ai carichi sostenuti ed a quelli sismici, per il calcolo di S_V , sono stati riportati nella tabella Tab. 1.4/A sottostante:

Tab. 1.4/A: Spostamento e tensione sismica per l'elemento curvo

ε (adm)	Δ (mm)	S (kN)	M (kNm)	σ_a (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)
0,64E-03	174,43	2707,9	1594,1	28,34	129,60

Con i valori sopra riportati sono state eseguite le verifiche degli stati tensionali indotti in accordo ai contenuti del paragrafo 1.2 (vedi Tab. 1.4/B) per la linea analizzata:

 	PROGETTISTA  Snamprogetti	COMMESSA 662900	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Abruzzo - Regione Umbria - Regione Marche	SPC. LA-E-83049	
	PROGETTO Metanodotto Sulmona - Foligno	Fg. 65 di 65	Rev. 0

Tab. 1.4/B: Risultati delle verifiche per l'elemento curvo

Diametro interno D (mm)	Stress equivalente S_v (N/mm ²)	Stress ammissibile SMYS (N/mm ²)	Tasso di lavoro S_v /SMYS (adm)
1200	364,32	450	0,81

Si evidenzia che nella verifica strutturale della curva pur essendo stato applicato un fattore moltiplicativo del momento flettente pari 2, per considerare l'ovalizzazione della sezione trasversale del tubo nel calcolo di interazione tubo-terreno, essa risulta positivamente verificata.

2 Conclusioni

Le verifiche sismiche eseguite consentono di garantire la conformità della condotta di gas in progetto (DN 1200) ai requisiti del DM della norma EN 1594 (e quindi ai criteri delle linee guida sismiche nelle "Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems" delle ASCE, richiamate nella Ref. [2] dell'annex E), nei confronti del movimento del suolo (scuotimento o shaking) provocato da un evento sismico e caratterizzato da un picco di accelerazione massimo del terreno assunto cautelativamente pari a **0,418 g**.

I risultati delle analisi presentate ai paragrafi 1.3 e 1.4 hanno, infatti, evidenziato l'idoneità dello spessore della tubazione a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno durante l'evento sismico.

Dai risultati si evince pure che in nessun caso, per effetto dello shaking, si avvicinano i valori di resistenza a rottura dell'acciaio costituente le condotte in progetto, che sotto questo aspetto possono essere considerate assolutamente sicure.

D'altra parte, per questo fenomeno, in letteratura tecnica internazionale non sono riportati casi di rottura di tubazioni integre e in acciaio, saldate e controllate con le tecniche attualmente disponibili.

Si rileva a tale proposito che le tubazioni Snam Rete Gas sono periodicamente controllate dall'interno con apparecchiature automatiche che rilevano qualsiasi variazione di spessore dell'acciaio ed i fenomeni corrosivi eventualmente in atto.