

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 1 di 82	<b>Rev.</b> 0

Progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SANSEPOLCRO – FOLIGNO  
E OPERE CONNESSE

RELAZIONE DI  
COMPATIBILITÀ' GEOMORFOLOGICA



0	Emissione	Polloni/Gasperini	Battisti	Luminari	30.09.2021
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 2 di 82	<b>Rev.</b> 0

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
1.1	Generalità .....	4
1.2	Introduzione .....	10
1.3	Quadro normativo.....	11
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....	<b>12</b>
2.1	Inquadramento litologico .....	12
2.2	Caratteristiche idrogeologiche .....	15
<b>3</b>	<b>GEOMORFOLOGIA DEL TRACCIATO</b> .....	<b>16</b>
3.1	Metanodotto Sansepolcro – Foligno DN 400 (16”) – DP 75 bar .....	16
3.2	Der. per Perugia DN 400 (16”) – DP 75 bar .....	25
3.3	All. Colussi Perugia Spa – DN 100 (4”) – DP 75 bar.....	26
3.4	Der. per S. Giustino DN 100 (4”) – DP 75 bar .....	26
3.5	All. Luxenia Umbro Tiberina DN 100 (4”) – DP 75 bar .....	26
3.6	Der. per Bastia Umbra DN 150 (6”) – DP 75 bar .....	27
3.7	All. Com. Assisi 1^ Pr. DN 100 (4”) – DP 75 bar .....	27
3.8	All. Bonaca - Cannara DN 100 (4”) – DP 75 bar.....	27
3.9	All. Ceramica Falcinelli DN 100 (4”) – DP 75 bar.....	27
3.10	<b>Peculiarità geomorfologiche delle aree collinari percorse dai tracciati</b> .....	<b>28</b>
3.10.1	Città di Castello (PK 21+200 ÷ PK 24+400) .....	28
3.10.2	Umbertide (PK 43+000 ± 45+600).....	29
3.10.3	Perugia, loc. Pescara.....	31
<b>4</b>	<b>INTERAZIONE DELL’OPERA CON AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA PAI/IFFI</b> .....	<b>32</b>
4.1	Interazione delle opere in progetto con il Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI) e con il Progetto IFFI.....	32
4.2	Interazione delle opere in rimozione con il PAI e il Progetto IFFI.....	38
4.3	Interferenze delle opere in progetto con aree a pericolosità da frana: indagini geognostiche.....	39
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA</b> .....	<b>41</b>
5.1	Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (PK 43+402 ÷ 43+797).....	41
5.2	Met. Sansepolcro Foligno, località Caldarelli (PK 44+460 ÷ 44+810).....	45

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 3 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

<b>6</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ.....</b>	<b>52</b>
<b>6.1</b>	<b>Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (PK 43+420 ÷ 43+800).....</b>	<b>53</b>
6.1.1	Assunzioni di calcolo .....	53
6.1.2	Risultati .....	54
<b>6.2</b>	<b>Met. Sansepolcro Foligno, località Caldarelli (PK. 44+460 – 44+810).....</b>	<b>56</b>
6.2.1	Assunzioni di calcolo .....	56
6.2.2	Risultati .....	57
<b>7</b>	<b>MISURE DI SALVAGUARDIA.....</b>	<b>59</b>
<b>7.1</b>	<b>Opere di regimazione delle acque superficiali.....</b>	<b>60</b>
<b>7.2</b>	<b>Opere di sostegno .....</b>	<b>61</b>
<b>7.3</b>	<b>Opere di drenaggio delle acque sotterranee.....</b>	<b>66</b>
<b>7.4</b>	<b>Opere di difesa idraulica .....</b>	<b>68</b>
<b>7.5</b>	<b>Opere trenchless.....</b>	<b>73</b>
7.5.1	trivellazione orizzontale controllata (TOC).....	73
7.5.2	Direct Pipe .....	74
7.5.3	Microtunneling .....	77
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>79</b>
	<b>ALLEGATI E ANNESSI .....</b>	<b>81</b>
	<b>ALLEGATI DI RIFERIMENTO PRESENTI NEL SIA E ANNESSI .....</b>	<b>81</b>

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 4 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 1 PREMESSA

### 1.1 Generalità

Il progetto denominato “Rifacimento Metanodotto Sansepolcro-Foligno e opere connesse” prevede la realizzazione del “Metanodotto Sansepolcro - Foligno DN 400 (16”) - DP 75 bar, che sostituisce la linea esistente “Sansepolcro - Foligno DN 250 (10”) – MOP 70 (35) bar” di lunghezza complessiva pari a circa 94,3 km, al fine di eliminare le criticità emerse a fronte dell’antropizzazione del territorio attraversato, continuare a garantire l’ispezionabilità del metanodotto, potenziare la rete esistente, adeguare la stessa alle future esigenze di mercato. Il tracciato della nuova condotta principale DN 400 (16”), di circa 96,8 km di lunghezza, interessa la Provincia di Arezzo nella Regione Toscana e la Provincia di Perugia nella Regione Umbria.

L’opera riguarderà anche la realizzazione di una serie di metanodotti minori, alcuni dei quali derivanti direttamente dal metanodotto principale, di diametro e lunghezze variabili, per una lunghezza complessiva pari a circa 31,5 km a cui sono associate le relative dismissioni delle linee esistenti per uno sviluppo complessivo di circa 31.3 km.

In particolare i metanodotti oggetto del presente studio, il cui tracciato è indicato nei disegni in scala 1:10.000 PG-TP-001, PG-TP-002, RIM-TP-001, RIM-TP-002, consistono in:

#### Elenco dei metanodotti in progetto

Metanodotto principale in progetto			
Denominazione metanodotto	Diametro	DP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Met. Sansepolcro-Foligno</b>	<b>400</b>	<b>75</b>	<b>96,742</b>

Opere connesse in progetto			
Denominazione metanodotto	Diametro	DP (bar)	Lunghezza (km)
Der. Per Perugia	400	75	6,210
All. Centrale Compr. Piccini Sansepolcro	100	75	0,274
Ric. All. Centrale Compr. Piccini	100	75	0,026
Ric. All. Nestlè IT Sansepolcro	100	75	0,061
Ric. All. Comune Citerna	100	75	0,015
All. Comune S. Giustino	100	75	0,028
Der. per S. Giustino	100	75	1,323
Ric. All. Comune di Città di Castello 3 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,046
Ric. All. Piccini Paolo	100	75	0,057
All. Com. Città di Castello 1 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,081
All. Sacofgas	100	75	0,229
All. Centrale metano Piccini	100	75	0,433
All. Com. Città di Castello 2 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,163

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 5 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Denominazione metanodotto	Diametro	DP (bar)	Lunghezza (km)
Ric. All. Com. di Umbertide 3 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,096
All. Com. di Umbertide 1 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,453
Ric. Derivazione per Gubbio	200	75	0,177
Ric. All. Comune di Perugia 5 <sup>^</sup> Pr.	150	75	0,586
Ric. All. Comune di Perugia 4 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,038
Ric. Pot. All. Comune di Perugia 2 <sup>^</sup> Pr.	150	75	0,131
All. Luxenia Umbro Tiberina	100	75	2,088
All. Colussi SPA	100	75	5,406
Der. per Bastia Umbra	150	75	3,095
All. Com. Assisi 1 <sup>^</sup> Pr.	100	75	2,523
All. Bonaca-Cannara	100	75	2,184
All. Ceramica Falcinelli	100	75	2,325
All. Com. di Spello	100	75	0,06
All. Nestlè IT Sansepolcro	100	75	0,458
All. Buitoni S.p.A	100	75	0,006
All. Centria SRL	100	75	0,041
All. Officine Selci	100	75	0,030
All. Nardi Francesco e figli Spa	100	75	0,424
All. Com. Umbertide 2 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,252
Ric. All. Com. Perugia 2 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,019
All. Deltafina Spa	100	75	0,184
All. Metano Auto RO.LA	100	75	0,372
All. Mignini e Petrini Spa	100	75	0,068
All. Assisi Gestione e Servizi Srl	100	75	0,097
Ric.All. Olivi di Bastia Umbra	100	75	0,036
All. Com. di Bastia Umbra	100	75	0,102
All. Com. Assisi 3 <sup>^</sup> Pr.	100	75	0,888
All. Ferro Italia	100	75	0,518
<b>Lunghezza complessiva</b>			<b>31,603</b>

Elenco dei metanodotti da porre fuori esercizio

Metanodotto principale in dismissione			
Denominazione metanodotto	Diametro	MOP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Met. Sansepolcro-Foligno</b>	<b>250</b>	<b>70 (35)</b>	<b>94,324</b>

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 6 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

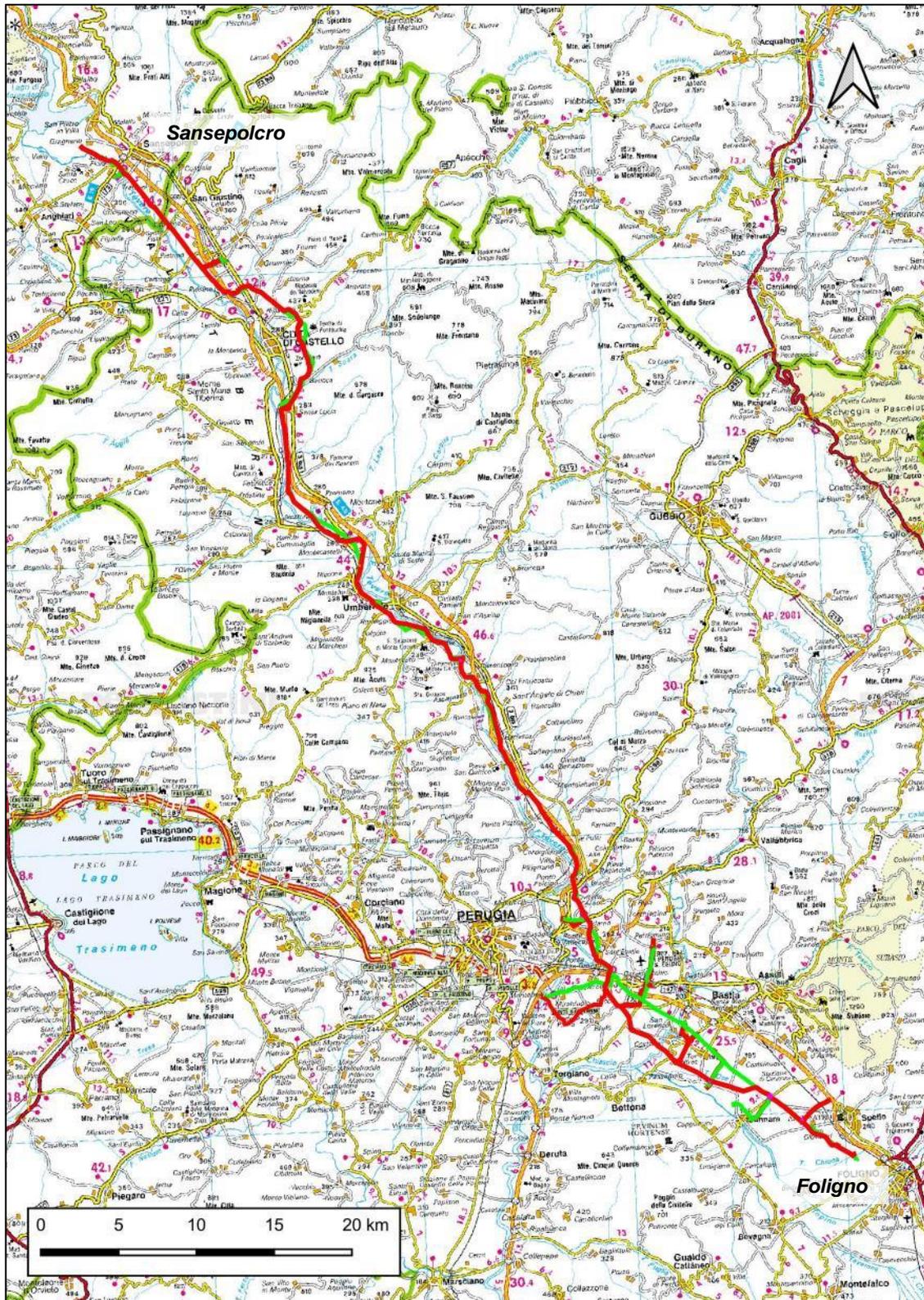
Opere connesse in dismissione			
Denominazione metanodotto	Diametro	MOP (bar)	Lunghezza (km)
Der. Per Perugia	200	70	5,319
Pot. Der. per Perugia	250	70	5,331
All. Centrale Compr. Piccini Sansepolcro	80	70	0,149
All. Centrale Compr. Piccini	100	75	0,182
All. Ibp 1° pr. monte cabina	100	70	0,185
All. Nestlè IT Sansepolcro	100 - 150	24	0,062
All. Nestlè IT Sansepolcro	100 - 150	24	0,42
All. Buitoni Spa	100	24	0,002
All. Centria SRL	80	24	0,001
All. Comune Citerna	100	70	0,134
All. Comune S. Giustino	80	70	0,035
Der. per S. Giustino	80	70	1,348
All. Officine Selci	80	70	0,002
All. Nardi Francesco e figli Spa	80	70	0,392
All. Comune di Città di Castello 3^ Pr.	100	70	0,206
All. Piccini Paolo	100	70	0,073
All. Com. Città di Castello 1^ Pr.	80	70	0,278
All. Sacofgas	80	70	0,227
All. Centrale metano Piccini	80	70	0,110
All. Com. Città di Castello 2^ Pr.	80	70	0,262
All. Com. di Umbertide 3^ Pr.	100	70	0,070
All. Com. di Umbertide 1^ Pr.	80	70	0,096
Derivazione per Gubbio	200	70	0,516
All. Com. Umbertide 2^ Pr.	100	70	0,099
All. Comune di Perugia 5^ Pr.	150	70	0,284
All. Comune di Perugia 4^ Pr.	80	70	0,020
Pot. All. Comune di Perugia 2^ Pr.	150	70	0,162
All. Luxenia Umbro Tiberina	80	70	1,723
All. Com. Perugia 2^ Pr.	80	70	0,003
All. Colussi SPA	100	70	3,952
All. Deltafina Spa	100	70	0,186
All. Metano Auto RO.LA	80	70	0,361
All. Mignini e Petrini Spa	100	70	0,073

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 7 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Denominazione metanodotto	Diametro	MOP (bar)	Lunghezza (km)
All. Assisi Gestione e Servizi Srl	80	70	0,106
Der. per Bastia Umbra	100	70	0,149
All. Olivi di Bastia Umbra	100	70	0,031
All. Com. di Bastia Umbra	100	70	0,088
All. Com. Assisi 3 <sup>^</sup> Pr.	100	70	0,163
All. Com. Assisi 1 <sup>^</sup> Pr.	100	70	0,129
All. Ferro Italia	100	70	2,130
All. Com. di Cannara	80	12	0,210
All. Bonaca-Cannara	100	70	1,998
All. Umbracer Srl	100	12	1,611
All. Ceramica Falcinelli	100	70	2,272
All. Com. di Spello	80	70	0,106
<b>Lunghezza complessiva</b>			<b>31,257</b>

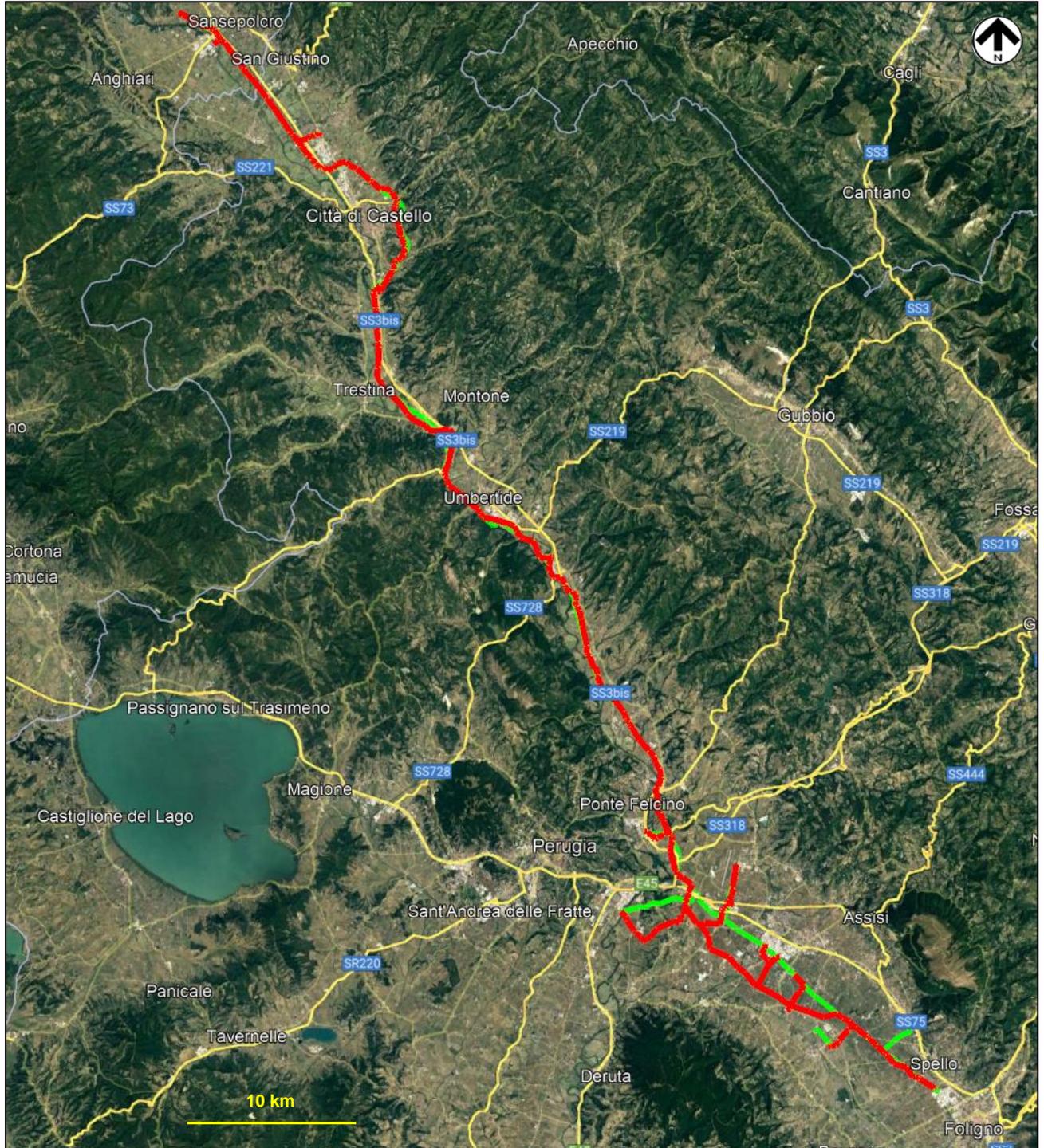
La localizzazione dei vari tracciati viene riportata nelle seguenti figure (v. Figg. 1.1/A e 1.1/B).

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ'</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 8 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 1.1/A - Corografia**  
 (Linea rossa tracciato metanodotti in progetto, linea verde metanodotti da dismettere)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 9 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 1.1/B - Immagine aerea con localizzazione del tracciato (da Google Earth)**

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 10 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 1.2 Introduzione

La presente relazione è relativa alla valutazione della compatibilità geomorfologica dell'opera in progetto con le condizioni di instabilità di versante delle aree attraversate. Essa rientra nell'ambito del procedimento dello Studio di Impatto Ambientale, in conformità a quanto disposto dalla Parte Seconda, Titolo III del D.L. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale", successivamente aggiornato dal D.L. n. 104 del 16 giugno 2017 in merito a progetti di "installazione di un gasdotto di lunghezza superiore a 20 km ricadente parzialmente all'interno di siti della Rete Natura 2000", da assoggettare alla procedura di VIA.

Il livello progettuale di riferimento per lo studio di compatibilità in oggetto è quello del "Progetto di fattibilità tecnico-economica" come definito dall'articolo 23, commi 5 e 6 del D.L. n. 50 del 18 aprile 2016. Pertanto nei successivi livelli progettuali si perfezioneranno le valutazioni in merito alla stabilità dei versanti, dettagliando, là dove necessario, gli eventuali interventi di stabilizzazione e/o sostegno.

I tracciati sono stati scelti tenendo conto, come prioritaria necessità, la minimizzazione delle interferenze con le aree di criticità geomorfologica individuando, laddove non possibile evitarle, le opere di consolidamento necessarie o l'adozione di tecnologie di posa del metanodotto che ne garantissero la sicurezza nei confronti dei processi geomorfologici in atto o comunque possibili nel tempo.

In merito ai fenomeni idraulici relativi ai corsi d'acqua, essi sono stati valutati ed oggetto di specifici studi nell'ambito della *Relazione di Compatibilità Idrologica-Idraulica del tracciato (v. Rel. LSC-130)* e di specifiche relazioni di compatibilità per i principali attraversamenti di corsi d'acqua, cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

Lo studio di compatibilità geomorfologica dei tracciati, oggetto della presente relazione, si è basato su di un'attività di sopralluoghi e rilievi in corrispondenza delle aree suscettibili di dissesto, di indagini geognostiche e geofisiche e di consultazione della bibliografia e cartografia tematica disponibile.

In particolare, lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca della cartografia tematica e materiale bibliografico
- sopralluoghi lungo e negli intorno dei tracciati per la verifica del contesto geomorfologico
- pianificazione ed esecuzione delle indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio
- analisi dei dissesti e ricostruzione del modello geologico e geotecnico
- verifica di stabilità delle aree di dissesto intercettate dal metanodotto
- definizione delle opere di mitigazione e considerazioni conclusive.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 11 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 1.3 Quadro normativo

Lo studio effettuato tiene conto della legislazione, della normativa e delle raccomandazioni vigenti, in particolare di:

- D.M. 11 Marzo 1988: *Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*;
- CIRC. 24 Settembre 1988 n° 30483. D.M. 11 Marzo 1988: *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni ....., Istruzioni per l'applicazione*;
- A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, 1994”;
- A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977”;
- Circolare 9 Gennaio 1996, n.218/24/3 “Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Decreto del Ministero dei lavori Pubblici 11 Marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”;
- D.M. 17 Gennaio 2018: *Norme Tecniche per le costruzioni e relativa circolare 21 gennaio 2019, n. 7*;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità distrettuale del Fiume Tevere approvato con DPCM del 10 Novembre 2006 e successivo aggiornamento denominato “*Piano di bacino del fiume Tevere - 6° stralcio funzionale - P.S. 6 - per l'assetto idrogeologico*” approvato con DPCM del 10 Aprile 2013.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 12 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il tracciato del metanodotto si sviluppa nei fondivalle dell' Alta Valle Tiberina e della Valle Umbra, in terreni pianeggianti di natura alluvionale-lacustre. Solo per brevi tratti, come di seguito specificato, percorre zone pedemontane collinari.

Le caratteristiche geologiche dell'areale interessato dal progetto vengono descritte nella specifica Relazione Geologica LSC-117 e negli allegati Carta Geologia (PG-CGB-001) e Carta Litotecnica (PG-CGL-001) allegate alla documentazione del SIA; qui di seguito si riporta un breve inquadramento litologico e idrogeologico.

### 2.1 Inquadramento litologico

L'alta valle del bacino del Tevere in cui si colloca il tracciato del metanodotto in oggetto è costituita da depositi torbiditici appartenenti nella porzione più orientale ai depositi sinorogenici della Successione Umbro-Marchigiana (Formazione Marnoso-Arenacea) di età Miocene superiore e nella parte occidentale alla Falda Toscana, sempre di età miocenica.

Litologicamente si tratta di arenarie e marne con intercalazioni di breccie calcaree e calcari marnosi.

Anche la Valle Umbra, nel tratto di interesse, è costituita da queste formazioni torbiditiche; solamente nel fianco settentrionale all'altezza di Assisi affiorano i termini mesozoici della dorsale carbonatica.

Come sopra riportato, l'Alta Valtiberina e la Valle Umbra sono state sede nel tardo Pliocene e nel Pleistocene del vasto Lago Tiberino, nel quale si sono sedimentati depositi fluvio-lacustri anche di elevato spessore. La facies predominante è rappresentata da argille marnose di acque profonde; facies deltali comprendono ghiaie e sabbie e facies costali principalmente sabbie. Su questi depositi si è successivamente impostato il corso del Tevere, incidendoli e depositando le proprie alluvioni.

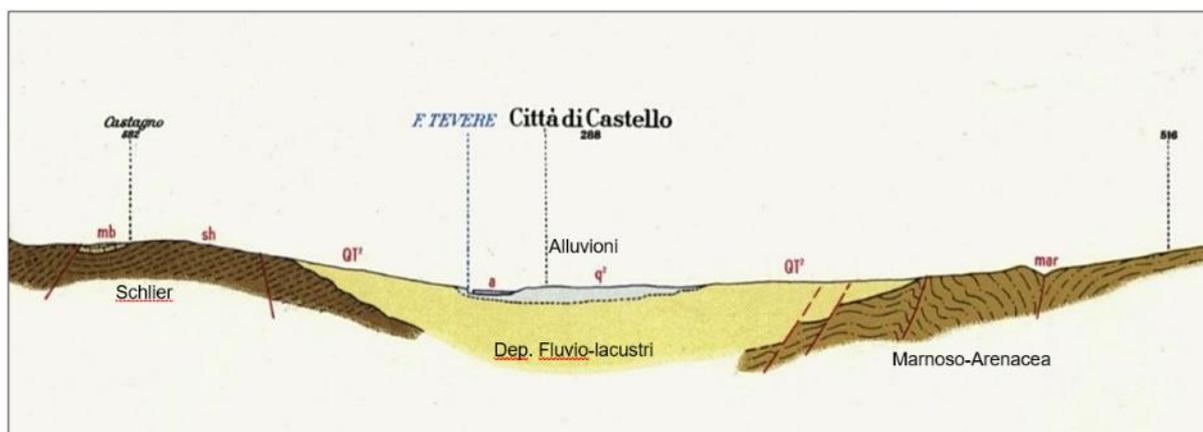


Figura 2.1/A – Sezione geologica attraverso la Valtiberina (da Foglio Geologico SGI Città di Castello)

Il fondovalle pertanto è attualmente formato dal suo materasso alluvionale di alluvioni recenti e terrazzate, con terreni granulometricamente assai variabili per eteropie verticali e laterali dovute agli spostamenti del corso nel tempo e agli apporti conoidali degli affluenti.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 13 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

La situazione schematica è riportata nella sezione trasversale della valle tiberina all'altezza di Città di Castello (v. Fig. 2.1/A), che è tuttavia rappresentativa in generale di tutto il tratto di valle percorso dal tracciato.

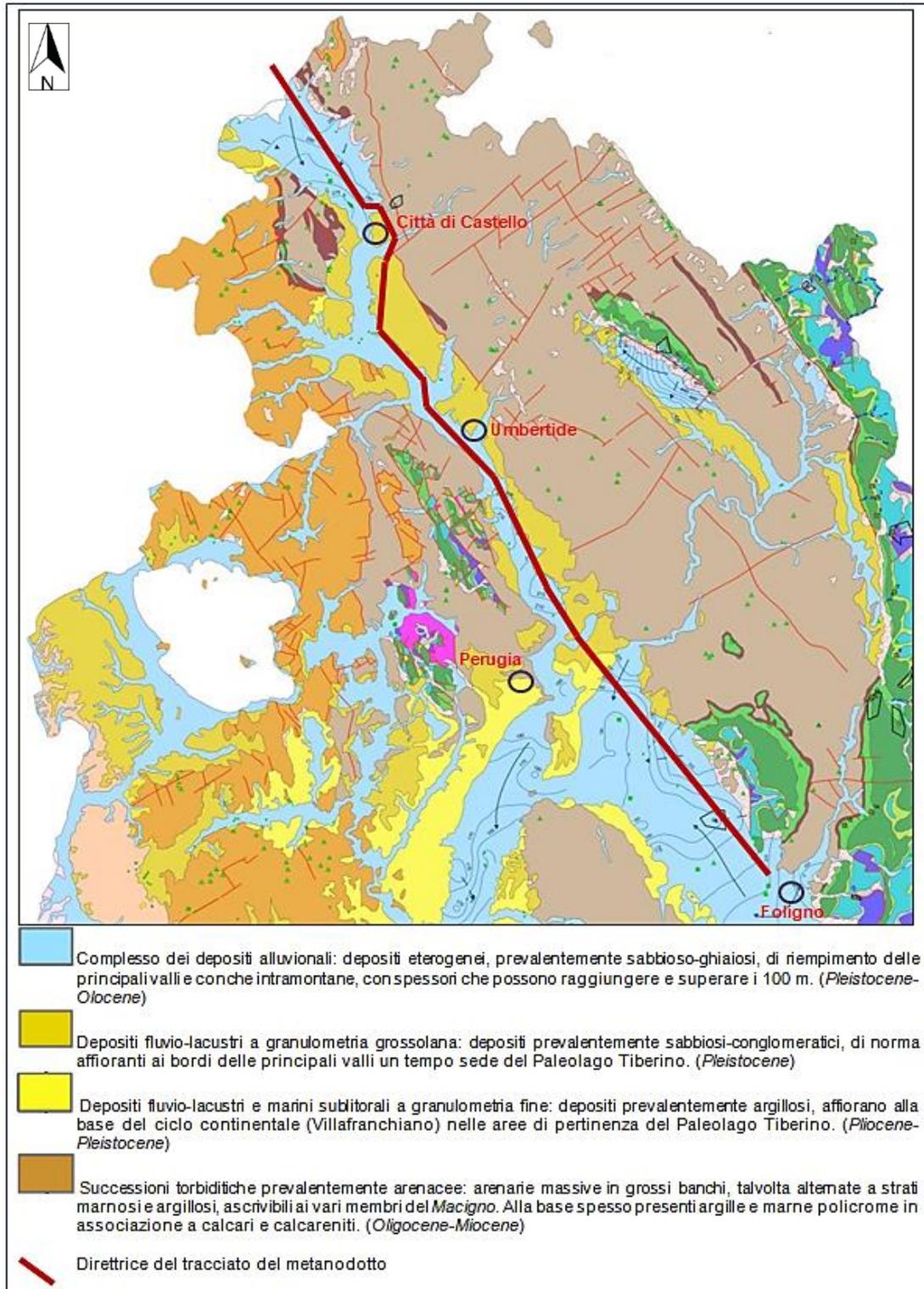
Il metanodotto si localizza nell'ambito delle alluvioni fluviali e in parte nei depositi fluviolacustri; solo per un breve tratto presso Umbertide si posiziona sul fianco vallivo in destra idrografica nell'ambito della formazione arenacea (v. Fig. 2.1/B).

Il tracciato percorrendo per quasi tutto il suo sviluppo la Valle Tiberina e la Valle Umbra, attraversa, come mostrato nella figura sotto riportata, i terreni di natura alluvionale, in parte anche lacustre, depositatisi nel Pleistocene e Olocene nelle relative depressioni, formatesi per motivi tettonici. Tali sedimenti, sia per le diverse condizioni morfologiche locali in cui si sono depositati che per le differenti situazioni paleogeografiche che si sono succedute nel tempo, possono avere grande variabilità sia laterale che verticale. Prevalentemente si tratta di terreni granulari a diversa granulometria, ghiaiosi e sabbiosi, ma a luoghi anche argillosi.

Solo in tre aree il tracciato abbandona i fondovalle interessando pertanto terreni di natura diversa, e precisamente:

- aggiramento dell'abitato di Città di Castello, risalendo le colline ad Est in terreni sabbiosi-argillosi-conglomeratici;
- passaggio al piede del versante destro della Valle Tiberina di fronte all'abitato di Umbertide, costituiti da roccia prevalentemente arenacea;
- svalicamento dalla Valle Tiberina verso la Valle Umbra presso l'abitato di Bosco, attraversando terreni arenacei e conglomeratici.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 14 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 2.1/B – Carta idrogeologica (da Regione Umbria)**

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 15 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 2.2 Caratteristiche idrogeologiche

I fondivalle sia della Valle Tiberina che della Valle Umbra sono interessati da importanti acquiferi alluvionali, caratterizzati da un'accentuata variabilità granulometrica e tessiturale sia in senso orizzontale che verticale. I depositi più grossolani sono generalmente posti nella porzione centrale dei fondivalle o in corrispondenza di paleoalvei, con spessori che possono anche superare i 100 m. Nelle altre aree e nelle porzioni di bordo della valle, gli spessori dei depositi prevalentemente sabbiosi-ghiaiosi, sono più ridotti.

Gli assi di drenaggio principali coincidono per la Valle Tiberina con l'asta attuale del Tevere o con situazioni legate al suo paleoalveo; per la Valle Umbra con l'asta del Chiascio nella porzione centro occidentale della valle e con gli affluenti (T. Topino in particolare) nella parte più orientale.

Nonostante la coincidenza degli assi di drenaggio con le valli, i corpi idrici sotterranei non sono in genere riferibili ad un unico bacino idrografico. Infatti i limiti idrografici e limiti idrogeologici nella maggior parte dei casi non corrisponde. La descrizione sotto riportata tiene conto di tale considerazione e viene operata a scala di corpo idrogeologico.

In particolare nel territorio regionale si individuano le sotto riportate tipologie di acquifero:

- *Acquiferi alluvionali*, che hanno sede all'interno delle principali aree vallive della regione: Valle del Tevere, Valle Umbra, Conca Eugubina, Conca Ternana;
- *Acquifero vulcanico*, ospitato all'interno dei depositi di origine vulcanica dell'orvietano;
- *Acquiferi carbonatici*, che hanno sede sia nella dorsale carbonatica dell'Appennino Umbro Marchigiano che interessa la fascia orientale e meridionale della regione sia nelle strutture calcaree minori;
- *Acquiferi minori* ospitati nei depositi detritici e dei fondivalle alluvionali, e nei depositi a maggiore permeabilità presenti nelle zone collinari della regione.

In particolare il tracciato in progetto attraversa gli *Acquiferi alluvionali* della Valle del Tevere e della valle Umbra, percorrendo anche per buona parte le aree interessate dagli *Acquiferi minori*.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 16 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 3 GEOMORFOLOGIA DEL TRACCIATO

#### 3.1 Metanodotto Sansepolcro – Foligno DN 400 (16”) – DP 75 bar

Il metanodotto oggetto di studio, con direttrice prevalente Nord Ovest - Sud Est ha origine in località Gragnano nel Comune di Sansepolcro, a valle del ricollegamento con l'area impiantistica esistente denominata Stazione L/R n. 4500170/27, prevedendo l'ampliamento dell'area impiantistica esistente per l'allocazione della nuova trappola.

Il suo tracciato termina in corrispondenza del nuovo impianto trappola L/R pig in località La Pasciana.

La maggior parte del tracciato si sviluppa in parallelismo con il metanodotto esistente, "Sansepolcro - Foligno DN 250 (10”) – MOP 70 (35) bar", da porre fuori esercizio, scostandosene limitatamente solo in alcuni tratti.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche geomorfologiche, per tratti successivi, del tracciato del metanodotto *Sansepolcro – Foligno DN 400 (16”) – DP 75 bar* in progetto.

Da PK 0+000 Stazione L/R loc. Gragnano Alto a PK 14+049 PIL loc. Villa Facchinetti

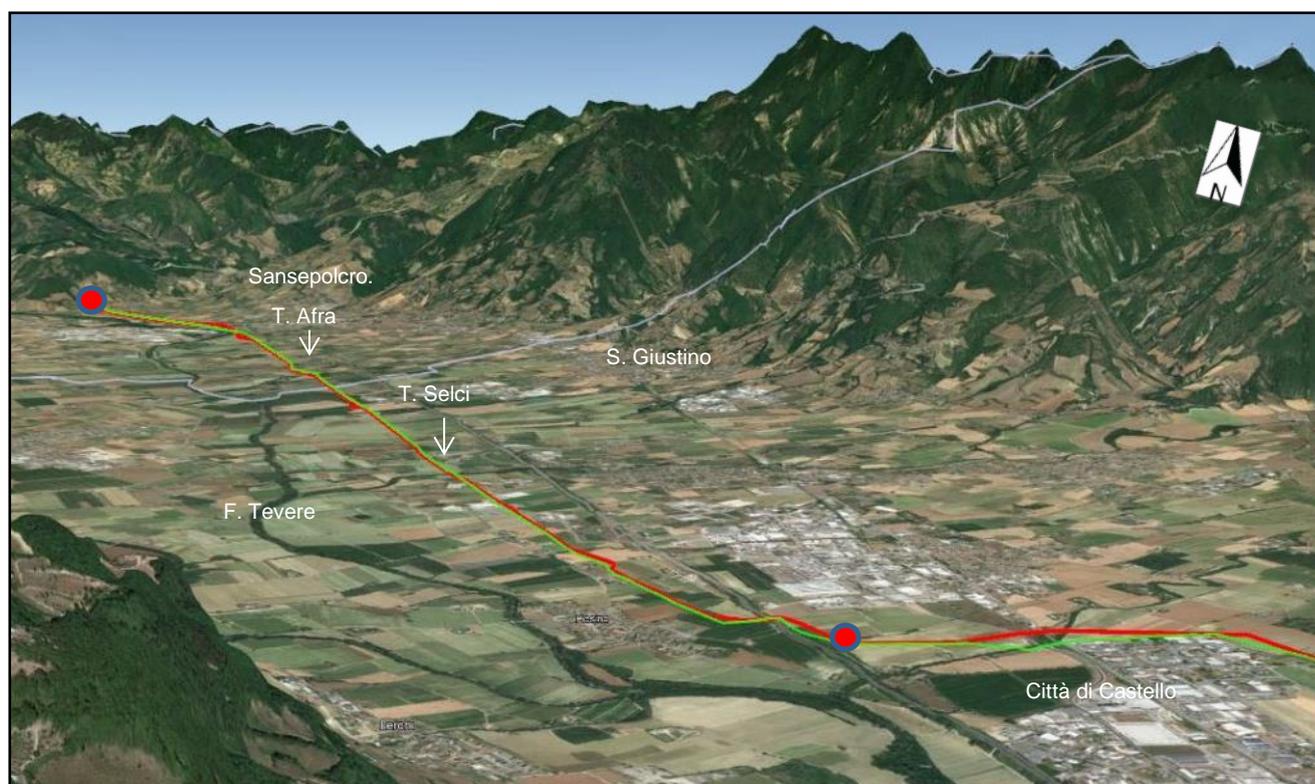


Figura 3.1/A - Vista aerea 3D del tratto in esame (da Google Earth)

Il tratto si sviluppa nella piana alluvionale del F. Tevere, in sinistra idrografica, a partire dalla Stazione L/R, ubicata in località Gragnano Alto al limite della piana con i rilievi collinari a N, fino al PIL al PK 14+049 in Loc. Villa Facchinetti.



	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 18 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

del fianco vallivo tiberino, formate da roccia arenacea e da depositi terrigeni (sabbiosi, argillosi, conglomeratici), con forme più accentuate e talora decise incisioni.

Geomorfologicamente la prima parte si sviluppa nella piana alluvionale del Tevere e nella fascia pedecollinare di dolce raccordo con i rilievi appenninici, attraversando anche i vari corsi d'acqua che scendono verso il Tevere, tra i quali si segnalano il T. Regnano, il T. Vaschi, il T. Cavaglione e il T. Scatorbia.

Successivamente il tracciato abbandona la piana tiberina e prosegue in direzione generale Sud attraversando i rilievi collinari morfologicamente articolati che si elevano ad Est di Città di Castello fino a raggiungere di nuovo la piana stessa dopo aver attraversato la S.P. n 106.



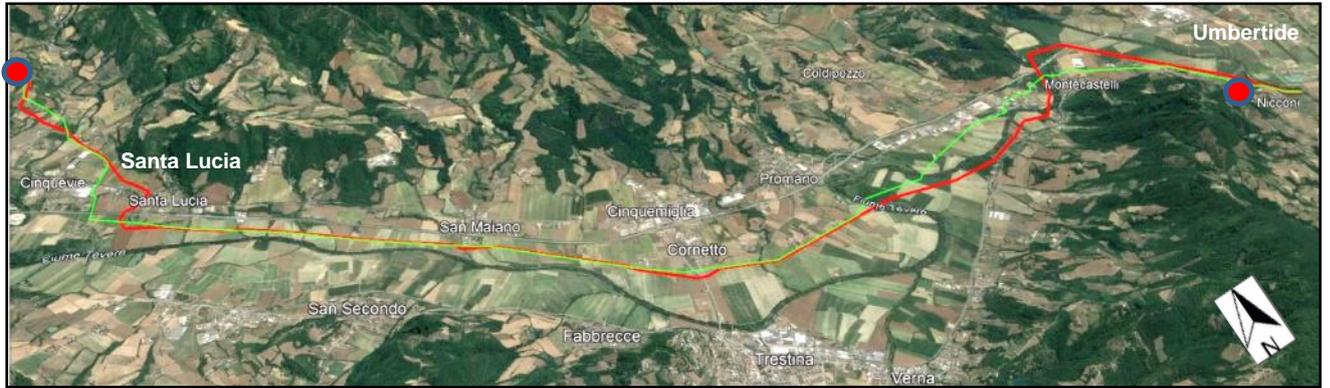
**Figura 3.1/C - Attraversamento zona collinare a tergo di Città di Castello** - Linea rossa tracciato in progetto, verde condotta in dismissione

Tali rilievi sono costituiti da terreni argillosi-limosi ed anche sabbiosi di età Pleistocenica. Date la costituzione litologica e la giovane età della loro formazione, essi risultano profondamente incisi dai rii che scendono dai monti verso la piana. In particolare il tracciato si trova a dover attraversare il vallone del Rio della Croce (PK circa 22+168) e quello del Rio del Balzo (PK 22+954), per poi percorrere in sommità il crinale del Fosso del Peglio.

I fianchi dei rii sopra citati, spesso acclivi e di recente modellazione, sono interessati da molti fenomeni di instabilità di tipo scivolamento rotazionale, per lo più interessanti i primi metri di profondità. Il tracciato è stato articolato al fine di non interferire con le situazioni di maggior dissesto.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 19 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Da PK 24+453 S.P. n. 106 a PK 41+000 trenchless Niccone

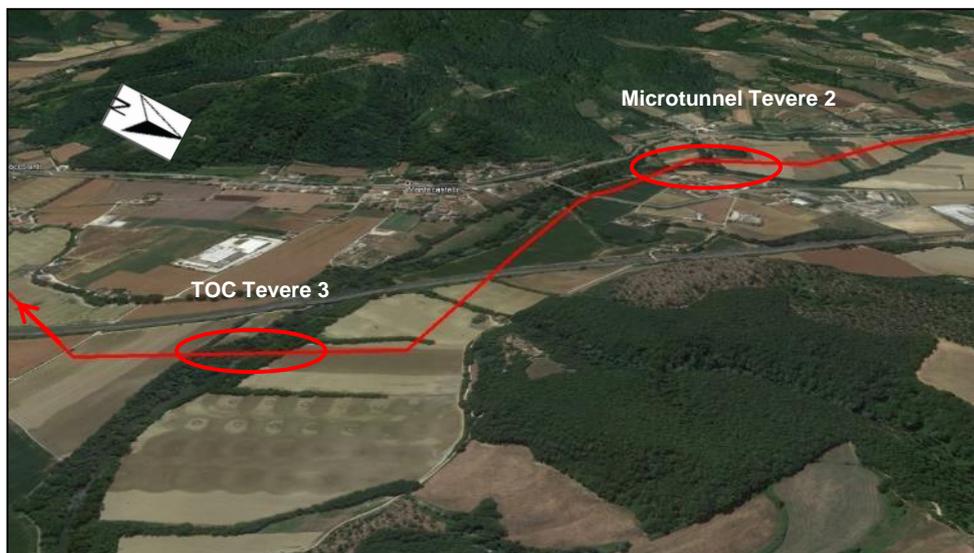


**Figura 3.1/D - Vista aerea 3D del tratto in esame - Linea rossa tracciato in progetto, verde condotta in dismissione**

Il tratto descritto si sviluppa interamente nella piana alluvionale del F. Tevere, interessando sia la parte sinistra idrografica che destra, tramite tre attraversamenti del F. Tevere. Gli attraversamenti del F. Tevere saranno realizzati in subalveo con metodologia trenchless.



**Figura 3.1/E - Vista dell'attraversamento Tevere 1 in trenchless**



**Figura 3.1/F - Vista aerea degli attraversamenti Tevere 2 e Tevere 3 in trenchless (da Google Earth)**

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 20 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Il tracciato, nella parte iniziale del tratto attraversa anche il T. Soara con tecnica tradizionale e nella parte finale del tratto il T. Niccone, con metodologia Trenchless.

Da PK 41+000 trenchless Tevere-Niccone a PK 49+857 trenchless Tevere 4

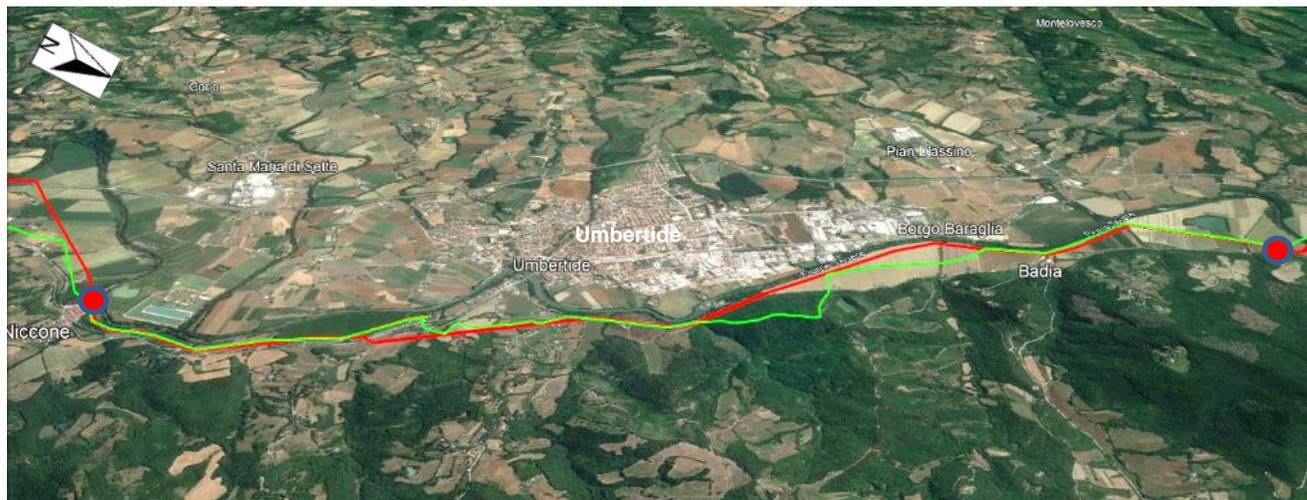


Figura 3.1/G - Vista aerea 3D del tratto in esame - Linea rossa tracciato in progetto, verde condotta in dismissione

Il tratto in esame si sviluppa totalmente in destra idrografica del Tevere nell'intorno dell'abitato di Umbertide su aree prevalentemente agricole ed in parte boscate. Appunto per l'estensione dell'area urbanizzata che occupa quasi tutta la larghezza della piana alluvionale, il tracciato si mantiene sul bordo destro del fondovalle ai piedi dei rilievi collinari, in alcuni tratti anche interessandoli.

In particolare le zone che presentano maggiori difficoltà per la presenza di urbanizzazione e di infrastrutture viarie e ferroviarie verranno superate tramite la realizzazione di due tratti trenchless, come riportato nella figura seguente.

Le due trenchless (trenchless *Umbertide 1-2* PK 43+068 – 44+323 e trenchless *Umbertide 3* PK 45+000 – 45+617) si posizionano alla base del versante vallivo destro, interessando i terreni di copertura del substrato marnoso che costituisce il fianco della valle. In tali terreni sono segnalati movimenti franosi censiti nel PAI e dall'IFFI. Tali tratti sono interferiti sia dalla linea di progetto, sia da quella in dismissione.



Figura 3.1/H - Vista aerea 3D del tratto interessato dalle due trenchless (da Google Earth)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 21 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Uscito dalla trenchless *Umbertide 3*, il tracciato si trova nuovamente nel fondovalle alluvionale in destra Tevere, seguendo per buona parte, da Badia in poi, quello esistente, fino ad arrivare ad un nuovo attraversamento del F. Tevere (trenchless *Tevere 4*, PK 49+857) per passare quindi in sinistra idrografica.



Figura 3.1/I - Vista dell'attraversamento *Tevere 4* in trenchless

Da PK 49+857 trenchless *Tevere 4* a PK 67+156 trenchless *Tevere 5*

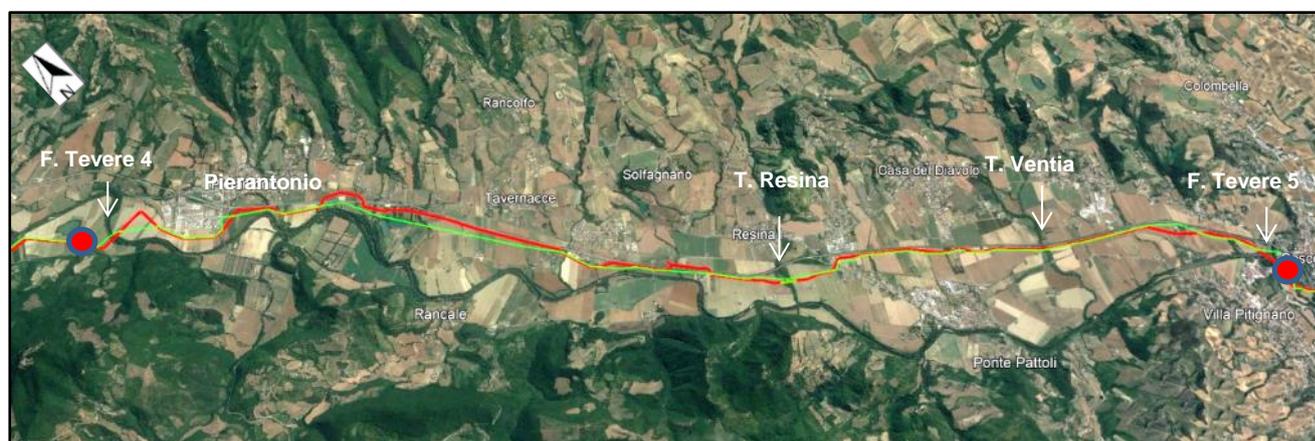


Figura 3.1/L - Vista aerea 3D del tratto in esame - Linea rossa tracciato in progetto, verde condotta in dismissione

Questo tratto si ubica per tutta la sua estensione in sponda sinistra del F. Tevere, per la quasi totalità compreso tra la superstrada E45 e il corso d'acqua del Tevere stesso, quasi sempre in stretto parallelismo con il tracciato del metanodotto esistente. Alla fine del tratto, il metanodotto attraversa il F. Tevere e quindi abbandona definitivamente il fondovalle tiberino.

Il tracciato, arrivato all'altezza dell'abitato di Bosco, a causa della presenza di edifici che occupano totalmente il terrazzo tra superstrada e il corso del Tevere, attraversa la stretta ansa del fiume con metodologia trenchless (trenchless *Tevere 5*).

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 22 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



Figura 3.1/M - Vista dell'attraversamento Tevere 5 in trenchless

Da PK 67+156 trenchless Tevere 5 a PK 81+789 trenchless Fiume Chiascio



Figura 3.1/N - Vista aerea 3D del tratto in esame (da Google Earth)

In questo tratto, il carattere di maggior rilevanza dal punto di vista geomorfologico è rivestito dal fatto che il tracciato lascia il fondovalle tiberino ed entra, dopo aver superato dei rilievi collinari, nella piana formata dal F. Chiascio e dai suoi affluenti, tra i quali il principale è il F. Topino col suo confluente T. Ose. La morfologia nella prima parte presenta dei rilievi collinari costituiti da roccia arenacea, poi come il tracciato entra nella piana alluvionale del Chiascio diventa del tutto pianeggiante con terreni di origine fluviale e in parte fluvio-lacustre.

Il rilievo che il tracciato si trova a dover attraversare è costituito da Poggio del Monte, di altezza pari a circa 120 metri, completamente boscato e con la presenza anche di abitazioni nella parte bassa. Le pendenze sono dell'ordine del 30% e non si riscontrano fenomeni di instabilità. In considerazione della posizione del tratto e per rispetto ambientale, esso verrà superato ricorrendo alla tecnologia trenchless, che permetterà di attraversare in subalveo nel tratto iniziale anche il corso d'acqua del T. Rio Grande.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 23 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



Figura 3.1/O - Vista aerea 3D del microtunnel Bosco (da Google Earth)

Il tracciato ridiscende quindi dal rilievo attraversando un paio di dolci vallecicole, per poi ritornare a percorrere aree pianeggianti di fondovalle (Valle Umbra) fino all'attraversamento del F. Chiascio. Nel tratto in esame esso ha andamento rettilineo con alveo inciso nel pacchetto alluvionale di 5÷6 m e sponde fissate dalla vegetazione; il suo attraversamento è previsto con tecnologia trenchless.



Figura 3.1/P1 – Attraversamento Rio Grande, E45, Strada Tiberina Nord



Foto 3.1/P2 – Attraversamento Rio Grande

Da PK 81+789 Fiume Chiascio a PK 96+742 Stazione Lancio e Ricevimento Pig Loc. La Pascina



Figura 3.1/R - Vista aerea 3D del tratto in esame - Linea rossa tracciato in progetto, verde condotta in dismissione

Nel tratto in esame il tracciato percorre la piana alluvionale Chiascio-Topino, del tutto pianeggiante e senza alcun elemento morfologico di rilievo. La direzione generale è WNW-ESE

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 24 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

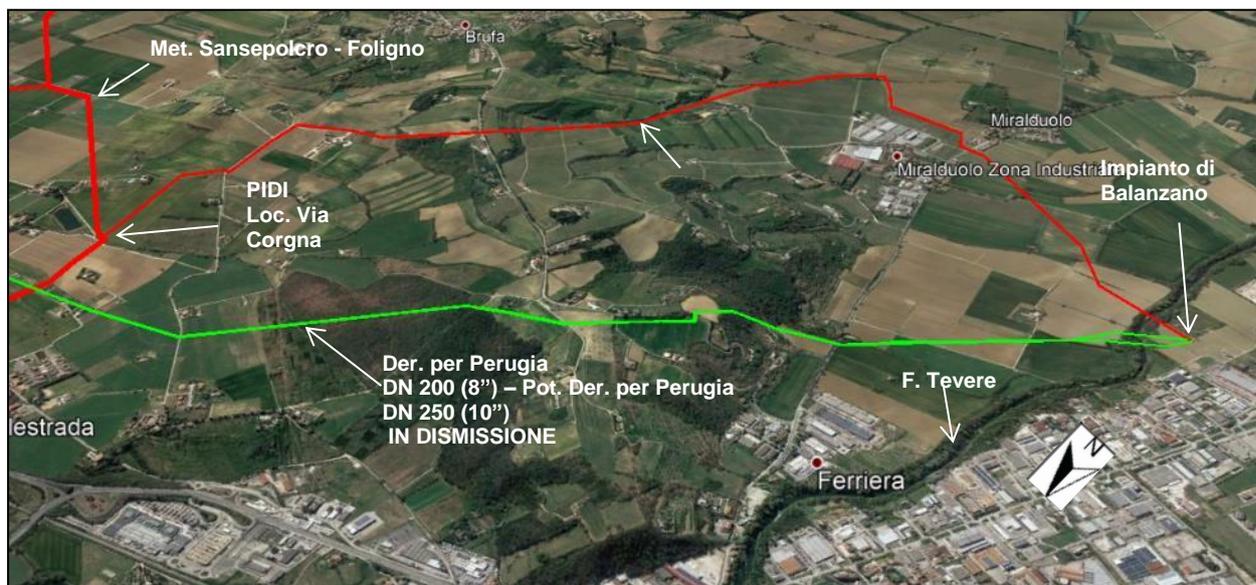
con andamento pressoché rettilineo, grazie all'assenza di centri abitati e di infrastrutture importanti.

Dal punto di vista geomorfologico il tratto in questione percorre per la maggior parte i depositi alluvionali dei fiumi Chiascio e Topino. Nella parte finale del tratto il metanodotto attraversa la conoide alluvionale del F. Topino.

Nella Valle Umbra, interessata dal tracciato, i terreni sono costituiti prevalentemente da depositi coesivi argillosi, che ricoprono terreni granulari ghiaiosi. Sono presenti anche intercalazioni di materiale grossolano di origine alluvionale, trasportato dal Chiascio e da altri torrenti minori che entrano nella Valle Umbra da N.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 25 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 3.2 Der. per Perugia DN 400 (16") – DP 75 bar



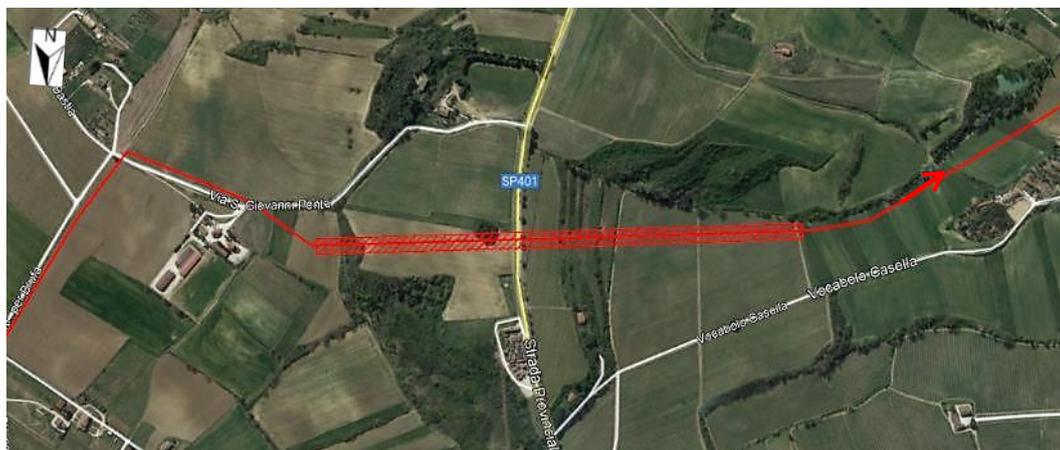
**Figura 3.2/A - Vista aerea 3D del tracciato in esame -** Linee rosse tracciati in progetto, verdi condotte in dismissione

Il metanodotto *Derivazione per Perugia DN 400 (16") – DP 75 bar*, con direttrice prevalente Est - Ovest e lunghezza complessiva di 6,210 km, ha origine nel Comune di Perugia (PG) dove si stacca dal *Met. Sansepolcro – Foligno DN 400 (16") – DP 75 bar*, in progetto al PK 76+260 e termina all'interno dell'area impiantistica di Balanzano.

Geomorfologicamente il tracciato del metanodotto ha inizio nella piana del Tevere, attraversa il rilievo collinare di Brufa e quindi ritorna nel fondovalle del Tevere per poi passarlo in subalveo con tecnologia trenchless in prossimità del punto di arrivo.

Il rilievo collinare che il metanodotto percorre rimanendo in posizione di massima pendenza e con una percorrenza in cresta è costituito da sabbie e sabbie cementate; esso ha dolce morfologia e non presenta problemi di instabilità nelle zone percorse dal tracciato.

La sommità di tale rilievo viene attraversata con tecnologia trenchless al fine di non arrecare danno alle colture viticole presenti.



**Figura 3.2/B - Attraversamento in TOC della sommità del rilievo**

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 26 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 3.3 All. Colussi Perugia Spa – DN 100 (4") – DP 75 bar

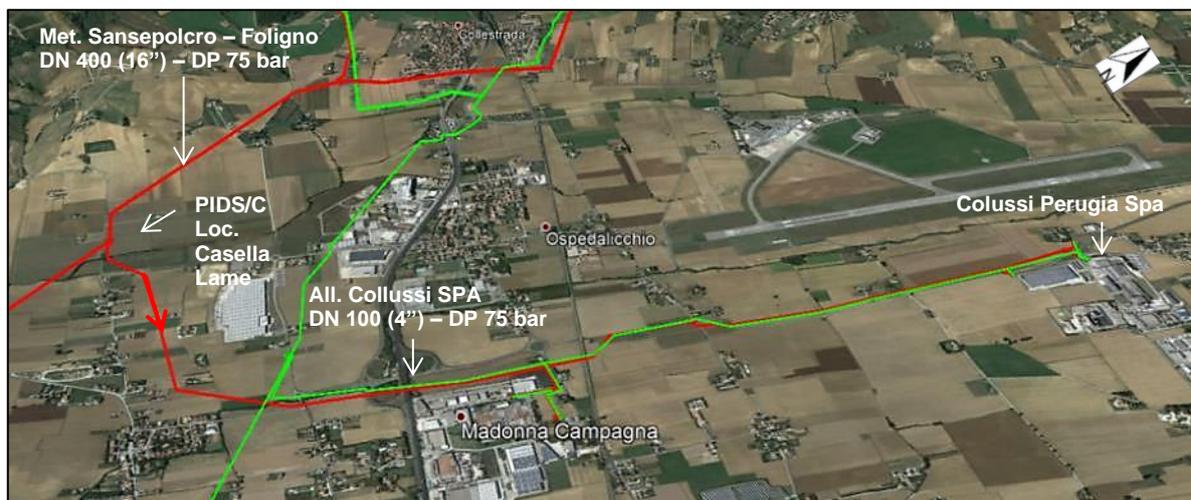


Figura 3.3/A - Vista aerea 3D del tracciato in esame (da Google Earth) (in verde i metanodotti esistenti da dismettere, in rosso tracciati in progetto)

Il tracciato del metanodotto *All. Colussi Perugia Spa – DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 5,406 km, ha origine dal Metanodotto *Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK km 77+574. Esso si dirige verso E per un tratto di circa 1 km lungo il quale attraversa la S.P. n. 247, per poi svilupparsi con andamento pressoché rettilineo verso N fino al termine. L'intero tracciato si posiziona in area pianeggiante nel fondovalle della Valle Umbra, su terreno costituito da depositi alluvionali di tipo limo-argilloso e non si riscontrano segni particolari di processi geomorfologici attivi.

### 3.4 Der. per S. Giustino DN 100 (4") – DP 75 bar

Il tracciato del metanodotto *Der. per S. Giustino DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 1,323 km, ha origine dal metanodotto *Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK km 10+844. L'intero tracciato si posiziona in area prevalentemente pianeggiante nel fondovalle tiberino.

I terreni che affiorano lungo il tracciato sono depositi alluvionali per un primo tratto di 500 m, successivamente entra all'interno di un corpo di conoide coalescente. Il Torrente Selci, il cui alveo è localizzato a circa 800 m in direzione nord-ovest, risulta l'unico elemento geomorfologico attivo.

### 3.5 All. Luxenia Umbro Tiberina DN 100 (4") – DP 75 bar

Il tracciato del metanodotto *All. Luxenia Umbro Tiberina DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 2,088 km, ha origine dal Metanodotto *Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK 70+588.

Geologicamente il tracciato percorre un primo tratto di circa 400 m su terreni afferenti alla Litofacies di Sant'Egidio, Sintema di Sonfagno rappresentata da limi e limi sabbiosi, successivamente si ubica sui depositi alluvionali del Tevere. Geomorfologicamente il tracciato si disloca ai margini di un leggero versante collinare nella zona in cui esso si raccorda al fondovalle, il quale degrada verso sud. Non sono presenti elementi attivi interferenti con il tracciato in progetto.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 27 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### **3.6 Der. per Bastia Umbra DN 150 (6") – DP 75 bar**

Il tracciato del metanodotto *Der. per Bastia Umbra DN 150 (6") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 3,095 km, ha origine dal *Met. Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK 83+065.

L'intero tracciato si posiziona in terreni alluvionali prevalentemente fini e anche dei depositi conoidali del F. Chiascio.

Geomorfologicamente l'area risulta pianeggiante e l'unico elemento attivo è legato alla dinamica del Fiume Chiascio che scorre, nel punto più vicino, a circa 60 m dal metanodotto il progetto.

Dalla linea del metanodotto *Der. per Bastia Umbra DN 150 (6") – DP 75 bar*, si staccano i seguenti metanodotti secondari:

- al PK 1+645 *All. Com. Assisi 3<sup>^</sup> Pr. DN 100 (4") – DP 75 bar*, L= 888 m
- al PK 2+975 *Ric.All. Olivi di Bastia Umbra DN 100 (4") – DP 75 bar*, L= 36 m
- al PK 3+070 *All. Com. di Bastia Umbra DN 100 (4") – DP 75 bar*, L= 102 m.

### **3.7 All. Com. Assisi 1<sup>^</sup> Pr. DN 100 (4") – DP 75 bar**

Il tracciato del metanodotto *All. Com. Assisi 1<sup>^</sup> Pr. DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 2,523 km, ha origine dal *Met. Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK 85+706.

L'intero tracciato si posiziona in area prevalentemente pianeggiante nel fondovalle della Valle Umbra, formata da depositi alluvionali per lo più fini.

Dalla linea del metanodotto *All. Com. Assisi 1<sup>^</sup> Pr. DN 100 (4") – DP 75 bar*, si stacca, il metanodotto *All. Ferro Italia DN 100 (4") – DP 75 bar*, L= 518 m.

### **3.8 All. Bonaca - Cannara DN 100 (4") – DP 75 bar**

Il tracciato del metanodotto *All. Bonaca - Cannara DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 2,184 km, ha origine dal *Met. Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK 89+964 in corrispondenza del PIDI Loc. Il Castellaccio.

L'intero tracciato si posiziona in area prevalentemente pianeggiante nel fondovalle della Valle Umbra in depositi alluvionali del fiume Topino. Non sono presenti aree censite ad instabilità di versante.

### **3.9 All. Ceramica Falcinelli DN 100 (4") – DP 75 bar**

Il tracciato del metanodotto *All. Ceramica Falcinelli DN 100 (4") – DP 75 bar*, di lunghezza complessiva pari a 2,325 km, ha origine dal *Met. Sansepolcro – Foligno* alla progressiva PK 92+45

L'intero tracciato si posiziona in area prevalentemente pianeggiante in terreni alluvionali del fondovalle della Valle Umbra.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 28 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 3.10 Peculiarità geomorfologiche delle aree collinari percorse dai tracciati

Come emerge dall'analisi geomorfologica dei tracciati di cui al punto precedente, il loro sviluppo si localizza per la grande maggioranza nel fondovalle Tiberino e della Valle Umbra, in ambiente del tutto pianeggiante.

Solamente in aree di ristretta estensione il tracciato del metanodotto principale *Met. Sansepolcro-Foligno* si colloca al di fuori del fondovalle, a causa dell'espansione urbanistica e infrastrutturale che lo occupa interamente, rendendo di fatto impraticabile la collocazione del metanodotto. Tali situazioni sono il corrispondenza dell'abitato di :

- Città di Castello (PK 21+200 ± PK 24+400)
- Umbertide (PK 43+000 ± 45+600).

Tra i tracciati dei vari metanodotti connessi col principale, solo quello del *Met. Derivazione per Perugia* attraversa rilievi collinari (PK 0+000 ± PK 3 + 000).

Nel seguito si descrivono singolarmente le caratteristiche geomorfologiche di tali situazioni.

#### 3.10.1 Città di Castello (PK 21+200 ÷ PK 24+400)

Il tracciato del Met. Sansepolcro Foligno, dopo aver percorso la piana alluvionale tiberina e la fascia pedecollinare per circa 21.2 km dal suo inizio, affronta per un tratto lungo circa 3.2 km un'area collinare costituita da depositi argillosi e clastici di ambiente lacustre/continentale.

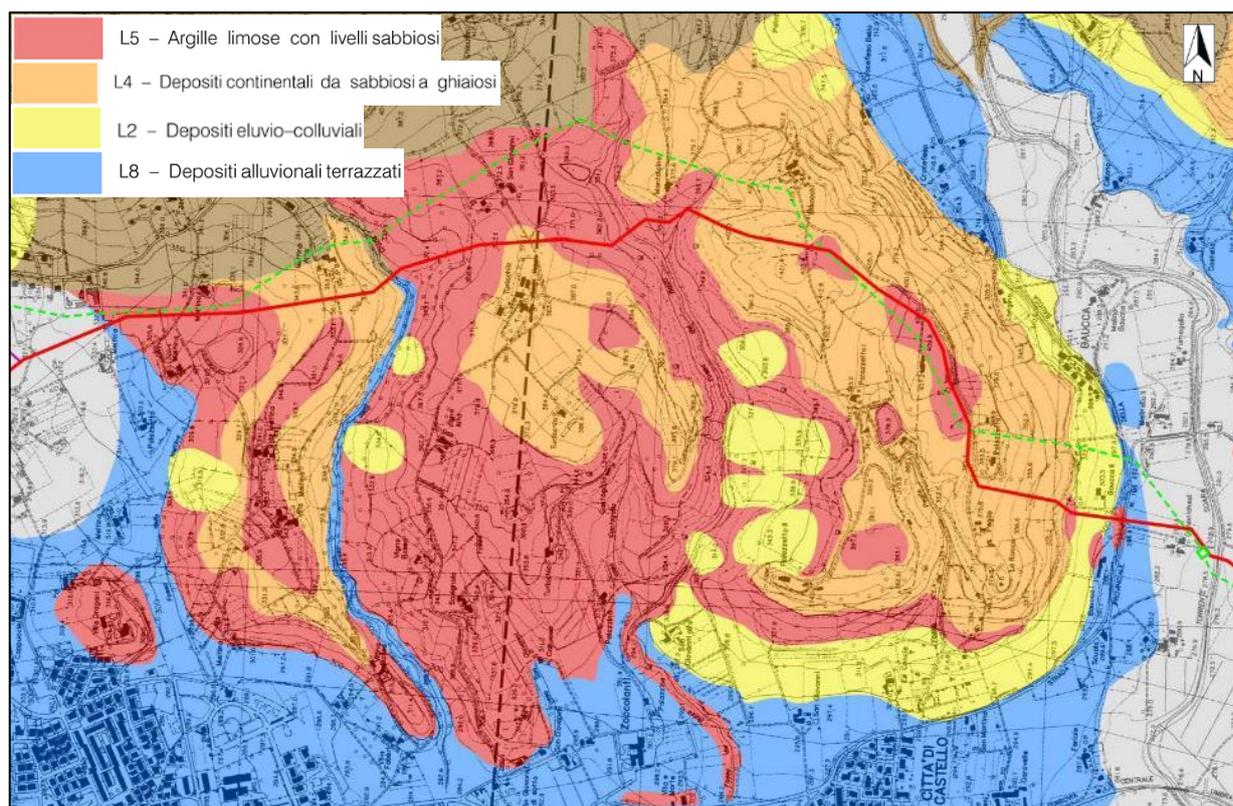


Figura 3.10.1/A – Carta Litotecnica del tratto intorno a Città di Castello  
(da Carta Litotecnica PG-CGL-001)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 29 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Sostanzialmente tale tratto è costituito dalle ultime propaggini collinari dei rilievi appenninici che digradano verso la piana del Tevere, compreso tra la valle del T. Scatorbia a NW e quella del T. Soara a SE.

Questo tratto è solcato da tre piccoli torrenti affluenti diretti del Tevere, Fosso della Croce, Fosso del Balzo e Fosso Peglio, i primi due dei quali molto incisi nei terreni a causa della loro recente età geologica (Pleistocene) e scarsa consistenza.

I versanti di tali incisioni, alti al massimo 30 m, si presentano molto acclivi e interessati, soprattutto nelle porzioni costituite dalle unità argillose, da fenomeni di instabilità censiti, nella maggior parte dei casi come frane di tipo scivolamento.

Il tracciato, seppur articolato in modo da evitare interferenze con le zone in dissesto, cartografate come aree a pericolosità da frana da PAI e da IFFI, si trova a dover attraversare tali incisioni vallive. Stante le loro caratteristiche geometriche non è stato possibile ricorrere a soluzioni trenchless, dovendosi pertanto utilizzare il metodo tradizionale dello scavo e posa a cielo aperto. In corrispondenza di tali tratti il progetto prevede interventi di stabilizzazione e sostegno, come rappresentato nel disegno di progetto DS-OP-001.

### 3.10.2 Umbertide (PK 43+000 ± 45+600).

Il tracciato del Met. Sansepolcro-Foligno, arrivato alle porte di Umbertide lungo il fondovalle in destra del F. Tevere, si trova costretto tra il fianco vallivo e il fiume, con la presenza di abitazioni, la strada statale S.S. n. 3 bis e la linea ferroviaria Centrale Umbra. Nel contempo non è ipotizzabile una localizzazione sulla sinistra del fiume, perché totalmente occupata dall'abitato di Umbertide.

In particolare due sono i tratti in cui il tracciato interessa il piede dei rilievi:

- da PK 43+000 a PK 44+350
- da PK 45+050 a PK 45+600.

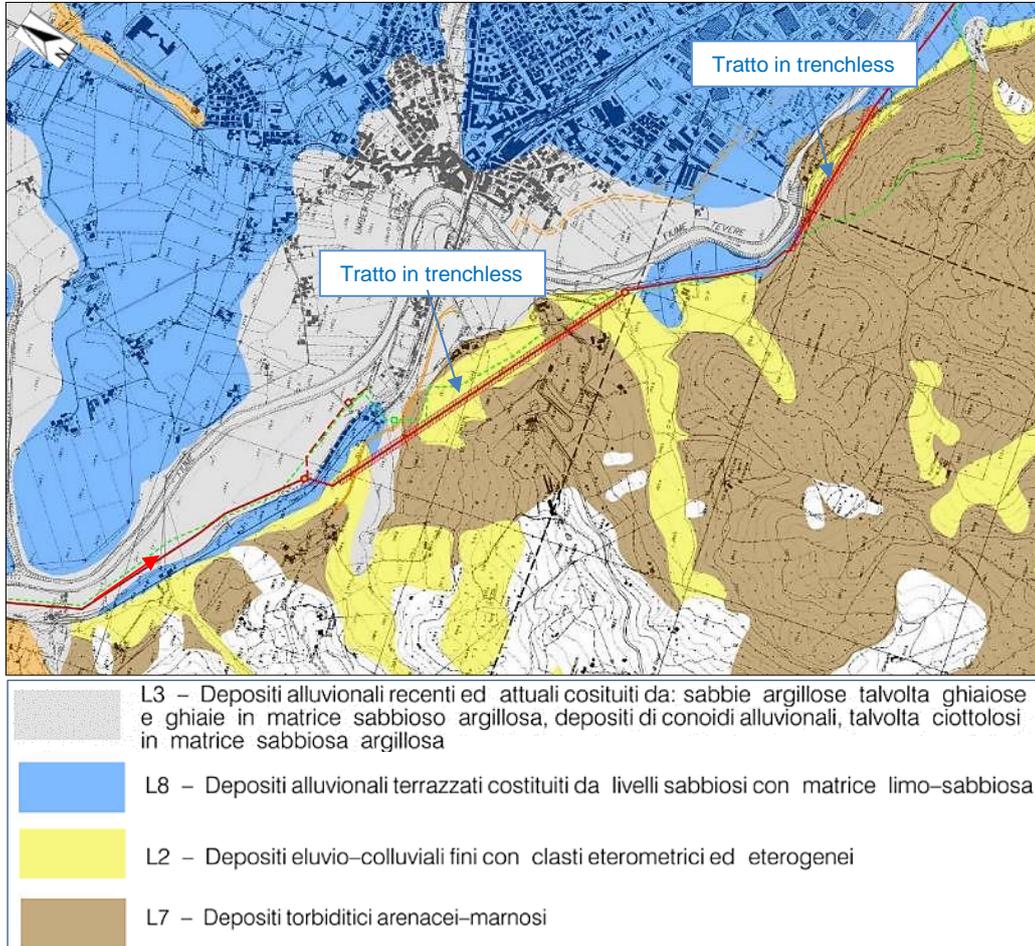
Per tale motivo il superamento di tali zone obbligate alla base del versante vallivo è stato previsto tramite il passaggio in profondità con l'impiego di due tratti in trenchless, separati da un tratto con scavo a cielo aperto.

Il versante è costituito dalle unità marnoso-arenacee della serie torbidaica umbra, in particolare della Formazione dello Schlier di età miocenica, ricoperta da coltri eluvio-colluviali anche di elevato spessore; nell'ambito del primo tratto sono segnalati da PAI/IFFI 3 fenomeni di instabilità con i quali il tracciato interferisce planimetricamente, di cui 2 in classe di pericolosità P3 ed una in classe P1:

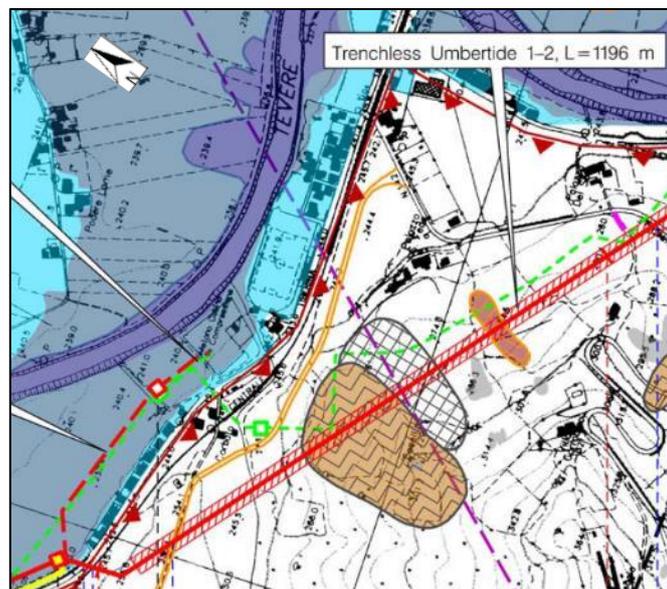
- 1 PK 43+402÷43+581: pericolosità P3, frana per scivolamento quiescente
- 2 PK 43+581÷43+666: pericolosità P1, frana per scivolamento, elemento presunto
- 3 PK 43+766÷43+797: pericolosità P2, frana per colamento presunta.

Le indagini e le analisi di stabilità effettuate - come di seguito riportato - sono state pertanto rivolte a verificare la profondità dei fenomeni di dissesto segnalati e in particolare la profondità dell'eventuale superficie di scivolamento, al fine di definire un profilo di trenchless adeguatamente profondo che non interferisca col corpo franoso.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 30 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 3.10.2/A – Carta Litotecnica del tratto intorno a Umbertide**  
(da Carta Litotecnica PG-CGL-001)



**Figura 3.10.2/B – Localizzazione frane PAI/IFFI** (da Carta PG-PAI-CGL-001)

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 31 di 82	<b>Rev.</b> 0

### 3.10.3 Perugia, loc. Pescara

Il tracciato del *Met. Derivazione per Perugia* attraversa il rilievo collinare, compreso tra Ponte San Giovanni (PG) e Torgiano (PK 0+000÷3+000), che separa la Valle Umbra dal fondovalle del Tevere.

Tale rilievo è costituito da depositi di età recente (Pleistocene inferiore) con argille, limi e limi sabbiosi prevalenti ed anche livelli sabbiosi.

In particolare nei tratti prossimi al tracciato alle progressive PK 0+000÷0+400 e PK 2+250 2+750 tali terreni nelle porzioni più superficiali e nelle coperture eluvio-colluviali danno luogo a fenomeni di scivolamento, come classificati da PAI/IFFI (v. Carta PG-PAI-GEO-002). Il tracciato è stato scelto in modo da non interferire coi processi in atto e comunque con le zone la cui morfologia denota attività pregressa, ricorrendo anche ad un lungo tratto in trenchless nel tratto PK 1+485 2+420.

Nel tratto iniziale del tracciato (PK 0+000÷0+400), seppur a debole pendenza, il pendio di risalita mostra sintomi di instabilità molto superficiale tipo creep in zona attigua ad una distanza minima di circa 40 m, segnalata dalla cartografia PAI come scivolamento di pericolosità P1 (v. Carta PG-PAI- GEO-002).

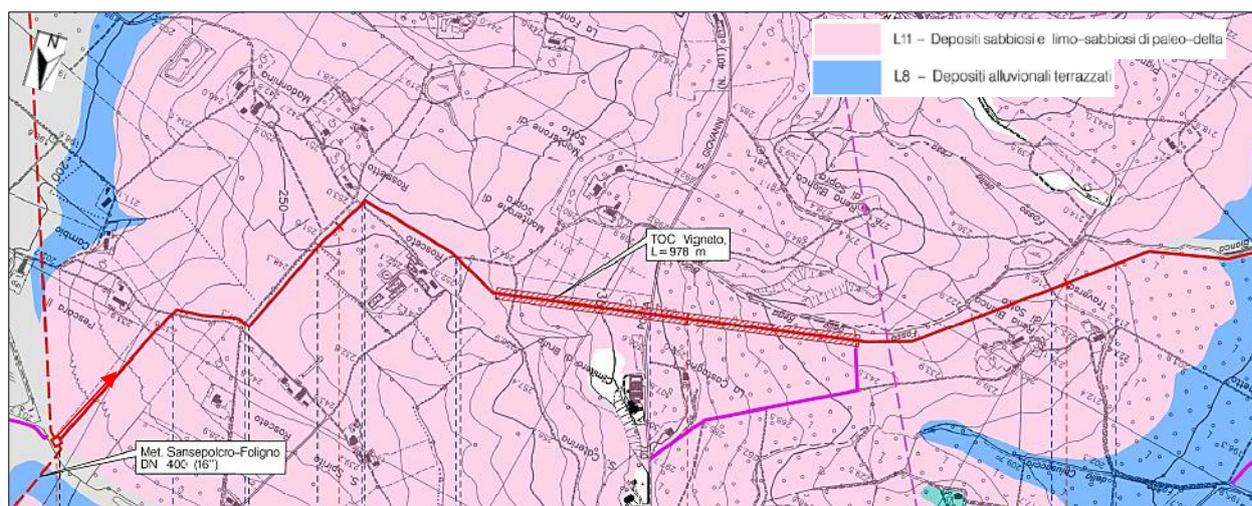


Figura 3.10.3/A – Carta Litotecnica del tratto collinare del Met. Der per Perugia

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 32 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 4 INTERAZIONE DELL'OPERA CON AREE A PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA PAI/IFFI

La pericolosità geomorfologica delle aree attraversate dai tracciati è stata valutata prendendo in considerazione quanto perimetrato negli elaborati del Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e nella cartografia relativa al progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) redatto dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), verificato ed integrato da sopralluoghi in campo lungo l'intero sviluppo dei tracciati.

La pericolosità idraulica è stata oggetto di uno studio separato riportato nella apposita Relazione di Compatibilità Idrologica-Idraulica del tracciato (Rel. LSC 130) e nelle singole relazioni di compatibilità con studio idraulico dei vari corsi d'acqua attraversati.

### 4.1 Interazione delle opere in progetto con il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e con il Progetto IFFI

Il Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale, in modo coordinato con i programmi nazionali, regionali e sub-regionali di sviluppo economico e di uso del suolo, sono pianificate e programmate le azioni e norme d'uso finalizzate ad assicurare in particolare la difesa del suolo rispetto al dissesto di natura idraulica e geologica, nonché la gestione del demanio idrico e la tutela degli aspetti ambientali ad esso connessi.

Allo scopo di predisporre ed appovare il Piano di Assetto Idrogeologico, sono state istituite dalla legge 183/1989 le Autorità di Bacino (nazionali, interregionali e regionali). Successivamente la legge 267/1998 (cosiddetta *legge Sarno*, a seguito delle calamità che hanno colpito la zona) e la legge 365/2000 (cosiddetta *legge Soverato*, anch'essa a seguito della relativa alluvione) hanno modificato e specificato le procedure per la realizzazione e l'adozione dei piani di assetto idrogeologico, fissandone le scadenze.

Il D.L. 152/2006 ha istituito i Distretti Idrografici e successivamente il D.M. 25 ottobre 2016 ha soppresso le Autorità di Bacino trasferendone le funzioni alle Autorità di Bacino Distrettuali Idrografici.

Il territorio in studio, rientrando interamente nell'ambito del bacino idrografico del F. Tevere, fa parte dell'area che era di competenza dell'Autorità interregionale del Tevere e che attualmente ricade in quella di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale.

Il Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), elaborato dall'Autorità di bacino del F. Tevere, riporta nella *Carta Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazioni a Rischio da Frana* la localizzazione dei singoli fenomeni censiti, la loro tipologia e il relativo stato di attività.

Per le aree di versante interessate da dissesto per movimenti gravitativi individuate nel suddetto inventario dei fenomeni franosi e non incluse nell'elaborato "*Atlante delle situazioni di rischio frana*" (come nessuna delle aree interferite dal tracciato), l'attribuzione del livello di pericolosità viene condotta in modo semplificato facendo ricorso alla tabella di correlazione riportata all'art. 9bis del Decreto n.18/2018 dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, riportata nella seguente figura 4.1/A.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 33 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Livello di pericolosità		Stato di attività	Tipo di fenomeno
P4	<b>pericolosità molto elevata</b>	fenomeno attivo	frana per crollo o ribaltamento; <i>debris flow</i> (colata di detrito); - orlo di scarpata di frana
P3	<b>pericolosità elevata</b>	fenomeno attivo	frana per scivolamento; frana per colamento; frana complessa; area con franosità diffusa; area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV); area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso; frana non cartografabile.
		fenomeno quiescente	frana per crollo o ribaltamento; frana per scivolamento; frana per colamento; frana complessa; area con franosità diffusa; area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV); <i>debris flow</i> (colata di detrito); orlo di scarpata di frana; frana non cartografabile.
P2	<b>pericolosità media</b>	fenomeno attivo	Falda e/o cono di detrito; area a calanchi di erosione
		fenomeno quiescente	Falda o cono di detrito
		fenomeno inattivo	frana per crollo o ribaltamento; frana per scivolamento; frana per colamento; frana complessa; area con franosità diffusa; area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV); <i>debris flow</i> (colata di detrito); orlo di scarpata di frana; frana non cartografabile
P1	<b>pericolosità bassa</b>	fenomeno inattivo	Falda o cono di detrito
		fenomeno presunto	frana per scivolamento; frana per colamento; frana complessa; falda e/o cono di detrito; <i>debris flow</i> (colata di detrito); frana presunta; orlo di scarpata di frana

**Figura 4.1/A – Tabella di “prima attribuzione della pericolosità”**  
(da Decreto n. 18/2018 di AdB distrettuale Appennino Centrale)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 34 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Sempre secondo il suddetto decreto n. 18/2018 alle diverse aree di pericolosità si applicano le previsioni di cui agli art. 11, 14 e 15, con le seguenti corrispondenze:

- aree a pericolosità P4 (pericolosità molto elevata): Art. 14 delle NTA, classe di rischio R4
- aree a pericolosità P3 (pericolosità elevata): Art. 15 delle NTA, classe di rischio R3
- aree a pericolosità P2 (pericolosità media): Art. 11 delle NTA, classe di rischio R2
- aree a pericolosità P1 (pericolosità mediocre): Art. 11 delle NTA, classe di rischio R1.

Le aree intercettate dal tracciato in progetto ricadono dal punto di vista della pericolosità geomorfologica nelle classi P4, P3, P2 e P1.

Si precisa che le classi P4 e P2 interferite dal tracciato non sono relative a fenomeni franosi, ma solamente a “*Falde e/o cono di detrito attivo*” e “*Falde e/o cono di detrito quiescente*”, rispettivamente.

Le aree a pericolosità P4 sono normate dall’Art. 14, il quale prevede:

**Art. 14. Limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio R4**  
**2** Nelle zone individuate a rischio molto elevato per fenomeni franosi, identificate come R4, fatto salvo quanto previsto all’art. 4, commi 2, e ferme restando le limitazioni poste in essere dall’autorità regionale competente in materia di pubblica incolumità, sono ammessi esclusivamente:  
 .....  
 e) gli interventi non altrimenti localizzabili per nuove infrastrutture a rete ed impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali agli edifici, alle infrastrutture ed alle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie;  
 .....  
**3** Gli interventi di cui alle lettere c), d) ed e) del comma 2 sono sottoposti alla preventiva autorizzazione dell’autorità competente.

Le aree a pericolosità P3 sono normate dall’Art. 15, il quale prevede:

**Art. 15. Limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio R3**  
 ....sono ammessi esclusivamente :  
 a) tutti gli interventi consentiti nelle zone a rischio molto elevato di cui all’art. 14, commi 2 e 3;  
 .....

Le aree a pericolosità P2 e P1 sono normate dall’Art. 11, il quale prevede:

**Art. 11. Disciplina delle aree a rischio R1 ed R2**  
 ..... La realizzazione di opere è condizionata alla redazione di studi di dettaglio delle condizioni geomorfologiche delle aree che verifichino le compatibilità tra le opere previste e le condizioni di pericolo esistenti. ....

L’inventario IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) è il primo sistema informativo territoriale a scala nazionale, realizzato dall’ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, che fornisce un quadro completo ed aggiornato della distribuzione dei fenomeni franosi nel territorio italiano, secondo procedure standardizzate. L’inventario ha censito ad oggi 620.606 fenomeni franosi che interessano un’area di circa 23.700 km<sup>2</sup>, pari al 7.9% del territorio nazionale. In particolare L’inventario ha censito ad oggi 620.606 fenomeni franosi che interessano un’area di

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 35 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

circa 23.700 km<sup>2</sup>, pari al 7.9% del territorio nazionale. In particolare per la regione Umbria i dati sono aggiornati al 2017.

I vari fenomeni sono classificati secondo le varie tipologie di movimento come indicato nella seguente tabella.

Cod tipo	tipologia
0	n.d.
1	Crollo/Ribaltamento
2	Scivolamento rotazionale/traslativo
3	Espansione
4	Colamento lento
5	Colamento rapido
6	Sprofondamento
7	Complesso
8	DGPV
9	Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
10	Aree soggette a sprofondamenti diffusi
11	Aree soggette a frane superficiali diffuse

**Tabella 4.1/A: Classificazione IFFI dei movimenti franosi**

I tratti di interferenza da parte dei metanodotti in progetto con le zone di pericolosità geomorfologica cartografate sia da PAI che nel progetto IFFI vengono elencati nella seguente tabella (v. Tabella ).

Denominazione	Da km	a km	Percorr. km	Comune
<b>Metanodotto Sansepolcro – Foligno DN 400 (16") – DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	9+334	9+638	0+304	San Giustino (PG)
Falda e/o cono inattivo – P1	16+014	16+792	0+778	Città di Castello (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	16+792	17+218	0+426	
	17+652	20+258	2+606	Umbertide (PG)
	36+217	36+299	0+082	
Falda e/o cono attivo – P2	36+754	36+927	0+173	Montone (PG)
	36+927	36+954	0+027	
Falda e/o cono attivo – P2	38+044	38+122	0+078	
Frana per scivolamento quiescente – P3 IFFI 2	43+402	43+581	0+179	Umbertide (PG)
Frana per scivolamento - elemento presunto – P1	43+581	43+666	0+085	
Frana per colamento quiescente – P3 IFFI 4	43+766	43+797	0+031	
Frana complessa - elemento presunto – P1	44+481	44+826	0+345	
Falda - cono attivo – P2	75+753	75+801	0+048	Perugia (PG)
	76+204	76+221	0+017	
	96+733	96+742	0+009	Spello (PG)
Falda - cono attivo – P2	PIDA/D Loc. Poggio S. Benedetto			
Falda - cono attivo – P2	Stazione L/R loc. La Pasciana			

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 36 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Denominazione	Da km	a km	Percorr. km	Comune
<b>Der. Per Perugia DN 400 (16") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	2+969	3+397	0+428	Perugia (PG)
<b>Der. per S. Giustino DN 100 (4") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono inattivo – P1	0+710	1+239	0+529	San Giustino (PG)
	1+239	1+323	0+084	Città di Castello (PG)
<b>Ric. All. Piccini Paolo DN 100 (4") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	0+000	0+057	0+057	Città di Castello (PG)
	PIDS/C loc. Titta			
<b>All. Com. Città di Castello 1^ Pr. DN 100 (4") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	0+000	0+081	0+081	Città di Castello (PG)
<b>All. Officine Selci DN 100 (4") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono inattivo – P1	0+000	0+030	0+030	San Giustino (PG)
	PIDA/C loc. Ospedalichio			
<b>All. Nardi Francesco e figli Spa DN 100 (4") - DP 75 bar</b>				
Falda e/o cono inattivo – P1	0+000	0+424	0+424	Città di Castello (PG)
	PIDA loc. Cerbara			

**Tabella 4.1/B - Elenco delle interferenze con aree a pericolosità geomorfologica, cartografate da PAI e IFFI**

Dall'elenco sopra riportato emerge che le frane interferite dal tracciato sono 4, tutte nel comune di Umbertide: di queste 2 sono a pericolosità P3 (1 per scivolamento alla PK 43+402, l'altra, molto piccola, per colamento alla PK 43+766), le altre 2 a pericolosità P1 alle PK 43+581 e 44+481, *elemento presunto* (di cui la prima rappresenta un'estensione di quella a pericolosità P3). Le prime 3 aree a pericolosità geomorfologica vengono attraversate in profondità con installazione tramite trenchless.

In corrispondenza di questo areale con frane segnalate a pericolosità PAI/IFFI sono state svolte indagini geognostiche e geofisiche, sulla base dei cui risultati sono state effettuate specifiche valutazioni sulla stabilità dei versanti interessati.

Le altre zone di interferenza PAI/IFFI sono tutte relative alla classe *falda /cono di detrito*, in parte considerati attivi (P2), in parte inattivi (P1).

Nelle aree classificate di falda/cono di detrito è emerso che la morfologia e la costituzione litologica superficiale di tali aree sono ascrivibili in effetti a processi di modellamento e deposizione, principalmente da parte di corsi d'acqua allo sbocco dalle valli montane in pianura (conoidi alluvionali) e subordinatamente derivanti dal trasporto e accumulo detritico alla base dei rilievi (fasce di detrito).

Ma tali processi risultano oggi del tutto diffusamente inattivi; gli alvei dei vari torrenti e rii che scendono dai rilievi in piano risultano ben definiti ed incisi, talora regolati e protetti da opere idrauliche, e non presentano rischi di tracimazione e divagazione. Lo conferma anche la presenza nell'areale attraversato di infrastrutture viarie, di abitati, di attività antropiche varie (attività colturali in particolare) che non mostrano alcun segnale di coinvolgimento da parte di processi di

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 37 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

erosione/deposizione/divagazione (processi legati a fenomeni tipo debris flow) né tantomeno di accumulo di detrito dai versanti in tempi recenti.

Si ritiene pertanto che la condotta del metanodotto, del tutto interrata con una copertura minima di 1.5 m, non possa soffrire di alcuna problematica nell'attraversare tali aree segnalate da PAI come "Falda e/o cono di detrito".

A titolo di esempio si riporta qui di seguito (v. Fig. 4.1/B) uno stralcio (PK 17+850±19+700) della carta PAI con riportata un'area di pericolosità P2 da falda/cono di detrito (area puntinata) in confronto con l'immagine aerea Google (v. Fig. 4.1/C), dalla quale si può osservare come l'areale segnalato a pericolosità da falda/cono di detrito risulta attualmente interessato da zone industriali, da abitazioni e da strade, anche importanti e come non si evidenziano processi attivi in tal senso. Anche i sopralluoghi estesi a tale area hanno portato ad escludere la presenza di pericolosità dovuta a tale tipo di processo.

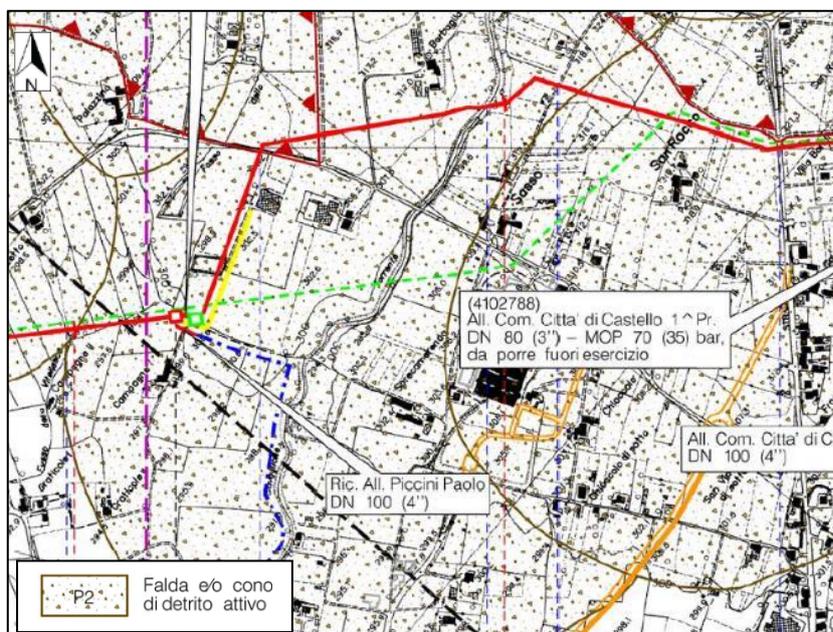


Figura 4.1/B – Stralcio della carta con pericolosità PAI (da PG-PAI-GEO-001)



Figura 4.1/C – Immagine Google dell'area di cui allo stralcio di Fig. 4.1/B

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 38 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

#### 4.2 Interazione delle opere in rimozione con il PAI e il Progetto IFFI

Anche per i metanodotti in rimozione *Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 72 (35) bar*, *Der. Per Perugia DN 200 (8") - MOP 70 bar* e altri metanodotti connessi sono state individuate le interferenze sia con le aree a pericolosità geomorfologica cartografate nel PAI che con le frane IFFI. Esse sono elencate nella seguente tabella (vedi Tabella 4.2/A).

Denominazione	Da km	a km	Percorr. km	Comune
<b>Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") - MOP 70 (35) bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	9,239	9,547	0,308	San Giustino (PG)
Falda e/o cono inattivo – P1	15,888	16,576	0,688	Città di Castello (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	16,576	17,091	0,515	
Falda e/o cono attivo – P2	17,391	19,634	2,243	
Frana per colamento quiescente – P3 IFFI 7	19,634	19,797	0,163	
Frana per scivolamento - elemento presunto – P1	21,612	21,689	0,077	
Frana complessa quiescente – P3 IFFI 7	21,910	22,002	0,092	
Frana per scivolamento - elemento presunto – P1	22,621	22,687	0,066	
Frana per scivolamento - elemento presunto – P1	23,715	23,744	0,029	Umbertide (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	38,644	38,945	0,301	
Frana per scivolamento quiescente – P3 IFFI 2	42,54	42,686	0,146	
Frana per scivolamento - elemento presunto – P1	42,718	42,849	0,131	
Frana per scivolamento quiescente – P3 IFFI 4	42,952	42,99	0,038	
Frana complessa – elemento presunto – P1	43,696	44,043	0,347	
Falda e/o cono attivo – P2	45,389	45,535	0,146	Spello (PG)
Falda e/o cono inattivo – P1	94,000	94,066	0,066	
	94,066	94,324	0,258	Foligno (PG)
<b>Der. Per Perugia DN 200 (8") - MOP 70 bar</b>				
Frana per scivolamento quiescente – P3 IFFI 2	3,368	3,482	0,114	Torgiano (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	3,947	4,381	0,434	
<b>Pot. Der. per Perugia DN 250 (10") - MOP 70 bar</b>				
Frana per scivolamento quiescente – P3 IFFI 2	3,394	3,508	0,114	Torgiano (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	3,976	4,412	0,436	
<b>Der. per S. Giustino DN 80 (3") - MOP 70 bar</b>				
Falda e/o cono inattivo – P1	0,822	1,348	0,526	San Giustino (PG)
<b>All. Nardi Francesco e figli Spa DN 80 (3") - MOP 70 bar</b>				

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 39 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Denominazione	Da km	a km	Percorr. km	Comune
Falda e/o cono inattivo – P1	0,000	0,392	0,392	San Giustino (PG)
Falda e/o cono inattivo – P1	PIDS/C n. 4102290/1			
Falda e/o cono inattivo – P1	PIDA n. 4102290/2			
<b>All. Piccini Paolo DN 100 (4") - MOP 70 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	0,000	0,073	0,073	Città di Castello (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	PIDS/C n.14463/1			
<b>All. Com. Città di Castello 1<sup>a</sup> Pr. DN 80 (3") - MOP 70 bar</b>				
Falda e/o cono attivo – P2	0,000	0,278	0,278	Città di Castello (PG)
Falda e/o cono attivo – P2	PIDS n.4102778/1			
Falda e/o cono attivo – P2	PIDA/D n.4102778/2			

**Tabella 4.2/A - Elenco delle interferenze dei tracciati in rimozione con aree a pericolosità PAI e IFFI**

In tali tratti di rimozione si adotteranno particolari precauzioni al fine di non creare perturbazione all'equilibrio esistente, influenzando negativamente sulla stabilità dei versanti.

Innanzitutto si dovrà operare in periodi siccitosi, quando il terreno nello strato superficiale non sarà saturo e pertanto meglio sopporterà scavi, che dovranno rimanere aperti per il minor tempo possibile. Essi saranno contenuti in profondità, fino alla messa a giorno della tubazione da rimuovere, non oltre. Inoltre si dovrà procedere a campioni, per tratti di limitata lunghezza, provvedendo al completo rinterro della trincea di scavo prima di andare avanti. Si dovranno utilizzare mezzi meccanici leggeri e piste ristrette.

A rinterro ultimato si provvederà a ripristinare perfettamente la geometria ante operam, dando continuità ad eventuali fossi e canalizzazioni delle acque; nei tratti a maggior pendenza, soprattutto in presenza di terreni granulari, si potrà stabilizzare la superficie con opere di ingegneria naturalistica, quali fascinate e palizzate.

#### **4.3 Interferenze delle opere in progetto con aree a pericolosità da frana: indagini geognostiche**

L'individuazione delle aree di pericolosità geomorfologica è stata operata, come sopra riportato, sovrapponendo il tracciato di progetto con la cartografia PAI "Carta Inventario dei Fenomeni Franosì e Situazioni a Rischio da Frana" e con la localizzazione delle frane del catalogo IFFI.

I sopralluoghi e i rilievi lungo il tracciato hanno quindi permesso di caratterizzare la morfologia dei siti e in particolare delle aree in cui si sono segnalati fenomeni di instabilità a pericolosità PAI/IFFI. Hanno inoltre consentito di pianificare una campagna di indagini in corrispondenza delle aree instabili comprensiva di sondaggi geognostici, rilievi geofisici e prove di laboratorio geotecnico (v. Carta Tracciato di Progetto con Ubicazioni Indagini Geognostiche PG-TPSO-001). Sulla base dei dati in tal modo acquisiti si è potuto ricostruire il modello stratigrafico e geotecnico dei vari siti.

I sondaggi geognostici hanno permesso l'esecuzione delle prove in foro SPT (Standard Penetration Test) la cui elaborazione consente di ricavare i parametri di resistenza e di elasticità del terreno. Si è potuto inoltre prelevare campioni di terreno, sia indisturbati che rimaneggiati, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico per analisi granulometriche, di consistenza e di resistenza al taglio.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 40 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

La campagna geognostica è stata estesa a tutto il tracciato del metanodotto al fine di definire la stratigrafia dei terreni e i relativi parametri geotecnici in corrispondenza dei punti significativi relativi a problematiche fondazionali, di attraversamento di corsi d'acqua e di stabilità dei versanti. Essa ha comportato l'esecuzione delle seguenti indagini (v. LSC-118 e relativi allegati):

- 61 sondaggi geognostici
- 10 prove penetrometriche dinamiche
- 16 prove geofisiche MASW
- 3 prove Down Hole
- 3 prove geofisiche HVSR
- 11 profili sismici

In particolare in corrispondenza dei vari siti di pericolosità geomorfologica classificati da PAI/IFFI sono state eseguite le indagini elencate nella tabella sotto riportata la cui ubicazione figura sulla Carta PG-TPSO-001.

	Comune	Località	Progressiva	Indagini e prove eseguite
<i>Met. Sansepolcro-Foligno</i>				
5	Umbertide	Trenchless Umbertide	43+402 – 43+797	Sondaggio n. 28, Geosismica G10, lab. geot.
6	Umbertide	Loc. Caldarelli	44+482 – 44+826	Sondaggio n. 30, Geosismica G11, lab. geot.

**Tabella 4.3/A – Indagini eseguite in corrispondenza delle aree a pericolosità geomorfologiche**

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 41 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 5 CARATTERISTICHE DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

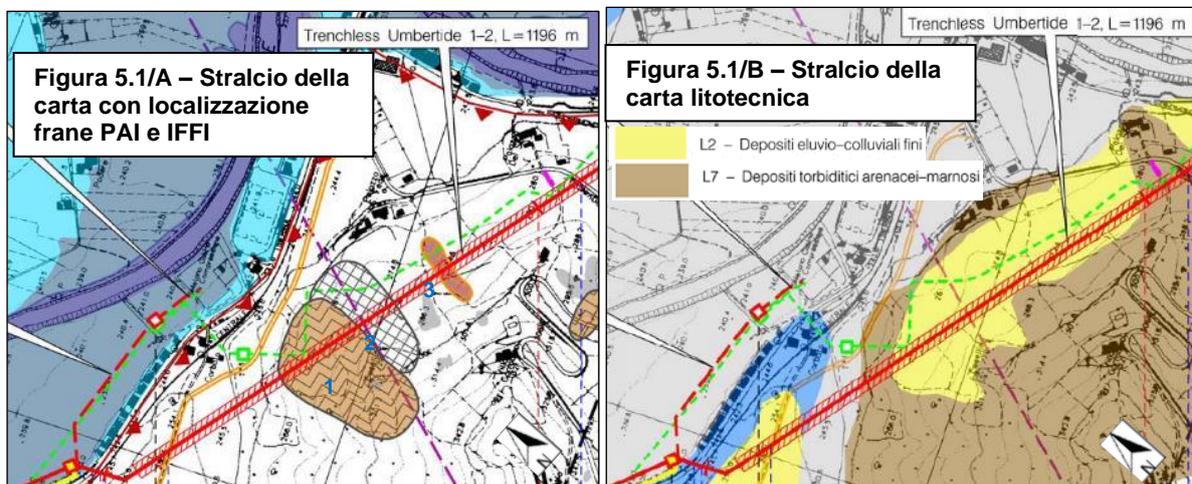
### 5.1 Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (PK 43+402 ÷ 43+797)

Il tracciato nel tratto di fondovalle del F. Tevere all'altezza di Umbertide, a causa dell'estesa urbanizzazione della piana, è costretto in destra idrografica nella fascia pedemontana, alla base dei rilievi collinari.

Nel tratto in esame, dove sono segnalate zone di pericolosità geomorfologica PAI/IFFI, il tracciato è stato posizionato in profondità tramite installazione con metodologia trenchless al fine di non interferire con tali fenomeni e posizionarsi in modo sicuro al di sotto degli eventuali livelli di scorrimento.

Le aree segnalate a pericolosità geomorfologica (v. Fig. 5.5/A) sono le seguenti (ordinate in senso gas):

- frana per scivolamento quiescente, pericolosità P3 (contrassegnata come frana 1 in figura 5.1/A) (PK 43+402÷43+581)
- frana per scivolamento, elemento presunto, pericolosità P1 (frana 2) che costituisce un'estensione laterale della precedente (PK 43+581÷43+666)
- frana per colamento quiescente, pericolosità P3 (frana 3) (PK 43+766÷43+797).



La situazione stratigrafica del sito vede la presenza del substrato roccioso, costituito dalla formazione marnosa dello Schlier appartenente alla successione Marnoso-Arenacea Umbra di età Miocenica, ricoperto da una coltre eluvio-colluviale prevalentemente argillo-limosa con clasti. La coltre ha spessore variabile in funzione dell'andamento del substrato roccioso che in talune zone si vede affiorante (v. Fig. 5.1/C), come alla base del poggio su cui sorge l'abitazione nell'ambito della frana n.1.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 42 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 5.1/C – Foto dell'affioramento del substrato marnoso con indicazione del punto di ripresa**

Per caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente il pendio sono state eseguite indagini dirette e indirette, come di seguito specificato, la cui ubicazione è riportata in Fig. 5.1/D:

- 1 sondaggio geognostico (S28) ubicato nell'ambito della frana 1, profondo 35 m (cerchio rosso)
- 1 stendimento geosismico a rifrazione (G8) lungo 320 m (linea tratteggiata blu).

Stante la situazione di sostanziale uniformità litologica, data dalla presenza del substrato roccioso marnoso con copertura eluvio-colluviale, tali indagini si sono ritenute sufficienti per la caratterizzazione dei tre fenomeni di instabilità segnalati da PAI/IFFI nella zona.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 43 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

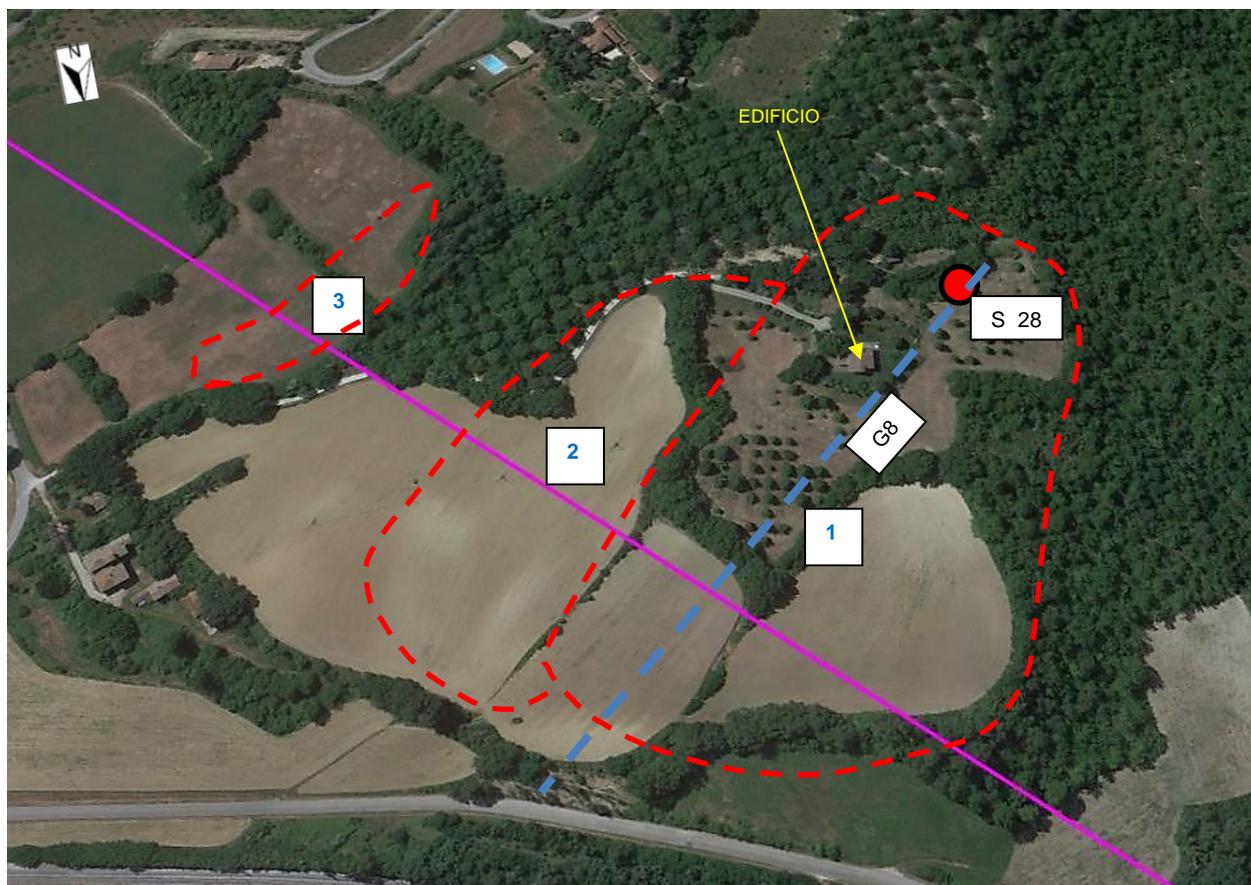


Figura 5.1/D – Immagine aerea con localizzazione delle aree di instabilità PAI/IFFI e delle indagini effettuate

Il sondaggio S 28, eseguito nell'ambito del pendio cartografato a pericolo da frana "quiescente" n. 1, ha evidenziato la seguente stratigrafia sintetica:

n.	Profondità [m]		Descrizione ]
1	0.0	13.6	Argilla e argilla limosa con rari clasti, consistente
2	13.6	35.0	Roccia marnosa, a tratti fratturata

I rilievi geosismici sono consistiti in uno stendimento di lunghezza 320 m orientato lungo la massima pendenza della frana 1 con lo scopo di registrare sia le onde primarie Vp che le onde secondarie Vs.

I modelli di velocità mostrano che i valori di velocità delle onde sismiche P sono comprese tra 372 m/s e 3080 m/s, mentre quelli delle onde S tra 98 m/s e 988 m/s.

Le variazioni di velocità sono principalmente verticali, correlate con il diverso stato di alterazione, addensamento e compattezza dei terreni investigati e alla presenza ad una certa profondità del substrato marnoso; ma anche nel senso longitudinale per la presenza di un innalzamento del substrato fino ad affiorare, presso la base del poggio su cui sorge un'abitazione.

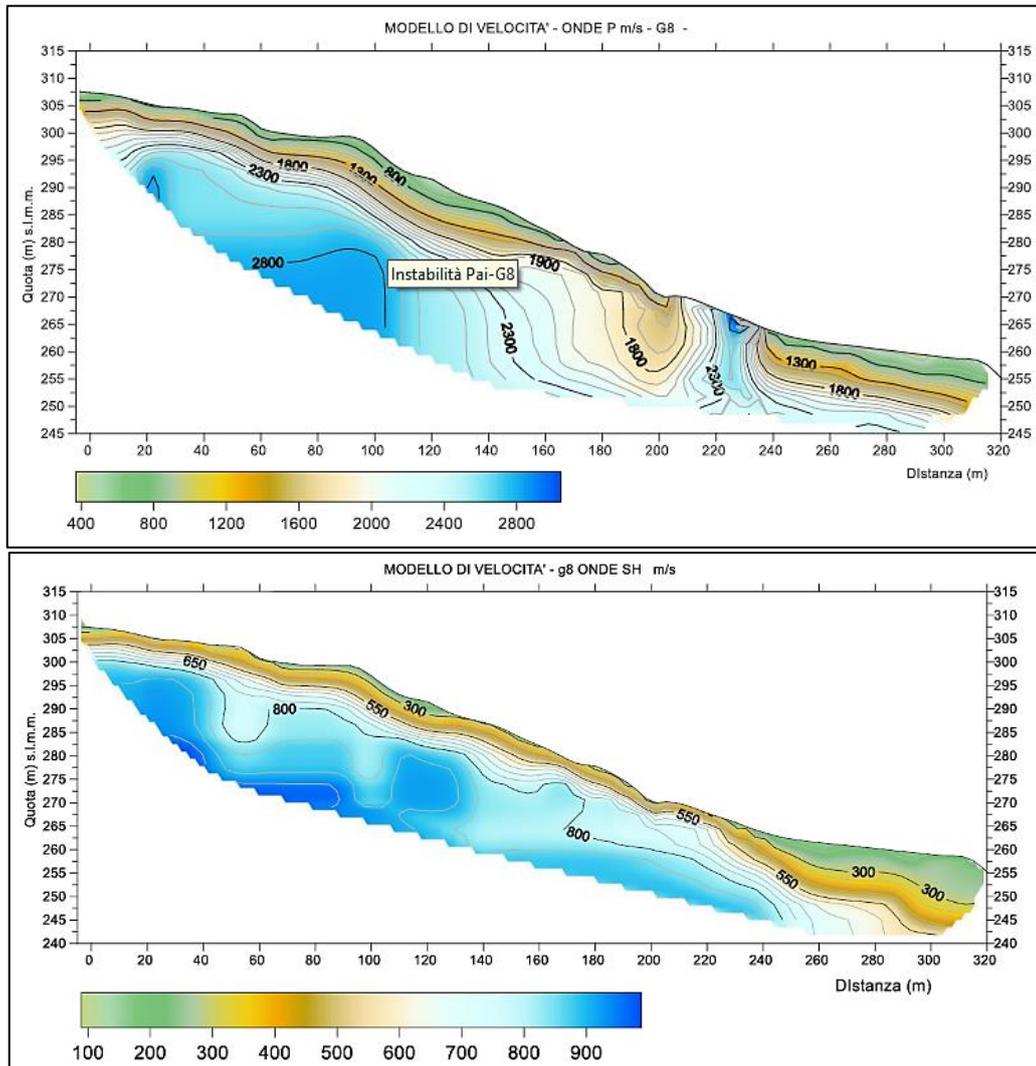
Dal punto di vista sismo-stratigrafico l'area può essere ricondotta ad un modello di sottosuolo costituito da uno strato superficiale di alterazione e meno consistente che ricopre il substrato il cui grado di compattezza e di resistenza aumenta con la profondità ( $V_s > 350$  m/s). Tale passaggio è evidenziato da un tratteggio in colore blu nella sezione sismostratigrafica riportata in figura 5.1/E. In rosso viene indicato il limite che marca il passaggio a terreni rigidi. Nella parte bassa del

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 44 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

pendio si registrano maggiori spessori di copertura (eluvio-colluviale con probabilmente anche materiale alluvionale dei terrazzi del Tevere).

Per il tratto oggetto di verifica di stabilità il valore medio delle  $V_{s,eq}$  risulta pari a 419 m/s e pertanto il sottosuolo è da considerare in categoria B (in accordo con NTC 2018).

Nella figura si riportano i grafici dei modelli di velocità delle onde P e delle onde S, nonché l'interpretazione sismostratigrafica.



	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 45 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

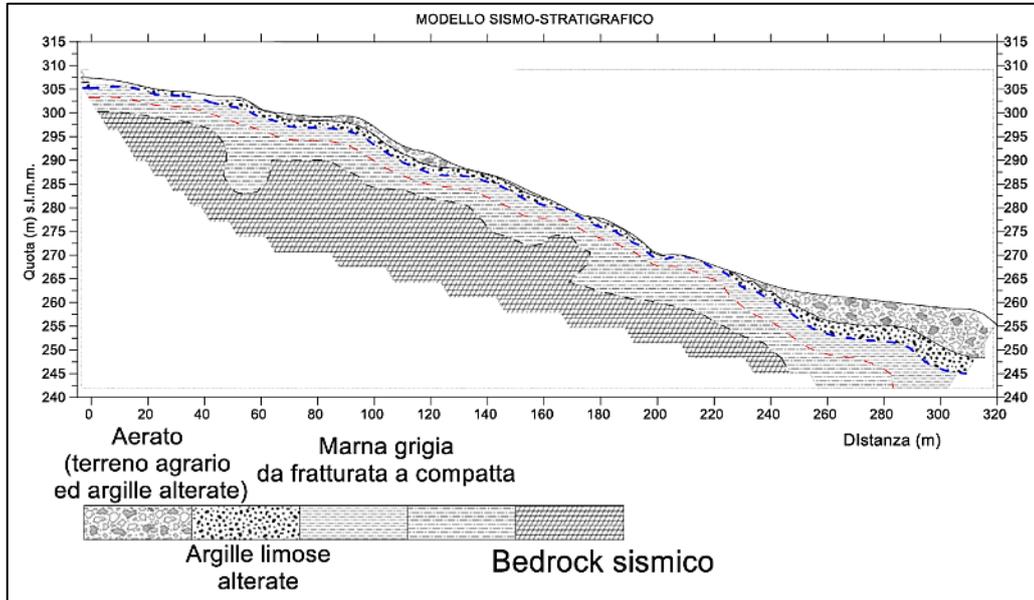


Figura 5.1/E – Modello di velocità delle onde P e S e interpretazione sismostratigrafica

Inoltre sulla base della velocità delle onde  $V_s$  è stata derivato il valore della resistenza al taglio come rappresentato in figura 5.5/E.

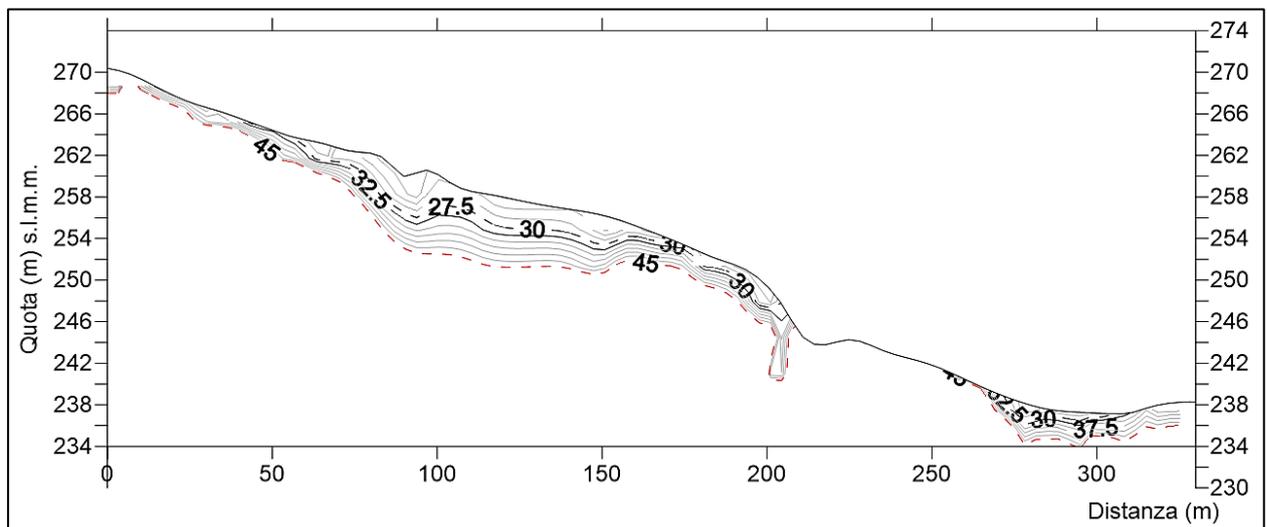


Figura 5.1/F – Valore dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità lungo il profilo

## 5.2 Met. Sansepolcro Foligno, località Caldarelli (PK 44+460 ÷ 44+810)

Terminato il tratto di trenchless Umbertide 1-2, il tracciato prosegue in parallelismo con la strada S.P. n. 170 in destra idrografica del Tevere interferendo con un'area cartografata da PAI come frana complessa ("elemento presunto"), cui si attribuisce il livello di pericolosità P1.

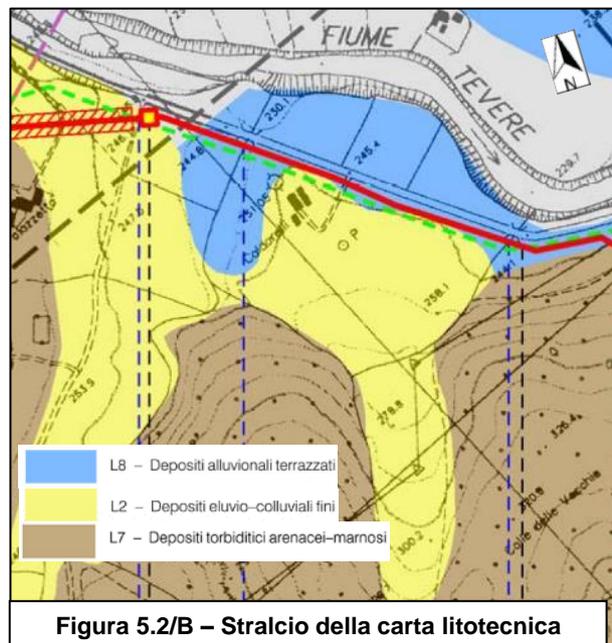
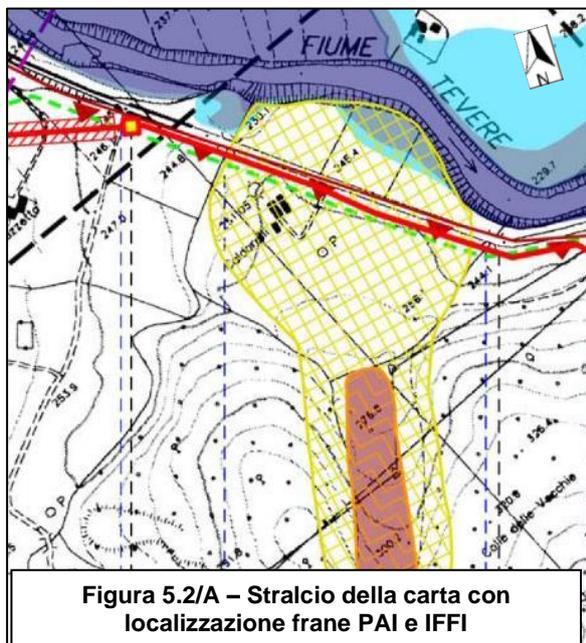
La morfologia del sito con un'ampia zona convessa a forma planimetrica subcircolare che si spinge fino al Tevere indica la possibile presenza di un paleo-accumulo di frana proveniente dall'impiuvio allungato che si trova a monte, compreso tra i rilievi collinari in destra e in sinistra,

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 46 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

costituiti da roccia marnosa costituito dalla formazione marnosa dello Schilier appartenente alla successione Marnoso-Arenacea Umbra di età Miocenica.

Dai rilievi eseguiti non sono stati riscontrati segni di attività recente; anzi la presenza sia di costruzioni abitative non recenti (loc. Caldarelli) nel mezzo del presunto accumulo, che della strada statale al suo piede prive di danneggiamenti ascrivibili a movimenti franosi, testimoniano che l'area in esame, seppur di possibile genesi da movimento gravitativo, è da ritenersi attualmente stabilizzata. Anche la tubazione del metanodotto Sansepolcro-Foligno collocata decenni orsono lungo l'intero tratto, pur frequentemente controllata, non ha mai evidenziato deformazioni imputabili a movimenti da frana.

Inoltre le debolissime pendenze nel senso della massima pendenza dell'ordine di 5° fanno ritenere improbabile la (ri)attivazione di un movimento gravitativo.



	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 47 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 5.2/D – Presenza di edifici nella zona di presunto accumulo di frana**



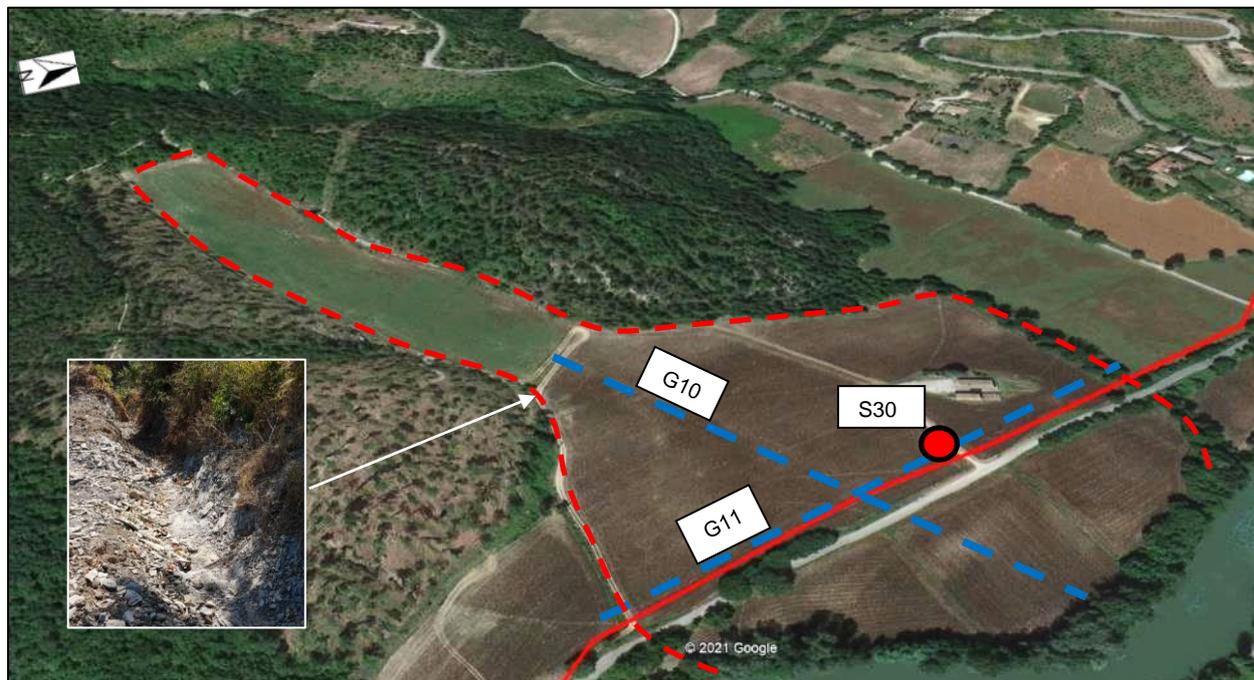
**Figura 5.2/E – Strada S.P. 170 al piede dell'area (linea rossa: tracciato metanodotto)**

Per caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente il pendio sono state eseguite indagini dirette e indirette, come di seguito specificato, la cui ubicazione è riportata in Fig. 5.6/F:

- 1 sondaggio geognostico (S30) ubicato nell'ambito dell'area cartografata a pericolosità da frana, profondo 10 m (cerchio rosso)
- 2 stendimenti geosismici a rifrazione, di cui uno in massima pendenza e lungo 330 m (G10) ed un altro parallelo al tracciato lungo 400 m (G11) (linea tratteggiata blu).

Dai sopralluoghi è anche emerso che la roccia del substrato marnoso si trova affiorante ai bordi dell'area franosa, come si evidenzia nel riquadro della foto in Fig. 5.2/F.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 48 di 82	<b>Rev.</b> 0



**Figura 5.2/F – Localizzazione indagini geognostiche e geofisiche**  
(riportata foto dell'affioramento roccioso e sua ubicazione)

Il sondaggio S30, eseguito nell'ambito del pendio cartografato a pericolo da frana "quiescente", ha evidenziato la seguente stratigrafia sintetica:

n.	Profondità [m]		Descrizione ]
1	0.0	2.4	Ghiaia e ciottoli in matrice argillo-sabbiosa
2	2.4	4.5	Argilla deb. sabbiosa con ghiaia
3	4.5	9.0	Sabbia e limo con rari clasti
4	9.0	10.0	Argilla limosa sabbiosa con clasti

I rilievi geosismici sono consistiti in due stendimenti, dei quali uno in direzione di massima pendenza (G10) e l'altro ortogonale al primo e parallelo al tracciato (G11) con lo scopo di registrare sia le onde primarie  $V_p$  che le onde secondarie  $V_s$ .

Per lo stendimento G10 i modelli di velocità mostrano che i valori di velocità delle onde sismiche P sono comprese tra 267 m/s e 3195 m/s, mentre quelli delle onde S tra 118 m/s e 997 m/s.

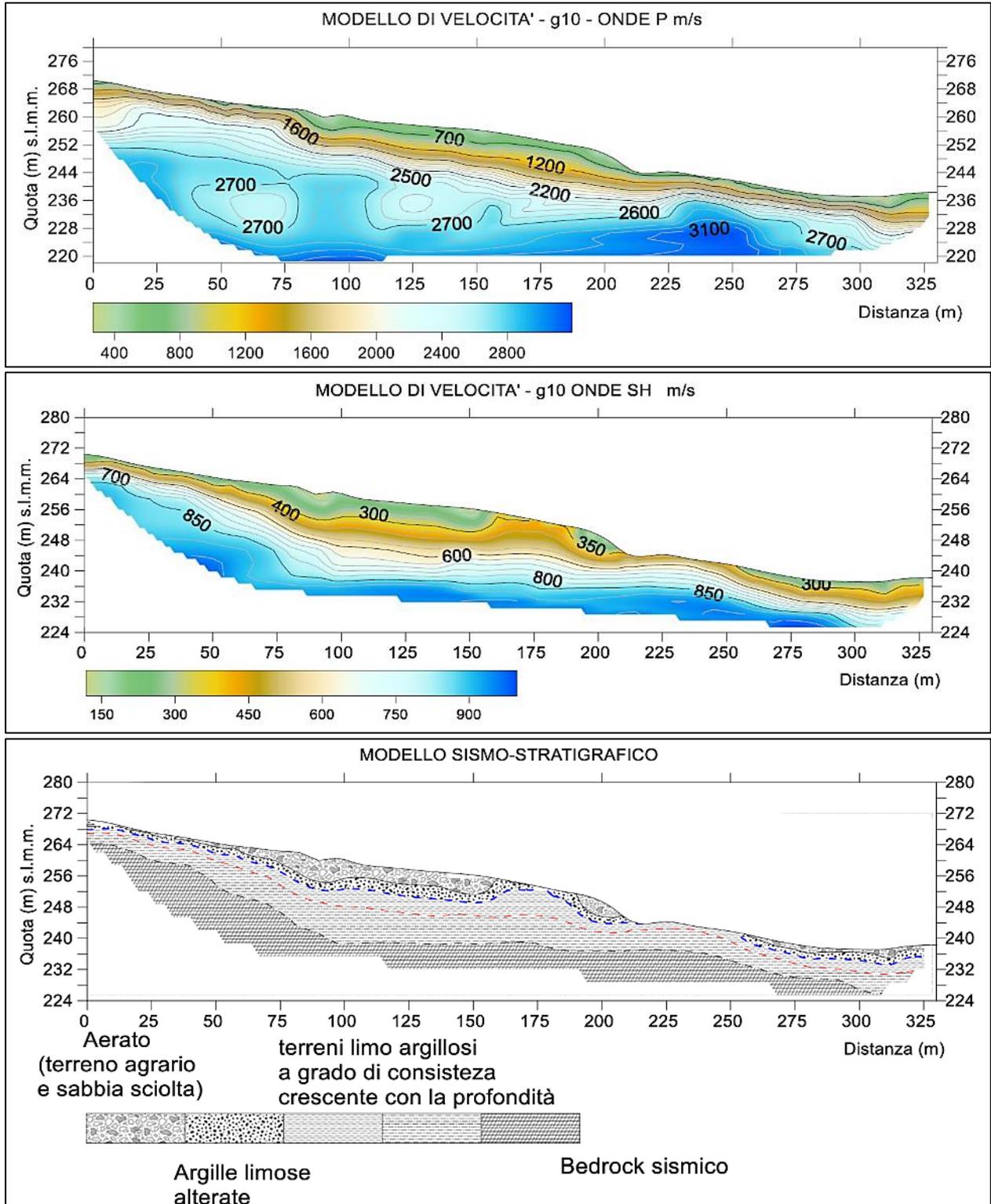
Le variazioni di velocità sono principalmente verticali, correlate con il diverso stato di alterazione, addensamento e compattezza dei terreni.

Dal punto di vista sismostratigrafico l'area può essere ricondotta ad un modello di sottosuolo costituito da uno strato superficiale di alterazione e meno consistente che ricopre il substrato il cui grado di compattezza e di resistenza aumenta con la profondità ( $V_s > 350$  m/s). Tale passaggio è evidenziato da un tratteggio in colore blu nella sezione sismostratigrafica riportata in figura 5.2/G. In rosso viene indicato il limite che marca il passaggio a terreni rigidi. Nella parte bassa del pendio si registrano maggiori spessori di copertura (eluvio-colluviale con probabilmente anche materiale alluvionale dei terrazzi del Tevere).

Per il tratto oggetto di verifica di stabilità il valore medio delle  $V_{s,eq}$  risulta pari a 416 m/s e pertanto il sottosuolo è da considerare in categoria B (in accordo con NTC 2018).

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 49 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Nella figura si riportano i grafici dei modelli di velocità delle onde P e delle onde S, nonché l'interpretazione sismostratigrafica.



**Figura 5.2/G – Modello di velocità delle onde P e S e interpretazione sismostratigrafica dello stendimento G10 in massima pendenza**

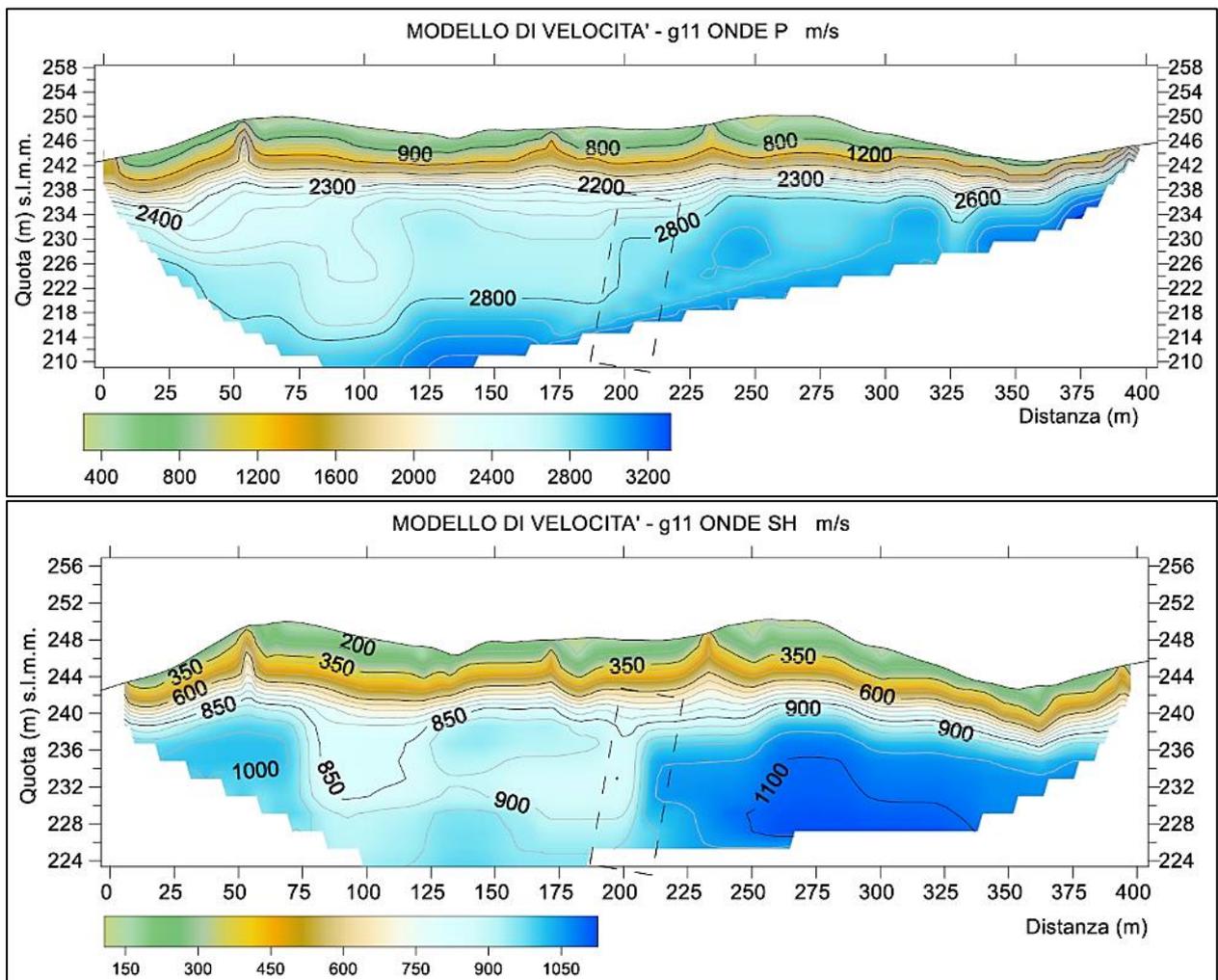
	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 50 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Per lo stendimento G11 i modelli di velocità mostrano che i valori di velocità delle onde sismiche P sono comprese tra 337 m/s e 3305 m/s, mentre quelli delle onde S tra 106 m/s e 1125 m/s. Le variazioni di velocità sono principalmente verticali in superficie, correlate con il diverso stato di alterazione, addensamento e compattezza dei terreni, mentre si registra una variazione di velocità laterale in profondità.

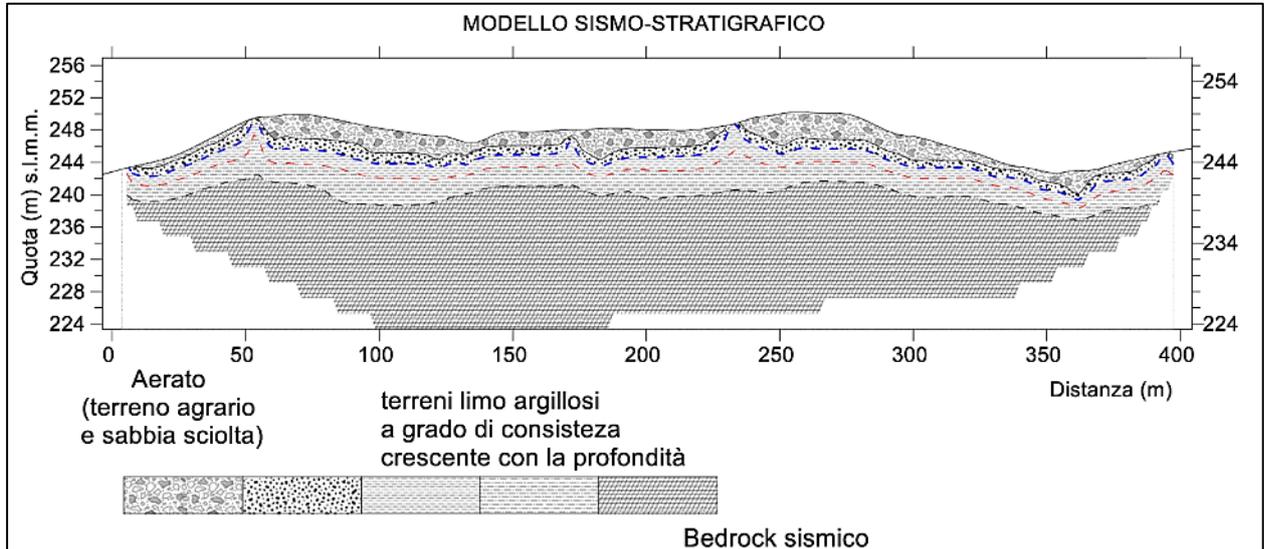
Dal punto di vista sismostratigrafico l'area può essere ricondotta ad un modello di sottosuolo costituito da uno strato superficiale di alterazione e meno consistente che ricopre il substrato il cui grado di compattezza e di resistenza aumenta con la profondità ( $V_s > 350$  m/s). Tale passaggio è evidenziato da un tratteggio in colore blu nella sezione sismostratigrafica riportata in figura 5.2/H. In rosso viene indicato il limite che marca il passaggio a terreni rigidi.

Per il tratto oggetto di verifica di stabilità il valore medio delle  $V_{s,eq}$  risulta pari a 491 m/s e pertanto il sottosuolo è da considerare in categoria B (in accordo con NTC 2018).

Nella figura si riportano i grafici dei modelli di velocità delle onde P e delle onde S, nonché l'interpretazione sismostratigrafica.

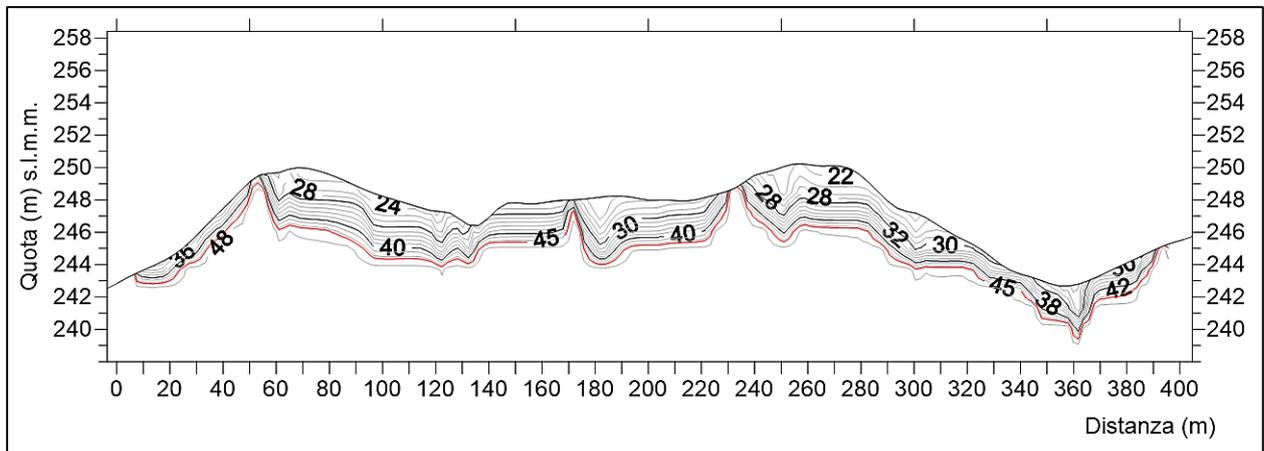


	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 51 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 5.2/H – Modello di velocità delle onde P e S e interpretazione sismostratigrafica dello stendimento G11 parallelo al tracciato**

Inoltre sulla base della velocità delle onde Vs è stata derivato il valore della resistenza al taglio come rappresentato in figura 5.2/I.



**Figura 5.2/I – Valore dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità lungo il profilo**

Dalle indagini eseguite si ritiene che lo spessore del presunto paleo-accumulo di frana possa arrivare a 8-10 m, con notevoli variazioni soprattutto lungo il profilo in massima pendenza. Nella parte bassa dell'accumulo, trasversalmente alla massima pendenza, le variazioni sono più contenute e il substrato più consistente si trova sui 4-5 m.

Stanti le caratteristiche morfologiche dell'area e soprattutto la sua limitata pendenza, nonché l'assenza di indizi di attività recente, si ritiene che l'area in generale e la zona attraversata dal tracciato sia da considerarsi stabile. Per essa comunque sono state condotte verifiche di stabilità geotecniche anche in caso di sisma.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 52 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 6 VERIFICHE DI STABILITÀ

Il tracciato del metanodotto, prescelto tra le varie alternative analizzate, è quello che offre le maggiori garanzie realizzative e di minor impatto in termini paesaggistici ed idrogeologici.

Esso si snoda per la quasi totalità del suo sviluppo lungo il fondovalle della valle dell'Alto Tevere e della Valle Umbra in zone assolutamente pianeggianti, nelle quali pertanto non sussistono problematiche relative alla stabilità di versante.

Solamente nell'intorno di Umbertide (PK 43+402 e PK 44+826), relativamente al metanodotto principale Sansepolcro-Foligno, il tracciato interferisce con aree segnalate da PAI/IFFI a pericolosità geomorfologica sia P3 che P1.

Comune	Località	Progressiva	Pericolosità	Tipo di fenomeno presunto
<i>Met. Sansepolcro-Foligno</i>				
Umbertide	Trenchless Umbertide 1-2	43+402÷43+581	P3	Scivolamento
		43+581÷43+666	P1	Elemento presunto
		43+766÷43+797	P3	Colamento
	Loc. Caldarelli	44+481÷44+826	P1	Elemento presunto

**Tabella 6/A – Situazioni di interferenza del tracciato con aree a pericolosità da frana (PAI/IFFI)**

Tra quelle sopra elencate, le prime tre situazioni di interferenza con zone di pericolosità PAI/IFFI vengono superate dal tracciato tramite l'adozione della metodologia trenchless che permette l'installazione della condotta ad una profondità tale da passare in assoluta sicurezza al di sotto degli spessori interessati dai presunti movimenti franosi nell'ambito del substrato roccioso.

Per la quarta situazione di interferenza (area P1) il tracciato l'attraversa con tecnica tradizionale del cielo aperto; ma come di seguito argomentato si esclude possibile coinvolgimento della condotta da parte di movimenti franosi.

Allo scopo sono state eseguite analisi di stabilità in condizioni statiche ed anche dinamiche dei pendii attraversati, finalizzate a verificare le condizioni di stabilità dei siti attraversati e la profondità delle possibili superfici di scivolamento.

Il modello stratigrafico e i parametri geotecnici utilizzati per le verifiche sono stati scelti sulla base delle indagini effettuate e delle evidenze in campo.

Per le verifiche in campo dinamico, si è ricorsi a verifiche di tipo pseudostatico utilizzando i parametri sismici derivanti dalla pericolosità sismica di base per le singole localizzazioni tenendo in conto il fattore di amplificazione al sito in funzione della categoria di sottosuolo e del fattore topografico (in accordo con NTC 2018).

Nel seguito si riportano le analisi eseguite per le singole situazioni e i risultati ottenuti.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 53 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 6.1 Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (PK 43+420 ÷ 43+800)

Il tratto di tracciato nella zona in oggetto interferisce planimetricamente con delle aree di pericolosità da frana, così come cartografate da PAI/IFFI, delle quali la più estesa è classificata come frana di scivolamento quiescente, cui è attribuito un livello di pericolosità P3.

La condotta viene tuttavia installata con metodologia trenchless ad elevata profondità, appunto con lo scopo di passare a livelli inferiori alla posizione della possibile superficie di scivolamento. A tale scopo si è ritenuto opportuno eseguire delle verifiche di stabilità lungo una sezione rappresentativa in massima pendenza, ortogonale al tracciato del metanodotto posato in profondità.

Le verifiche lungo tale sezione, ubicata nell'ambito dell'area a pericolosità da frana di maggior dimensione, si ritengono significative anche in relazione alle altre due aree, in considerazione della finalità delle verifiche stesse tese ad evidenziare come la quota di posa della condotta tramite metodo trenchless è ampiamente inferiore ad eventuali superfici di scivolamento.

La sezione utilizzata per la verifica di stabilità, di lunghezza pari a 350 m, è ubicata come nello stralcio di figura 6.1/A

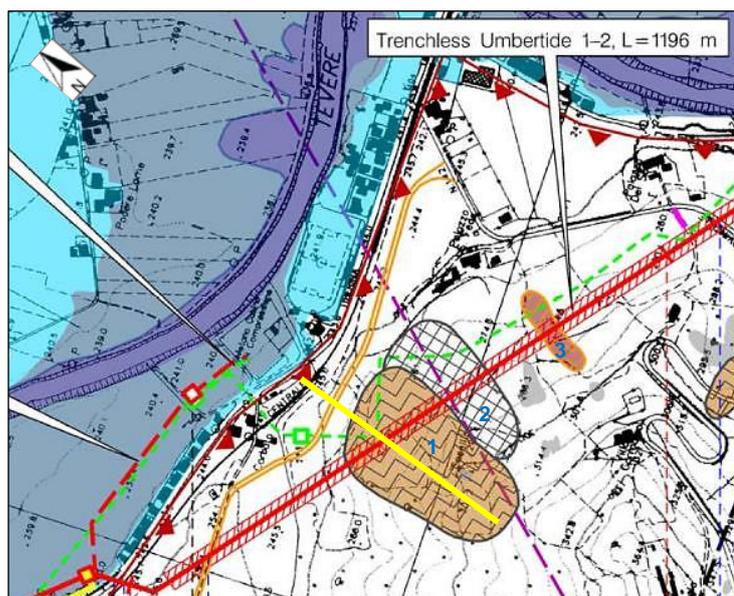


Figura 6.1/A – Localizzazione della verifica (linea gialla)

### 6.1.1 Assunzioni di calcolo

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito è stata desunta dall'indagine effettuata lungo il versante, costituita da 1 sondaggio geognostico (S 28) e da uno stendimento geosismico. La stratigrafia è rappresentata da un substrato marnoso ricoperto da uno strato eluvio-colluviale di spessore assai variabile lungo il profilo con spessori che per la maggior parte del profilo sono compresi tra 5 e 10 m.

Strato	Terreno	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
1	Argilla e argilla limosa con rari clasti, consistente	18	20	20	0
2	Roccia marnosa, a tratti fratturata	19	21	35	100

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 54 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Per lo strato di copertura la resistenza al taglio è stata prudenzialmente assunta in dipendenza del solo parametro attritivo. Inoltre la superficie piezometrica, al fine di sicurezza, è stata supposta in posizione superficiale, a -1 m dal piano campagna.

La caratterizzazione dei parametri di pericolosità sismica è stata desunta, tramite il soft Geostru PS, dalla tabella B delle NTC 2018 e rapportati al sito considerando il fattore di amplificazione stratigrafica (sottosuolo di categoria B) e topografica (Categoria T1).

I coefficienti sismici in tali ipotesi sono i seguenti.

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Stato limite	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
Operatività (SLO)	1,200	1,420	1,000	0,023	0,011	1,114	0,200
Danno (SLD)	1,200	1,420	1,000	0,034	0,017	1,404	0,240
Salvaguardia della vita (SLV)	1,140	1,390	1,000	0,086	0,043	3,022	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	1,070	1,380	1,000	0,102	0,051	3,559	0,280

### 6.1.2 Risultati

Sono state eseguite analisi di stabilità lungo il profilo in massima pendenza sia con ricerca della superficie circolare più instabile che lungo superfici di scivolamento parallele al pendio ritenute più verosimile e più instabili, al limite inferiore dello strato di copertura: una che coinvolge l'intero pendio, l'altra solo la metà superiore. Per ciascun tipo di analisi si sono condotte analisi in condizioni sia statiche che dinamiche, supponendo la superficie piezometrica in posizione molto superficiale, ad 1 m dal p.c..

Dalle verifiche si sono ottenuti i seguenti risultati:

-superficie circolare più instabile, profondità corticale:

condizioni statiche:  $F_s = 1.41$

condizioni pseudostatiche  $F_s = 1.00$

-superficie di scivolamento parallela al pendio, profondità massima 10 m:

condizioni statiche: sup. 1  $F_s = 2.08$  sup. 2  $F_s = 2.67$

condizioni pseudostatiche sup. 1  $F_s = 1.33$  sup. 2  $F_s = 1.73$

I risultati ottenuti evidenziano che il pendio è in buone condizioni di equilibrio anche delle coltri più superficiali in assenza di sisma, condizioni che peggiorano (nella parte alta del pendio) fino al limite della instabilità in ipotesi di terremoto ma solo per deboli profondità, dell'ordine del metro.

Invece scivolamenti più profondi, pur nel caso di coinvolgimento dell'intero pacchetto di copertura del substrato marnoso dell'ordine di 10 m, mostrano fattori di sicurezza soddisfacenti anche in caso dinamico.

La condotta, posata tramite tecnologia trenchless a profondità dell'ordine di 40 m nell'ambito del substrato roccioso, viene a trovarsi sicuramente al di sotto di eventuali superfici di scivolamento e pertanto è da ritenersi assolutamente sicura.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 55 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Nelle figure seguenti si riportano i grafici output delle verifiche.

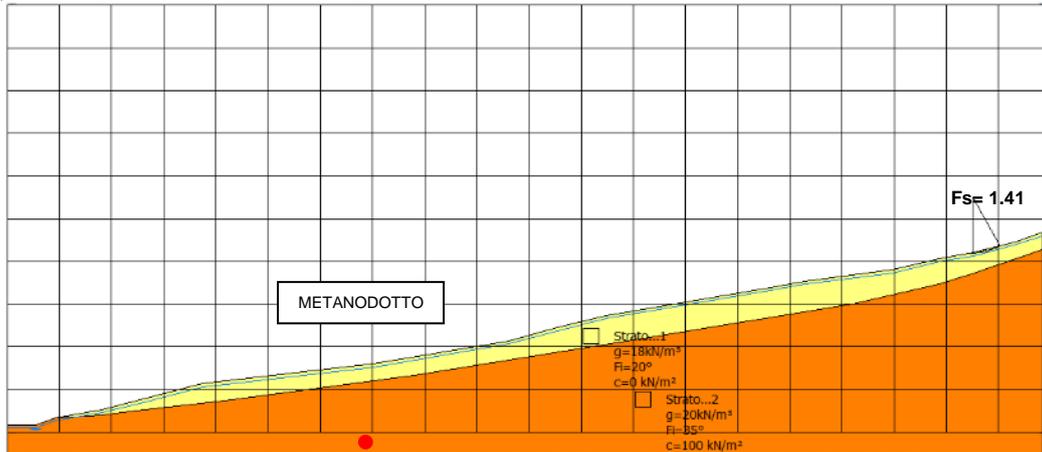


Figura 6.1.2/A – Verifica di stabilità statica con superficie circolare, falda a -1 m;  $F_s = 1.41$

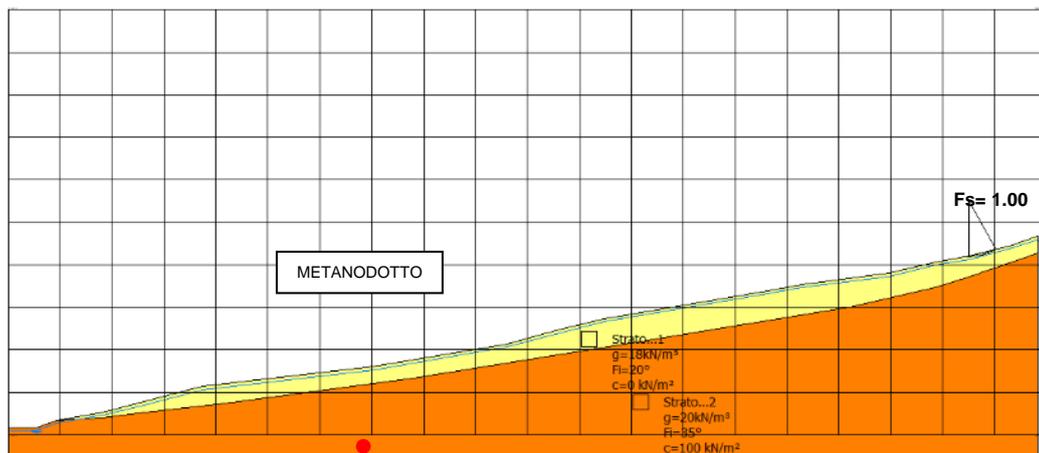


Figura 6.1.2/B – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie circolare, falda a -1 m;  $F_s = 1.00$

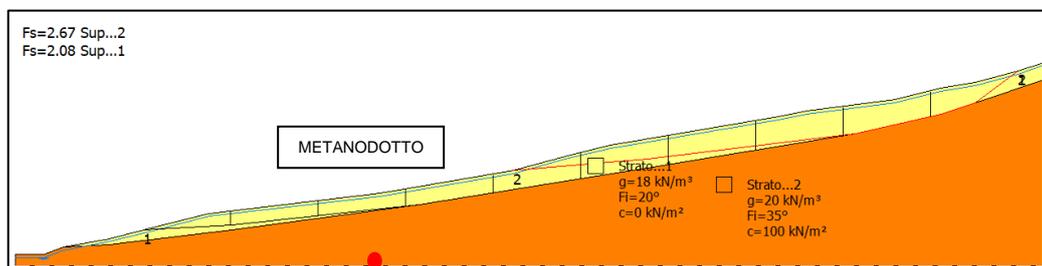


Figura 6.1.2/C – Verifica di stabilità statica con superficie generica, falda a -1 m;  $F_s = 2.08 / 2.67$

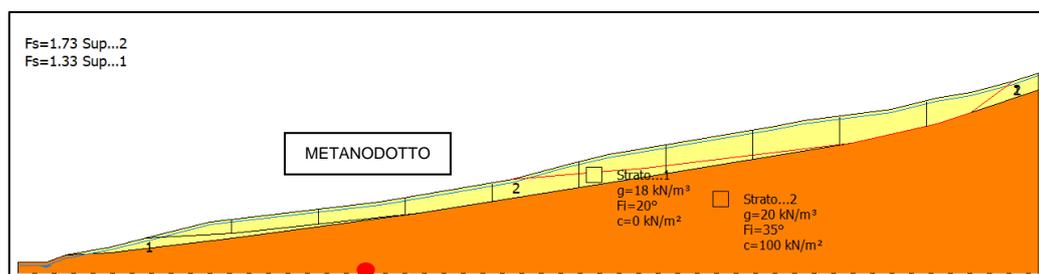


Figura 6.1.2/D – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie generica, falda a -1 m;  $F_s = 1.33 / 1.78$

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 56 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 6.2 Met. Sansepolcro Foligno, località Caldarelli (PK. 44+460 – 44+810)

Il tratto di tracciato nella zona in oggetto interferisce planimetricamente con un'area di pericolosità da frana, così come cartografate da PAI, classificata come frana di *scivolamento elemento presunto*, cui è attribuito un livello di pericolosità P1.

La condotta viene posizionata in zona di accumulo di tale frana presunta, parallelamente alla strada S.P. n. 170.

Ai fini della sicurezza è stata eseguita una verifica di stabilità in massima pendenza lungo una porzione di pendio, ritenuta rappresentativa, lunga 420 m, ubicata come nello stralcio di figura 6.6/A.

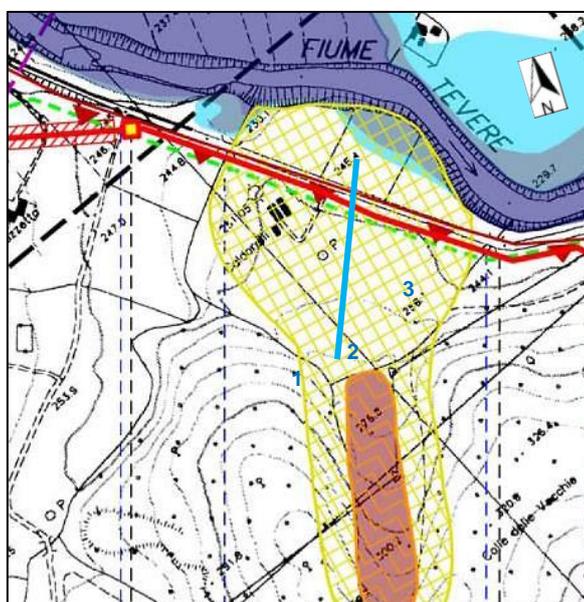


Figura 6.2/A – Localizzazione della verifica (linea azzurra)

### 6.2.1 Assunzioni di calcolo

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito è stata desunta dall'indagine effettuata nell'area del corpo della presunta frana, costituita da 1 sondaggio geognostico (S 30) e da 2 stendimenti geosismici, uno in massima pendenza ed uno trasversale, all'incirca coincidente col tracciato del gasdotto.

La stratigrafia è rappresentata da un substrato marnoso ricoperto da uno strato eluvio-colluviale di spessore assai variabile lungo il profilo con alluvioni fluviali nella parte bassa del versante, con profondità stimata del bedrock di 10-12 m.

Strato	Terreno	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
1	Argilla sabbiosa, sabbia e ghiaia	18	20	25	0
2	Substrato marnoso, alterato nella porzione sommitale	19	21	25	20

Per lo strato di copertura la resistenza al taglio è stata prudenzialmente assunta in dipendenza del solo parametro attritivo. Inoltre la superficie piezometrica, per prudenza, è stata supposta in posizione superficiale, a -1 m dal piano campagna.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 57 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

La caratterizzazione dei parametri di pericolosità sismica è stata desunta, tramite il soft Geostru PS, dalla tabella B delle NTC 2018 e rapportati al sito considerando il fattore di amplificazione stratigrafica (sottosuolo di categoria B) e topografica (Categoria T1).  
I coefficienti sismici in tali ipotesi sono i seguenti.

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Stato limite	Ss (-)	Cc (-)	St (-)	Kh (-)	Kv (-)	Amax (m/s <sup>2</sup> )	Beta(-)
Operatività (SLO)	1,200	1,420	1,000	0,023	0,012	1,149	0,200
Danno (SLD)	1,200	1,420	1,000	0,035	0,016	1,444	0,240
Salvaguardia della vita (SLV)	1,130	1,390	1,000	0,088	0,044	3,090	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	1,060	1,380	1,000	0,104	0,052	3,639	0,280

#### **6.2.2 Risultati**

Sono state eseguite analisi di stabilità lungo il profilo in massima pendenza sia con ricerca della superficie circolare più instabile che lungo la superficie di scivolamento parallela al pendio ritenuta più verosimile e più instabile, al limite inferiore dello strato di copertura. Per ciascun tipo di analisi si sono condotte analisi in condizioni sia statiche che dinamiche, supponendo la superficie piezometrica pressoché superficiale, ad 1 m di profondità.

Dalle verifiche si sono ottenuti i seguenti risultati:

-superficie circolare più instabile, profondità 8 m:

condizioni statiche:  $F_s = 1.77$

condizioni pseudostatiche  $F_s = 1.11$

-superficie di scivolamento parallela al pendio, profondità massima 10 m:

condizioni statiche:  $F_s = 2.83$

condizioni pseudostatiche  $F_s = 1.51$

I risultati ottenuti evidenziano che il pendio nel caso di superficie di scivolamento circolare è in condizioni di equilibrio sia in condizioni statiche che dinamiche con fattore di sicurezza soddisfacente.

Nel caso di scivolamenti generici paralleli al pendio, i fattori di sicurezza risultano più elevati, anche in caso dinamico.

Pertanto si evince che la condotta si trova in condizioni di sicurezza nei confronti di movimenti gravitativi.

Nelle figure seguenti si riportano i grafici output delle verifiche.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 58 di 82	<b>Rev.</b> 0

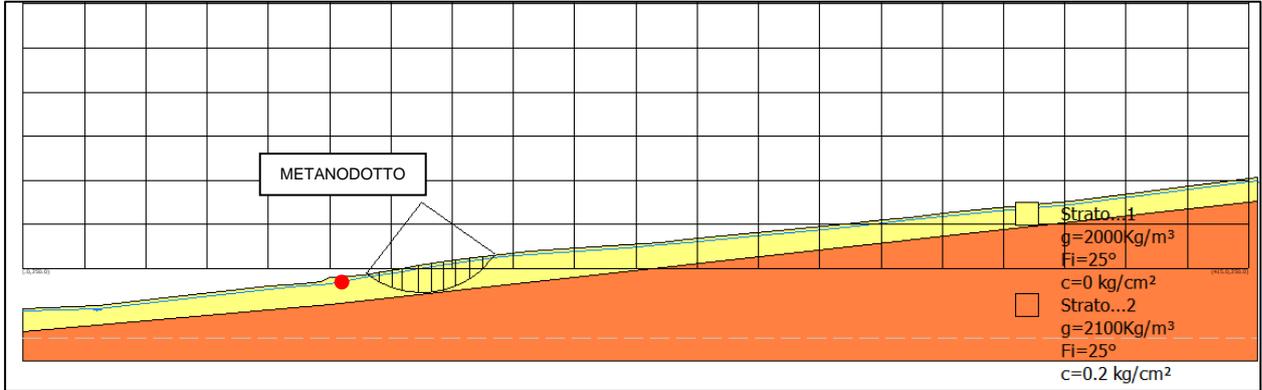


Figura 6.2.2/A – Verifica di stabilità statica con superficie circolare, falda a -1 m;  $F_s = 1.77$

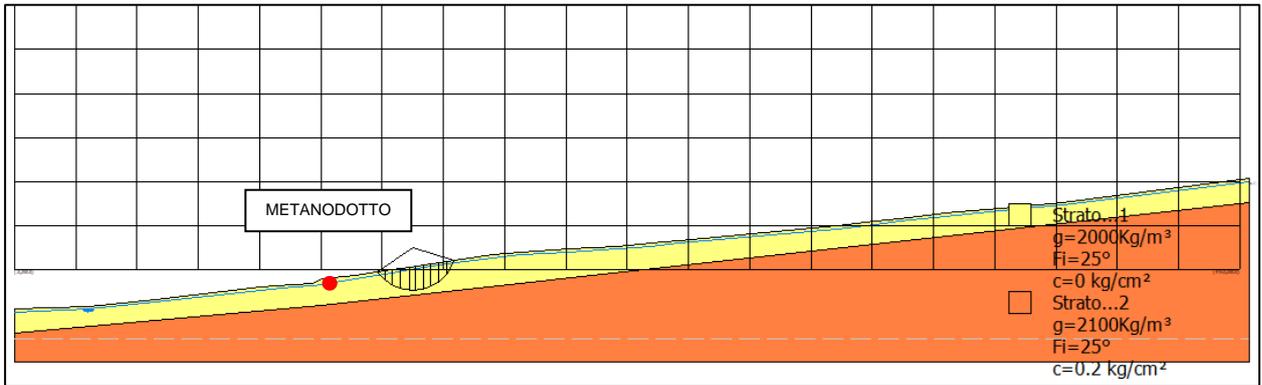


Figura 6.2.2/B – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie circolare, falda a -1 m;  $F_s = 1.11$

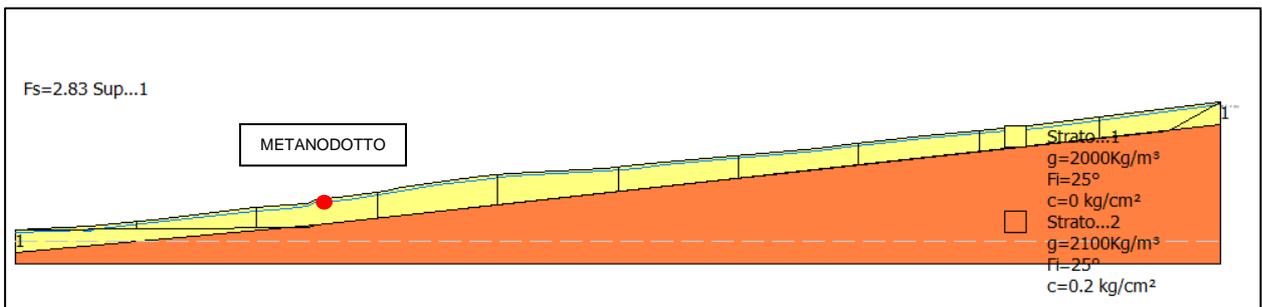


Figura 6.2.2/C – Verifica di stabilità statica con superficie generica, falda a -1 m;  $F_s = 2.83$

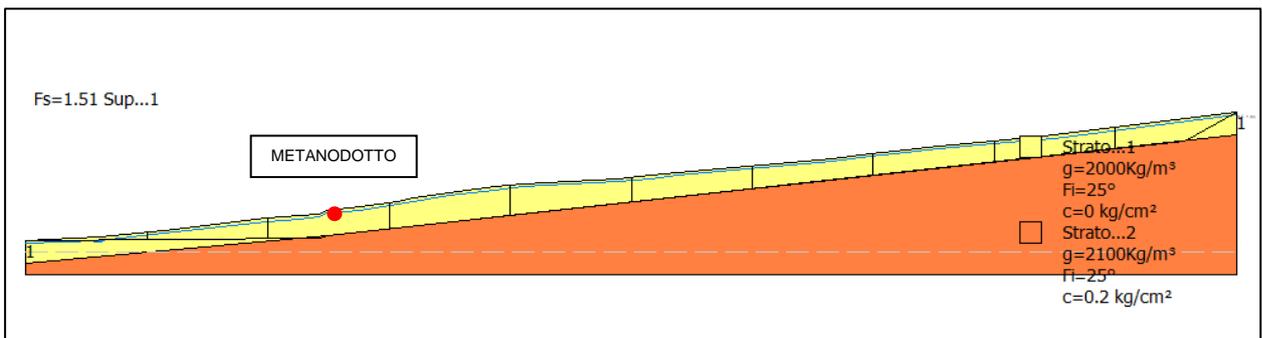


Figura 6.2.2/D – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie generica, falda a -1 m;  $F_s = 1.51$

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 59 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 7 MISURE DI SALVAGUARDIA

Il tracciato del gasdotto, come descritto in precedenza, si sviluppa per la maggior parte in ambiente di fondovalle, non suscettibile di dissesti di versante, e subordinatamente, per contenuti tratti, in ambiente collinare.

Per quanto riguarda i processi di dinamica fluviale e i relativi interventi in corrispondenza degli attraversamenti dei corsi d'acqua della rete idrica principale, si rimanda alla Relazione di Compatibilità Idrologica-Idraulica (Rel. LSC 130) e agli studi particolari dei singoli corsi d'acqua.

Nella percorrenza delle aree collinari il tracciato è stato articolato in modo da evitare interferenze con aree in dissesto segnalate da PAI/IFFI. Là dove non possibile, come nella zona di Umbertide (PK 43+402÷43+797), in cui si incontrano due tratti a pericolosità P3 ed uno a pericolosità P1, si è adottata la soluzione trenchless che permette di sottopassare la zona instabile in profondità, al di sotto del presunto piano di scivolamento.

Nell'altro caso di interferenza con l'area di pericolosità PAI/IFFI P1 (PK 44+460 ÷ 44+810) si è evidenziata la generale stabilità dell'area grazie alla modesta pendenza del sito. L'intervento di drenaggio sottocondotta previsto in progetto, che impedisce l'innalzamento della falda al di sopra dei 2 m, garantisce che anche in caso di forti precipitazioni si mantengano condizioni di stabilità.

In alcune zone di attraversamento di pendii collinari, pur non interferenti con aree a pericolosità da frana PAI/IFFI, in considerazione della natura di scarsa permeabilità dei terreni si è ritenuto di migliorare le condizioni di stabilità intervenendo con drenaggi sotto-condotta o trincee drenanti finalizzati a mantenere depressa la tavola d'acqua anche in caso di intense piogge.

A tali opere di drenaggio si aggiungono interventi di canalizzazione delle acque di superficie, di protezione dei terreni interessati dai lavori, consistenti in fascinate e palizzate (con lo scopo di limitare l'erosione da parte delle acque di ruscellamento diffuso e fornire un sostegno superficiale alle coltri fin tanto che non si è ripristinata la copertura vegetale a seguito del ripristino vegetazionale previsto al termine dei lavori), di sostegno di scarpate e di contenimento del materiale di rinterro, nei tratti a forte pendenza, comprendenti palizzate, palificate, muri in gabbioni.

Le opere previste dal progetto per il ripristino dei luoghi possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

- ripristini morfologici alla condizione ante operam: si tratta di opere ed interventi mirati alla sistemazione dei tratti di maggiore acclività, alla sistemazione e protezione delle sponde dei corsi d'acqua attraversati a cielo aperto, al ripristino di strade e servizi incontrati dai tracciati sia in progetto che in dismissione.

Nell'ambito di tali ripristini rientrano anche quelli relativi alle aree agricole, consistenti nella ricostruzione del profilo originario del terreno che avviene ricollocando il materiale di scavo, precedentemente accantonato in modo da rispettare la stratigrafia originaria e ricoprendolo con lo strato humico superficiale. In questo modo vengono mantenute le caratteristiche pedologiche e di permeabilità dei terreni. A lavori conclusi tutti i terreni avranno riacquisito la morfologia originaria e saranno restituiti ai proprietari per le attività preesistenti. Si provvederà infine alla sistemazione ed al ripristino di fossi e canali di scolo preesistenti, di strade e servizi attraversati dai metanodotti realizzati o dismessi;

- ripristini idraulici: per i canali che verranno attraversati a cielo aperto è prevista la riprofilatura delle sponde e del fondo alveo alle condizioni originarie con realizzazione, laddove necessario, di opere di sostegno e/o contenimento delle sponde in legname e di opere di protezione idraulica in massi.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 60 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

- ripristini vegetazionali: si tratta di interventi che tendono alla ricostituzione, nel più breve tempo possibile, del manto vegetale preesistente i lavori nelle zone con vegetazione naturale. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire loro l'originaria fertilità.

L'ubicazione delle diverse tipologie di intervento previste lungo il tracciato in esame è riportata nelle planimetrie di progetto in scala 1:10.000 (Dis. PG-OM-001 e PG-OM-002).

Nel seguito si illustrano le caratteristiche generiche degli interventi di ripristino morfologico ed idraulico, i quali sono finalizzati a creare condizioni ottimali di regimazione delle acque e di consolidamento delle scarpate, sia per assicurare stabilità all'opera da realizzare sia per prevenire fenomeni di dissesto e di erosione superficiale. Il dettagliato dimensionamento di tali opere sarà effettuato nelle successive fasi progettuali.

### 7.1 Opere di regimazione delle acque superficiali

Le opere di regimazione delle acque superficiali hanno lo scopo d'allontanare le acque di ruscellamento al fine di evitare fenomeni di erosione superficiale ed instabilità del terreno. Tali opere hanno pertanto la funzione di regolare i deflussi superficiali, sia costringendoli a scorrere in fossi e canalizzazioni durevoli, sia attraverso la riduzione della velocità delle correnti idriche mediante la rottura della continuità dei pendii. Tali tipi di interventi sono generalmente realizzati lungo la maggior parte dei tratti in pendenza, in particolare lungo pendii non coltivati. Per le opere in esame, il progetto prevede la realizzazione di:

- fascinate (ST.F 01, vedi ST-001/002 "Disegni tipologici di progetto").

La loro funzione è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso. Sono costituite in genere da una doppia fila di fascine verdi tenute in posto da picchettoni di legno forte, di diametro e lunghezza adeguati, posti in opera ad una distanza media di 50 cm ed infissi nel terreno a profondità di almeno 1 m. Le fascinate possono avere due differenti disposizioni planimetriche: la prima, "ad elementi continui", nella quale ogni elemento attraversa da lato a lato l'area di passaggio; la seconda, "a lisca di pesce", nella quale gli elementi vengono appunto disposti a spina di pesce. In questo secondo caso è necessario effettuare una baulatura in corrispondenza dello scavo, per favorire l'allontanamento delle acque superficiali e porre in sovrapposizione, sull'asse del metanodotto, gli elementi a lisca di pesce, al fine di evitare fenomeni di canalizzazione delle acque.

L'interasse tra le singole fascinate viene scelto in funzione della pendenza e della natura del terreno. Le canalette in terra, poste a tergo delle fascinate, sono realizzate completamente in scavo, di forma trapezoidale e di sezione adeguata a garantire il deflusso delle acque e dotate di un argine ben costipato utilizzando il terreno proveniente dallo scavo (si veda Figura 7.1/A).

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 61 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

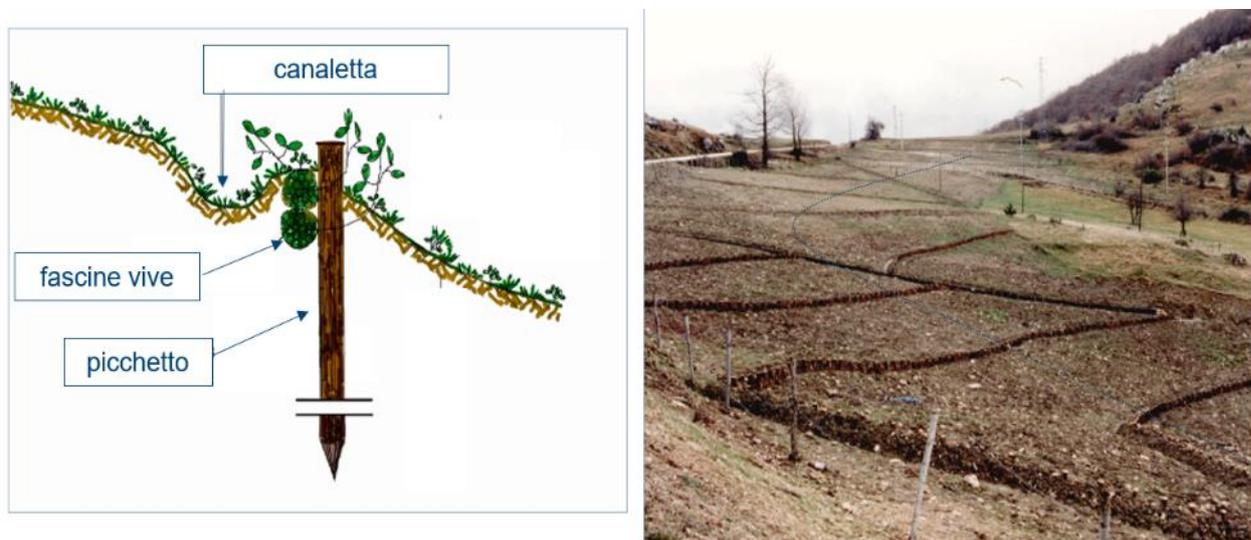


Figura 7.1/A– Schema ed esempio di fascinata

## 7.2 Opere di sostegno

Rientrano tra queste opere quelle che assolvono la funzione di garantire il sostegno statico di pendii e scarpate naturali e artificiali. Assolvono funzioni statiche di sostegno, di semplice rivestimento e di tenuta. Queste opere possono essere rigide o flessibili, a sbalzo o ancorate; possono infine poggiare su fondazioni dirette o su fondazioni profonde. Ai fini dell'effetto indotto sull'assetto morfologico, possono essere distinte le opere fuori terra (in legname, in massi o in c.a.), e le opere interrato che, non essendo visibili, non comportano alterazioni del profilo originario del terreno.

Detti interventi, in riferimento all'opera in esame, vengono eseguiti per il contenimento di scarpate morfologiche naturali e di origine antropica, specie se associate alla presenza di infrastrutture viarie, variamente presenti lungo l'intero sviluppo del tracciato. In situazioni di versante ad acclività media ed elevata, si dovrà ricorrere alla realizzazione di opere di sostegno a scomparsa, limitatamente alla sezione di scavo, che assolvano la funzione di contenimento dei terreni di rinterro. In altre circostanze, soprattutto in corrispondenza di pendii particolarmente lunghi, potranno essere realizzate strutture di contenimento rompitratta, specie in corrispondenza delle strade che tagliano in alcuni casi i versanti a mezzacosta per il ripristino o il sostegno delle scarpate stradali.

### Opere di sostegno rigide

Si definiscono opere di sostegno rigide quelle caratterizzate dal fatto che l'unico movimento che possono manifestare sotto l'azione dei carichi in gioco è un movimento rigido.

Nell'ambito del progetto in esame, si prevede la realizzazione di:

- travi di contenimento in c.a. (Rif. STD-001/002 vedi "Disegni tipologici di progetto", ST.F 20);
- paratie di pali trivellati (Rif. STD-001/002 vedi "Disegni tipologici di progetto", ST.F 22 e ST.F 23).

Le travi di contenimento in c.a. (Rif. STD-001/002 vedi ST.F 20) sono elementi che vengono costruiti al di sopra di un diaframma in sacchetti per aumentarne la capacità contenitiva. Le

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 62 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

caratteristiche geometriche e dimensionali dell'opera sono piuttosto variabili e vengono definite a seconda del caso in cui questa viene utilizzata. Le travi possono essere ancorate al substrato stabile con tiranti di ancoraggio tramite barre o trefoli in acciaio cementati in profondità. Alle spalle dell'opera viene realizzato un sistema di drenaggio con sacchetti di geotessuto e all'interno della trave sono inserite almeno due file di tubi in PVC, disposti a quinconce. A conclusione del lavoro sopra alla trave viene riportata terreno vegetale.

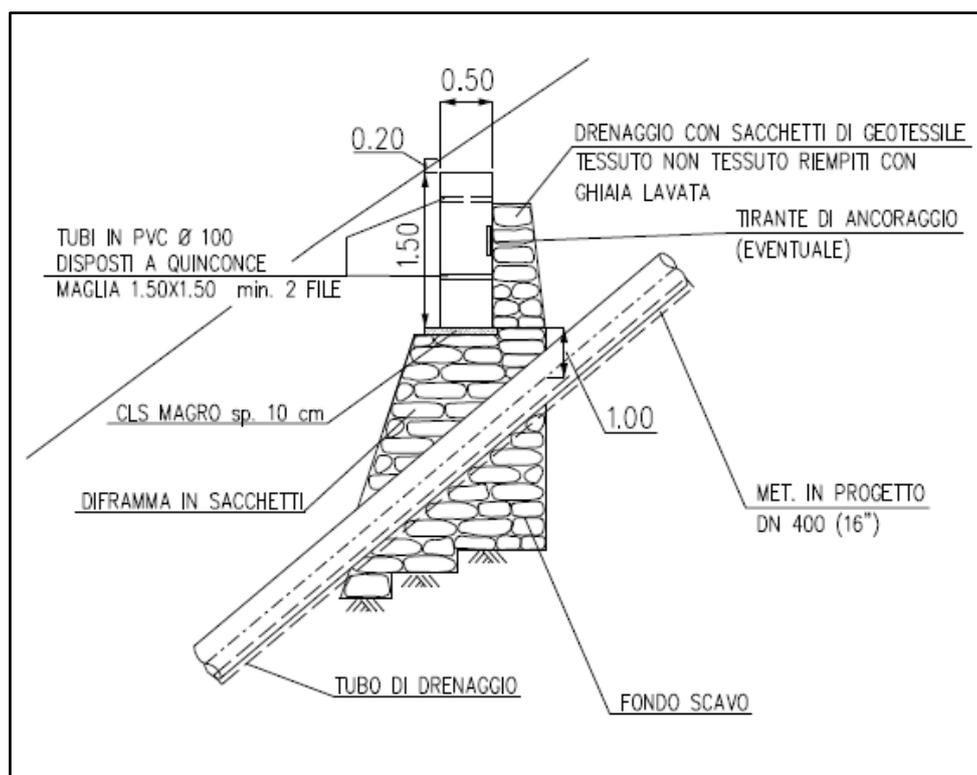


Figura 7.2/A– Schema di travi di contenimento in c.a.

Le paratie di pali sono strutture costituite da pali in c.a. o micropali di profondità e spaziatura adeguate alla loro funzione strutturale, collegate in testa da una trave di collegamento in c.a. che, se necessario, può essere anche tirantata. Tale trave viene mantenuta ad una quota inferiore al piano campagna ed interrata, in modo da non risultare visibile e consentire l'attecchimento erbaceo che la mascheri.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 63 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

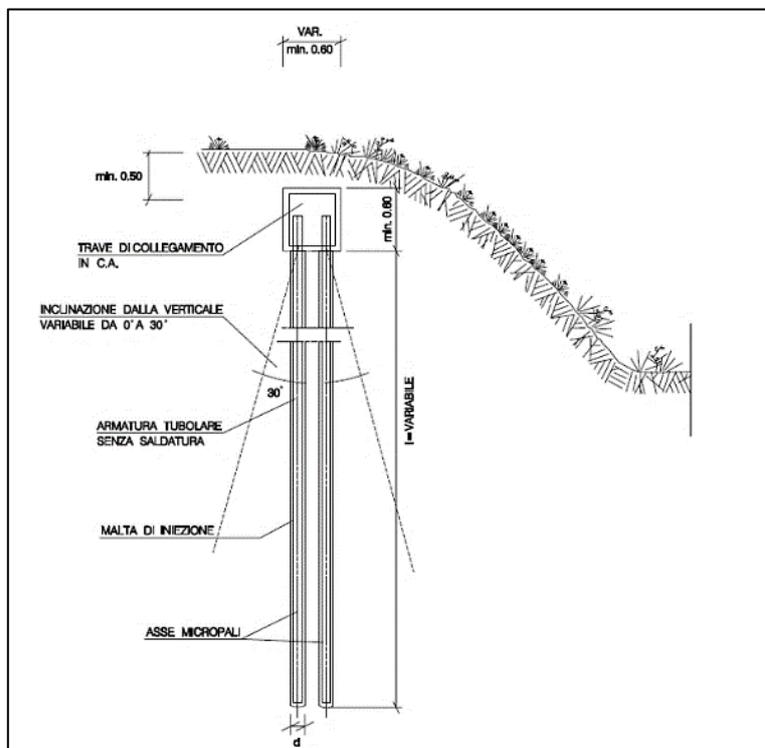
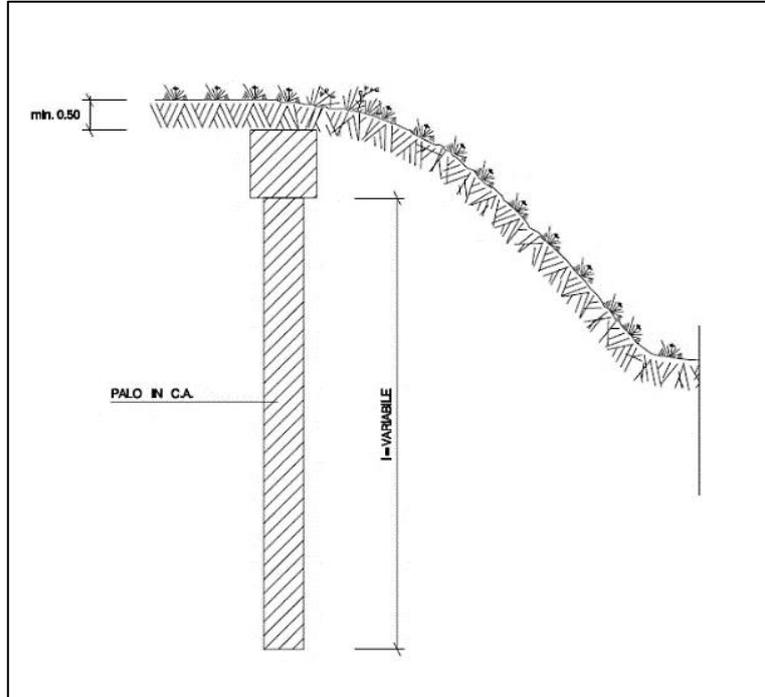


Figura 7.2/B- Schema di paratia di pali, con pali trivellati (sopra) e con micropali (sotto).

Si evidenzia che le paratie di pali risultano sempre interrato e, pertanto, non comportano alcun impatto sulle componenti paesaggistiche.

Tutte le opere previste saranno eseguite e sagomate sulla base dei disegni di progetto che ne determineranno le caratteristiche dimensionali. Per quanto riguarda il dimensionamento e le

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 64 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

caratteristiche strutturali delle opere in c.a. si farà riferimento alla relativa normativa nazionale vigente.

#### Opere di sostegno flessibili

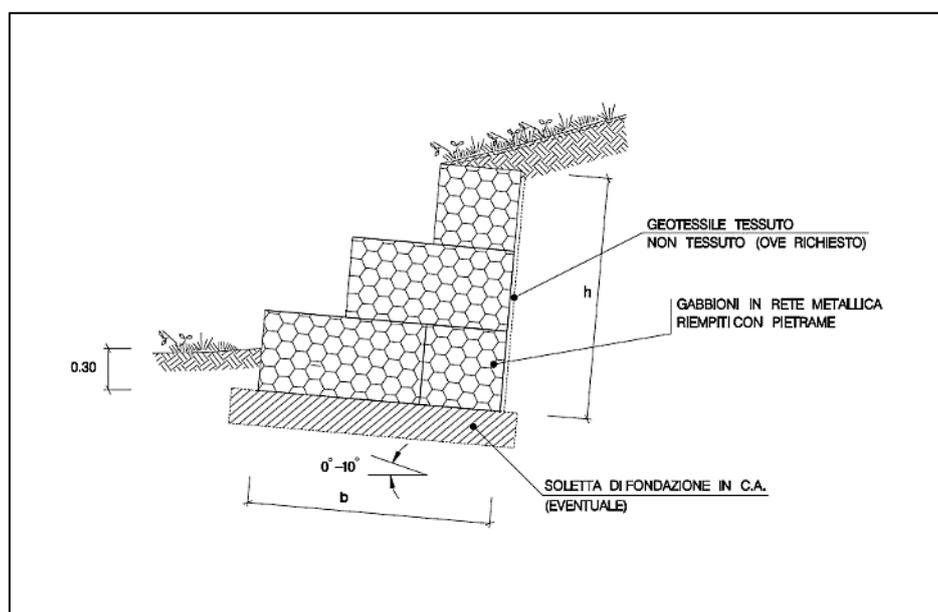
Si definiscono opere di sostegno flessibili quelle caratterizzate dal fatto che possono presentare una certa deformabilità sotto l'azione dei carichi cui saranno sottoposti.

Nel progetto in esame si prevede la realizzazione di:

- muri gradonati in gabbioni (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.F 17);
- opere di sostegno in legname (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.F 03);
- diaframmi o briglie e appoggi in sacchetti (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.F 10).

I muri in gabbioni metallici (Fig. 7.2/C) sono opere di sostegno a gravità permeabili, robuste ed allo stesso tempo molto flessibili, in grado di resistere senza gravi deformazioni dei singoli elementi, ad assestamenti e/o cedimenti del piano di posa o del terreno a tergo dovuti a fenomeni erosivi o a fenomeni franosi, o a scosse sismiche. La base della fondazione è variamente inclinata in funzione delle necessità. In sezione i muri possono essere a gradoni esterni o a gradoni interni. I muri in gabbioni sono una valida soluzione per la realizzazione di opere di sostegno in diversi contesti, da quello urbano a quello fluviale e collinare montano, dove occorre tener conto sia delle esigenze tecniche per le quali l'opera è stata costruita, sia della necessità di avere un buon inserimento ambientale.

Le tecniche costruttive, i materiali, le caratteristiche tecniche e meccaniche intrinseche della struttura, la facilità di inerbimenti e di sviluppo della vegetazione erbacea ed arbustiva consentono di mitigare l'impatto ambientale e gli effetti negativi di natura estetica sul paesaggio circostante, favorendo, al tempo stesso, il ripristino naturale e/o la formazione di ecosistemi locali.



**Figura 7.2/C– Schema di muri gradonati in gabbioni**

La tipologia del muro in gabbioni, opera di sostegno a gravità, può essere sostituita da analoga opera a gravità costituita da massi ciclopici, soprattutto là dove essa assolve, oltre alla funzione

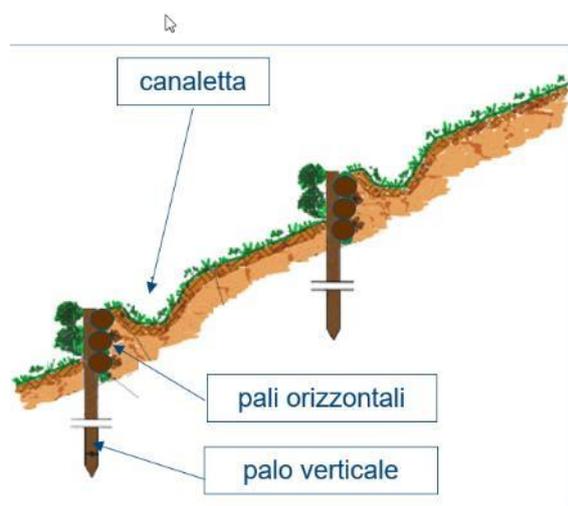
	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 65 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

di sostegno al piede delle scarpate, anche quella di protezione dall'erosione della corrente idrica, in considerazione della fragilità nel tempo della rete metallica dei gabbioni nei confronti del materiale grossolano eventualmente fluitato dalla corrente.

Ulteriori tipologie di sostegno previste lungo la linea in progetto sono rappresentate da opere in legname, costituite da palizzate (si veda Figura 7.2/D). Le palizzate in legname possono svolgere una funzione di sostegno di piccole scarpate, interessate dalle fasi di movimentazione durante la costruzione, e della coltre del terreno di copertura nei tratti di versante a maggior acclività, laddove comunque si prospettano condizioni di spinta delle terre di lieve entità. Si sottolinea che tali opere hanno una durata limitata nel tempo e che la loro funzione è quella di favorire l'attecchimento della vegetazione, la quale - via via crescendo - sostituirà la resistenza al taglio che la palizzata inevitabilmente andrà a perdere.

Le palizzate sono eseguite in guisa di cordonate continue mediante l'infissione di pali verticali di essenze forti che fuoriescono dal terreno di circa 0,60÷0,80 m e da pali disposti in senso orizzontale, per l'altezza fuori terra, formanti una parete compatta e saldamente legati ai pali infissi con filo di ferro zincato. Al fine di svolgere anche un'azione regolamentatrice delle acque, a tergo della palizzata sarà realizzata una canaletta di drenaggio in terra battuta, con una sezione minima di almeno 0,15 m<sup>2</sup>.

Le palizzate in legname possono essere adottate anche per integrare le opere di regimazione idraulica, in corrispondenza di piccoli corsi d'acqua con sponde alte, incisi in terreni con buone caratteristiche geotecniche. In tali casi la parte di scarpata spondale sovrastante l'opera di regimazione idraulica potrà essere sostenuta con palizzate che potranno essere realizzate fuori terra o interrate completamente o parzialmente, in funzione della morfologia della sezione d'attraversamento.



**Figura 7.2/D – Schema ed esempio di palizzata**

Lungo i versanti a maggiore acclività, oltre alle opere sopra descritte, soprattutto in corrispondenza di pendii particolarmente lunghi, all'interno della trincea dello scavo, potranno essere realizzate strutture rompitratta di contenimento del materiale di rinterro. Si tratta di diaframmi in sacchetti (vedi "Disegni tipologici di progetto", ST.F 10) di tessuto non tessuto, di dimensioni di circa 50x70 cm, riempiti con materiale granulare (con granulometria compresa fra 0,06 e 25 mm). I diaframmi saranno realizzati all'intorno della tubazione, avranno sezione

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 66 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

planimetrica ad arco con convessità verso monte e si eleveranno fino a circa 0,50 – 1,00 m al di sotto della superficie topografica. Ogni singolo diaframma sarà fondato su un piano in leggera contropendenza, ricavato sul fondo scavo ed i fianchi saranno opportunamente immorsati nelle pareti della trincea dello scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche pedologiche dell'area di intervento, potrà essere eseguite la messa a dimora di talee, e/o l'inerbimento di tutta l'area interessata dai lavori.



Figura 7.2/D – Esempio di diaframmi in sacchetti

### 7.3 Opere di drenaggio delle acque sotterranee

Queste opere, in ragione del loro effetto drenante, esercitano un importante ed efficace azione per il riassetto idrogeologico soprattutto per ciò che concerne il consolidamento dei terreni ed in generale, la stabilità dei pendii.

I drenaggi profondi sono essenzialmente:

- trincee drenanti (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.E 02).

Tali trincee drenanti sono riempite con materiali aridi, opportunamente selezionati e sistemati, aventi lo scopo di captare e convogliare le acque del sottosuolo, abbassando pertanto le pressioni neutre contribuendo a migliorare le condizioni di stabilità dei pendii.

Possono essere realizzate in asse alla condotta (trincea drenante sottocondotta), in parallelismo alla condotta ed anche in senso trasversale (trincea drenante fuoricondotta) ad essa e hanno la funzione di captare le acque e convogliarle su compluvi naturali, anche con l'ausilio di scarichi artificiali, drenando e bonificando il terreno circostante e migliorando così le condizioni di stabilità. Il corpo drenante è costituito da una massa filtrante consistente di norma da ghiaia lavata a granulometria uniforme (diametro minimo 6 mm, diametro massimo 60 mm), praticamente esente da frazioni limose e/o argillose ed avvolta da tessuto non tessuto.

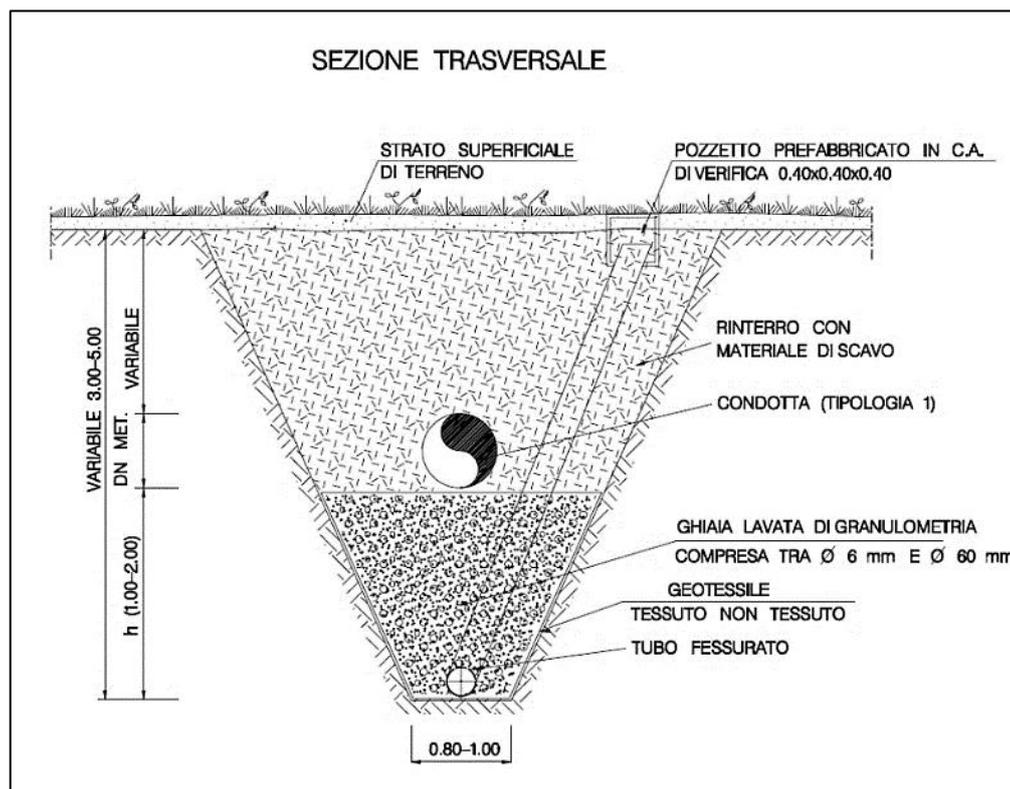
Lo scorrimento dell'acqua avviene dentro tubi in PVC disposti sul fondo del drenaggio, con fessure longitudinali limitate dalla semicirconferenza superiore del tubo stesso. Nella parte terminale dei dreni viene realizzato un setto impermeabile, costituito da un impasto di bentonite ed argilla. Lo scarico dei dreni, viene fatto coincidere per quanto possibile con impluvi naturali o comunque preesistenti ed intestato in un piccolo gabbione o altro manufatto di protezione.

Trincee drenanti fuoricondotta e sottocondotta sono state previste, in alcuni tratti del tracciato, allo scopo di migliorare la stabilità di limitate porzioni di terreno attualmente interessate da fenomeni gravitativi di lieve entità o per incrementare, in termini cautelativi, le caratteristiche di

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 67 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

resistenza geomeccanica dei terreni attraversati, laddove sono state supposte potenziali condizioni di stabilità precaria.

Lungo la condotta in dismissione e nei tratti in parallelismo con la condotta in progetto, si prevede di mantenere in esercizio o comunque ripristinare i drenaggi ivi presenti.



**Figura 7.3/A – Schema di trincea drenante**

Nel caso in cui non è necessaria una maggiore profondità di drenaggio, in relazione alla stabilità dei terreni, è prevista, soprattutto nei tratti acclivi più lunghi, la realizzazione di:

- letto di posa drenante (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.E 01).

Tali opere consistono in uno strato di ghiaia di spessore minimo di 0,3 m, posto sul fondo dello scavo e avvolto in un foglio di tessuto non tessuto con funzione di filtro, che assolvono al compito di raccogliere e smaltire le acque di infiltrazione che tendono a convogliarsi lungo la trincea di scavo in cui è alloggiata la condotta.

Lungo la linea di progetto, si prevede la messa in opera del letto di posa drenante in corrispondenza dei tratti, talvolta piuttosto lunghi, dove si configurano condizioni morfometriche di pendenza accentuata o dove si prevede la possibilità di presenza di acqua nella trincea di scavo sia legata a innalzamenti locali di falda freatica, sia legata ad infiltrazione per eventi meteorologici intensi.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 68 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

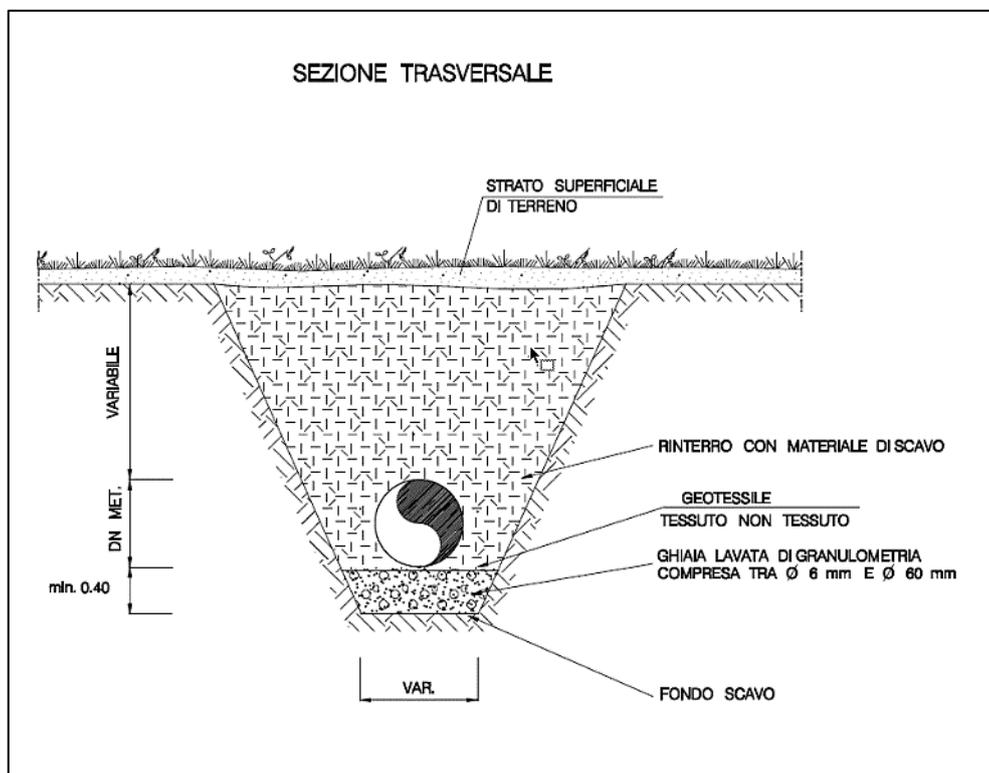


Figura 7.3/B – Schema letto di posa drenante

#### 7.4 Opere di difesa idraulica

Questo tipo di opere hanno la funzione di regimare il corso d'acqua al fine di evitare fenomeni di erosione spondale e di fondo in corrispondenza della sezione di attraversamento della condotta. Si classificano come “opere longitudinali” quelle che hanno un andamento parallelo alle sponde dei corsi d'acqua ed hanno una funzione protettiva delle stesse; come “opere trasversali” quelle che sono trasversali al corso d'acqua ed hanno la funzione di correggere o fissare le quote del fondo alveo, fino al raggiungimento del profilo di compensazione, al fine di evitare fenomeni di erosione di fondo (come briglie, controbriglie, soglie, repellenti).

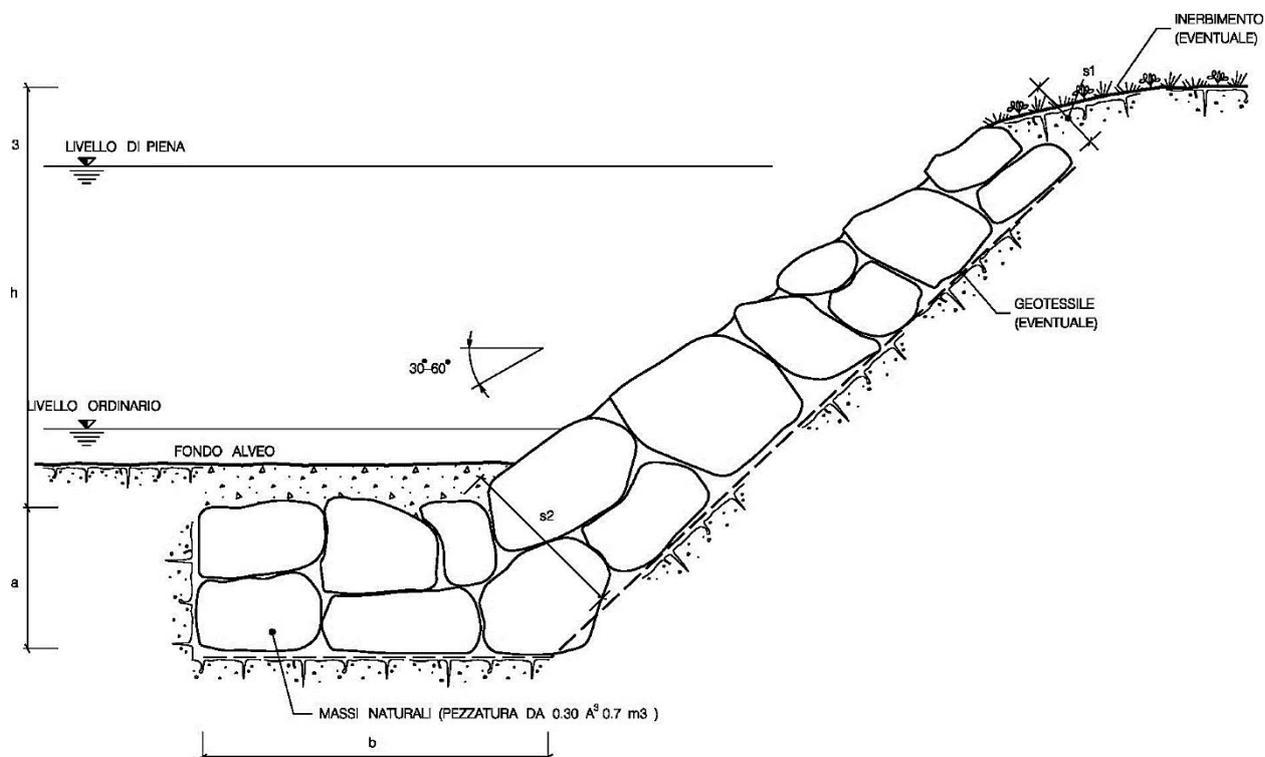
Il progetto prevede la realizzazione di opere di difesa longitudinali consistenti in:

- ricostituzioni spondali in scogliera in massi (vedi Rif. STD-001/002 vedi “Disegni tipologici di progetto”, ST.G 14)

Tali interventi, eseguiti contro l'erosione delle sponde e per il contenimento dei terreni a tergo, saranno sagomati sulla base dei progetti che ne determineranno le dimensioni, nonché lo sviluppo della parte in elevazione e del piano di fondazione. I massi utilizzati, di adeguata natura litologica (calcarea o basaltica), devono essere costituiti da pietra dura e compatta, non devono presentare piani di sfaldamento o incrinature e non devono alterarsi per effetto del gelo. I blocchi sono squadri, a spigolo vivo, ed equidimensionali.

L'immorsamento alle sponde dell'opera idraulica sarà realizzato con la massima cura, particolarmente nella parte di monte. Al fine di evitare l'aggiramento dell'opera da parte della corrente idrica, tale immorsamento sarà effettuato inserendo la testa dell'opera all'interno della sponda, con un tratto curvilineo non inferiore a 2÷3 m. Per la parte terminale di valle è sufficiente un raccordo ad angolo retto con la sponda.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 69 di 82	<b>Rev.</b> 0



SCHEMA DIMENSIONALE					
TIPO	h (m)	a (m)	b (m)	s1 (m)	s2 (m)
A	2.00	1.50	4.00	0.90	1.70
B	3.00	2.00	4.50	1.00	2.40
C	4.00	2.00	6.00	1.00	2.80
D	5.00	2.50	6.00	1.30	3.00
E	6.00	2.50	7.00	1.30	3.50

Figura 7.4/A – Schema ricostruzione spondale con rivestimento in massi

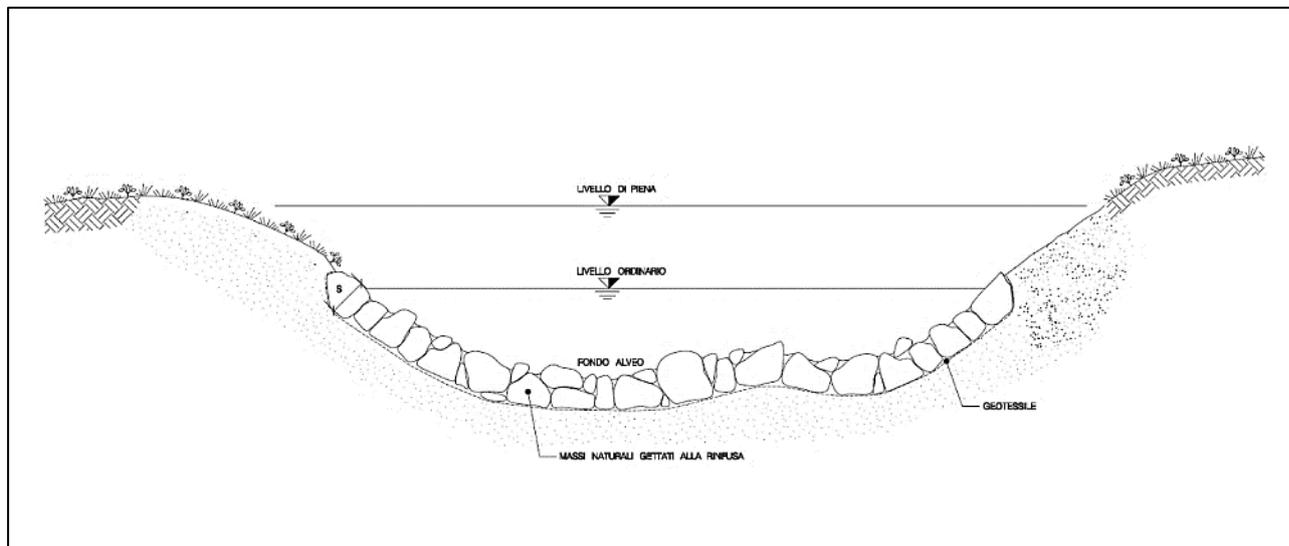
Quando le scogliere in massi assolvono anche la funzione di sostegno delle scarpate spondali, soprattutto in caso di elevate pendenze e prolungata estensione, esse vanno considerate come strutture di sostegno a gravità e conseguentemente dimensionate geotecnicamente in funzione delle caratteristiche del terreno su cui si fondano e che alle spalle esercita la spinta.

In alcuni casi, nei corsi d'acqua a regime torrentizio comunque dotati di capacità erosiva e di trasporto, associato alle difese spondali in massi o singolarmente, potrà essere realizzata una platea di collegamento in massi che colleghi le protezioni spondali, e che limiti l'eventuale erosione di fondo, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento da parte della condotta:

- ricostituzione dell'alveo con massi (vedi STD-001/002 vedi "Disegni tipologici di progetto", ST.G 15).

I massi utilizzati, di adeguata natura litologica, devono essere costituiti da pietra dura e compatta, non devono presentare piani di sfaldamento o incrinature e non devono alterarsi per effetto del gelo. I blocchi sono squadri, a spigolo vivo, ed equidimensionali.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 70 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



**Figura 7.4/B – Schema ricostruzione dell'alveo con massi**



**Figura 7.4/C – Esempio di rivestimento in massi con platea di fondo**

Le tipologie degli interventi di ripristino morfologico e idraulico precedentemente descritti sono riportate nelle Tabelle 7.4/A-7.4/B; la loro ubicazione è indicata nelle planimetrie allegare in scala 1:10.000 (Dis.PG-OM-001 e PG-OM-002).

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 71 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Tratto Progressiva (km)	Dreno sotto condotta	Letto posa drenante	Trincee drenanti	Fascinate	Palizzate in legname	Briglie in sacchetti	Gabbionate in pietrame	Trave contenimento in	Paratia di pali in c.a.	Difesa spondale in massi	Ricostituzione alveo in massi	Note
<b>Met. Sansepolcro - Foligno DN 400 (16") DP 75 bar (Dis. PG-OM-001)</b>												
1,857										x	x	F.so Vannocchia
2,333										x	x	Canale
6,952										x	x	T. Riascone
8,33												T. Vertola
9,512										x	x	F.so Vallecchio
14,868										x	x	T. Regnano
16,367												T. Vaschi
16,563												R. Secco
17,985										x	x	F. Vitollesca
18,967										x	x	T. Cavaglione
19,722										x	x	F.so San Benedetto
19,881										x	x	F.so San Benedetto
19,974										x	x	F.so San Benedetto
21,791	21,977	x										Risalita Ighetto
22,042	22,124	x										Discesa F.so Croce
22,124	22,162	x	x		x	x	x					Discesa F.so Croce
22,168										x	x	F.so Croce
22,174	22,184			x	x	x	x					Risalita F.so Croce
22,184	22,292		x	x								Risalita F.so Croce
22,319	22,716		x									Località Zoccolanti
22,741	22,829	x						x	x	x	x	Fosso Balzo 1
22,958	23,007	x			x	x	x					Fosso Balzo 2
23,007	23,446		x									Poggio Bisacchi
23,458	24,051	x										Parallelismo strada comunale loc. Palazzetto
24,020	24,051										x	Attraversamento strada comunale e fosso loc. Palazzetto
24,051	24,453		x									Discesa SP 106
24,453												Attr. SP 106
24,721					x	x				x	x	T. Soara

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 72 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Tratto Progressiva (km)	Dreno sotto condotta	Letto posa drenante	Trincee drenanti	Fascinate	Palizzate in legname	Briglie in sacchetti	Gabbionate in pietrame	Trave contenimento in	Paratia di pali in c.a.	Difesa spondale in massi	Ricostituzione alveo in massi	Note
<b>Met. Sansepolcro - Foligno DN 400 (16") DP 75 bar (Dis. PG-OM-001)</b>												
27,402										x	x	F.so S. Lucia
27,885										x	x	F.so di Cà Pariano
28,154										x	x	Fosso
30,029										x	x	Rio Gracciata
32,8										x	x	Fosso Lucestro
35,421										x	x	Fosso
36,866										x	x	Fosso
37,432										x	x	T. Lana
44,476										x	x	Fosso
44,476	44,887	x										Parallelismo S.P. n. 170
47,043										x	x	Rio del Guardengo
47,785										x	x	Fosso della Badia
52,781										x	x	T. Mussino
53,241										x	x	Fosso
53,862										x	x	F.so Pietramelina
54,281										x	x	F.so Nole Campana
57,082										x	x	F.so Parlesca
58,697										x	x	Rio S. Bartolomeo
60,249										x	x	T. Resina
61,454										x	x	F.so Ponticello
65,245										x	x	Rio del Bagno
78,118										x	x	F.so Cagnoletta
91,965										x	x	Rio Marinello

**Tabella 7.4/A – Ripristini morfologici ed idraulici per il metanodotto principale**

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 73 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Tratto Progressiva (km)	Dreno sotto condotta	Letto posa drenante	Trincee drenanti	Fascinate	Palizzate in legname	Briglie in sacchetti	Gabbionate in pietrame	Trave contenim. in c.a.	Paratia di pali in c.a.	Difesa spondale in massi	Ricostituzione alveo in massi	Note
<b>Der. per Perugia DN 400 (16") DP 75 bar (Dis. PG-OM-002)</b>												
0,012	0,633	x										Risalita versante loc. Pescara II
1,077	1,377	x										Risalita versante loc. Pescara II
3,536										x	x	F.so della Rena Bianca
3,887										x	x	F.so della Rena Bianca
5,067										x	x	Fosso
5,601										x	x	Fosso
<b>All. Centrale compr. Piccini Sansepolcro DN 100 (4") DP 75 bar</b>												
0,254										x	x	Canale
<b>All. Colussi SPA DN 100 (4") DP 75 bar</b>												
0,153										x	x	F.so Cagnoletta
<b>All. Ferro Italia DN 100 (4") DP 75 bar</b>												
0,052										x	x	T. Ose
<b>All. Bonaca - Cannara DN 100 (4") DP 75 bar</b>												
0,478										x	x	T. Ose

**Tabella 7.4/B – Ripristini morfologici ed idraulici per metanodotti-Allacciamenti**

## 7.5 Opere trenchless

Per l'attraversamento in sottoterraneo dell'area a pericolosità geomorfologica segnalata da PAI/IFFI nel tratto di tracciato all'altezza di Umbertide tra le progressive PK 43+420 e PK 43+800 si prevede il ricorso alla metodologia trenchless così da poter installare la condotta in profondità al di sotto di eventuali superfici di scivolamento.

Il progetto comprende come soluzione base la tecnologica della *trivellazione orizzontale controllata* (TOC); come soluzione alternativa invece la tecnologia del *direct pipe* (DP) (v. LSC-100, cap 4.4).

Nel seguito si descrivono le modalità operative di tali tecnologie ed anche quella del *microtunneling*, metodo quest'ultimo comunque applicabile nel caso in esame qualora in fase di progettazione di dettaglio eventuali ulteriori elementi, vuoi in merito alla natura del sottosuolo, vuoi di natura logistica, lo dovessero consigliare.

### 7.5.1 **trivellazione orizzontale controllata (TOC)**

Il metodo comprende tre fasi operative (vedi Figura 7.5.1/A):

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 74 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

- esecuzione del foro pilota di diametro in genere contenuto tramite una trivellazione con testa a getto (*jet head*) oppure con testa a motore a fanghi (*mud motor*), lungo un tracciato di prestabilita traiettoria, anche curvilinea;
- allargamento del foro pilota, se non sufficiente per ospitare la condotta, con uno o più passaggi di alesatura;
- tiro della condotta preassemblata entro il foro predisposto.

Le lavorazioni di tutte le fasi avvengono in presenza di fango bentonitico entro il foro, con lo scopo di trasportare a ritroso i detriti di perforazione in fase di scavo, di lubrificare la testa, di sostenere le pareti del foro e di ridurre gli attriti in fase di tiro della condotta.

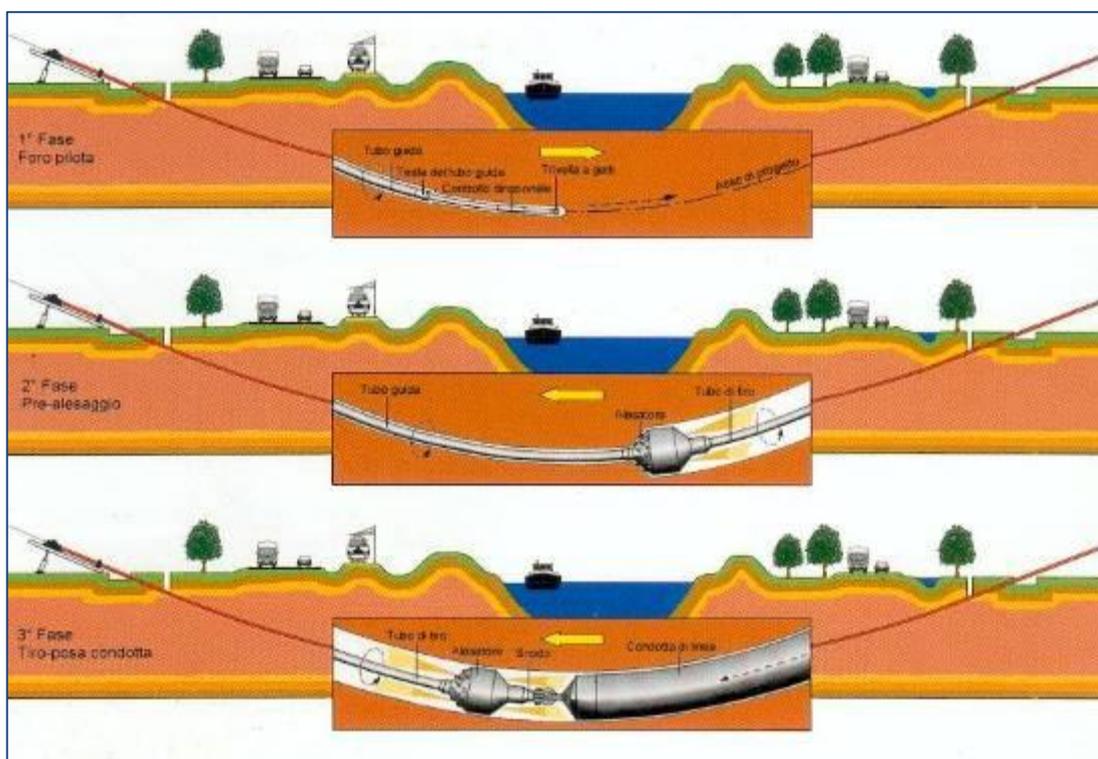


Figura 7.5.1/A – T.O.C. Fasi principali di lavoro

## 7.5.2 Direct Pipe

La metodologia trenchless del Direct Pipe consente la posa in opera diretta della tubazione mediante l'avanzamento nel terreno della colonna prefabbricata per mezzo di una speciale unità di spinta (*thruuster*) in contemporanea con lo scavo eseguito dallo scudo fresante a smarino idraulico posto in testa e solidalmente congiunto con la colonna.

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 75 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>



Figura 7.5.2/A– Schema della metodologia Direct Pipe

Il DP può essere considerato un sistema di posa che combina le caratteristiche positive delle tecnologie microtunneling (MT) e trivellazione orizzontale controllata (TOC). Con questo metodo, infatti, lo scavo viene effettuato con lo stesso metodo del microtunnel, mediante una fresa a scudo chiuso, resa solidale con la tubazione da posare. Pertanto l'avanzamento è garantito dalla spinta nel sottosuolo della tubazione stessa che viene posata in un'unica fase, senza l'impiego di tubazioni camicia aggiuntive e senza richiedere grossi volumi di fango bentonitico per il sostegno provvisorio dello scavo e relativa alta pressione per spingere a ritroso il fango stesso con i detriti di perforazione nell'ambito dell'anello di perforazione.

A differenza del microtunnel, dove la forza di spinta viene applicata al singolo concio in c.a. nel pozzo di partenza, nel DP la spinta si esercita direttamente per mezzo del *pipe thruster* sulla tubazione posizionata sulla rampa di varo, preassemblata per la sua lunghezza totale o divisa in più stringhe (v. Fig. 5.1.3/B).

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> REGIONI TOSCANA E UMBRIA	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 76 di 82	<b>Rev.</b> 0



Figura 7.5.2/B – Particolare della colonna di varo spinta tramite il pipe thruster

Il *pipe thruster* è ancorato ad una struttura in c.a. (postazione di spinta) e trasferisce la sua spinta sulla tubazione tramite clampe per attrito, senza danneggiare il rivestimento della condotta. Esso è collocato in una postazione di spinta di dimensioni idonee a contenerlo (lunghezza non inferiore a 12-15 m) e a sopportare la spinta del *pipe thruster* (v. Fig. 5.1.3/C).

La tubazione spinta con il sistema DP deve avere un diametro di almeno 42”, motivo per il quale per tubazioni di metanodotto di minor diametro, come nel il caso in oggetto, si dovrà ricorrere alla installazione di un tubo casing tramite DP, nel quale successivamente inserire la condotta del metanodotto e le relative tubazione portacavi.



Figura 7.5.2/C – Particolare della colonna di varo spinta tramite il pipe thruster

	<b>PROGETTISTA</b>  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	<b>COMMESSA</b> NR/20047	<b>UNITÀ</b> 00
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 77 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

In questa fase progettuale non è previsto l'impiego di tale sistema per gli attraversamenti dei corsi d'acqua lungo il tracciato. Tuttavia, date le sue possibilità di impiego anche in situazioni litologiche con presenza di ghiaie, esso potrà essere preso in considerazione in fase di progettazione di dettaglio, in alternativa ad altre tecnologie trenchless per casi particolari.

### 7.5.3 Microtunneling

La metodologia trenchless del *microtunneling* consiste nella realizzazione di un tunnel di piccolo diametro (compreso tra i 300 e i 3000 mm) tramite l'avanzamento di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente una testa fresante, e la contestuale introduzione per spinta nel foro praticato di conci cilindrici prefabbricati che sostengono e rivestono la cavità.

Martinetti idraulici ubicati nella postazione di spinta esercitano la necessaria pressione sugli elementi di rivestimento del tunnel (in genere in c.a.) per provocarne l'avanzamento, mentre lo scudo telecomandato (microtunneler) munito di una fresa rotante disgrega il materiale durante l'avanzamento. La testa fresante è conformata e munita di appositi cutters in funzione del tipo di terreno/roccia che si intende attraversare.

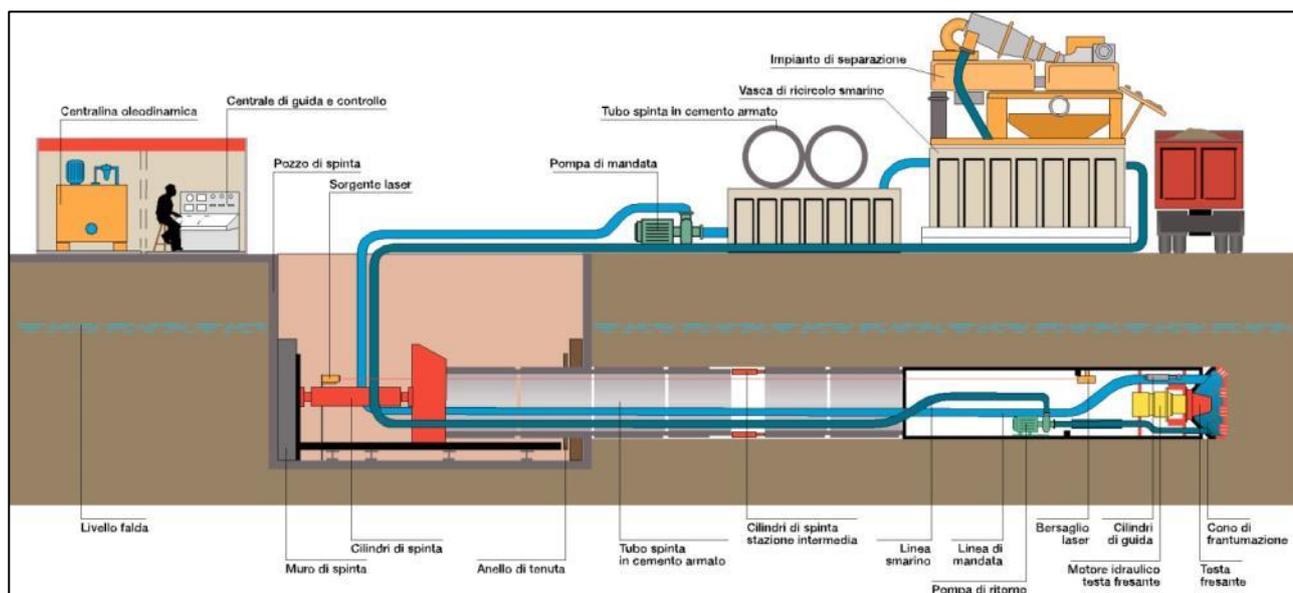


Figura 7.5.3/A – Schema del sistema di microtunneling

Il sistema operativo del microtunneling comprende i seguenti elementi:

**Testa fresante:** al fine di bilanciare le pressioni al fronte di scavo, compresa l'eventuale pressione idrostatica in presenza di falda, la testa fresante sarà di tipo integrale con scudo chiuso a bilanciamento della pressione sul fronte tramite fluidi di perforazione a base bentonitica, in modo da inibire l'afflusso di acqua all'interno del tunnel.

**Stazione di spinta principale e stazioni di spinta intermedie:** la potenza della stazione di spinta principale viene scelta in funzione delle resistenze di avanzamento previste. La spinta della colonna di conci viene integrata da stazioni di spinta intermedie, poste con determinate spaziature in funzione delle caratteristiche operative e del tipo di terreno attraversato, dell'ordine di 100-150 m.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 78 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Tubi di rivestimento in c.a.: per i microtunnel in progetto, destinati a contenere la tubazione del gasdotto di diametro nominale di 400 mm, si utilizzeranno anelli prefabbricati in conglomerato di cemento armato ( $R_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$ , con armatura FeB 44K). Le caratteristiche di resistenza dei tubi dovranno essere garantite per poter sopportare le massime sollecitazioni previsti. Gli anelli dovranno essere muniti di estremità a giunto tali da poter garantire, con l'applicazione di idonee guarnizioni, la tenuta idraulica di pressioni di almeno 5-7 atmosfere. Essi saranno anche dotati di valvole di iniezione (almeno 3 valvole per ogni anello) per poter effettuare iniezioni di fango bentonitico lubrificante durante l'avanzamento e, una volta in posto, iniezioni di cemento-bentonite per l'intasamento dell'intercapedine terreno-tubo di protezione.

Giunti di tenuta idraulica: nella sagomatura dei bordi dei conci in c.a., eventualmente sostituita da collari in acciaio annegati nel calcestruzzo, viene interposto un anello in gomma elastomerica a tenuta idraulica. In tal modo la giunzione dei conci, oltre a garantirne l'impermeabilità nei confronti delle acque di falda, consentirà anche una leggera deviazione angolare tra conci adiacenti per realizzare profili di microtunnel curvilinei.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 79 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 8 CONCLUSIONI

L'attività conoscitiva svolta con sopralluoghi lungo l'intero tracciato, la consultazione della cartografia e bibliografia disponibile nonché le indagini sia dirette che indirette eseguite allo scopo nei tratti di particolare interesse hanno permesso di delineare gli elementi geologici, stratigrafici, morfologici, idrogeologici e strutturali dell'area in esame.

Le risultanze di tale attività hanno consentito, oltre al perfezionamento e ottimizzazione del tracciato, di acquisire adeguata contezza delle condizioni di pericolosità geo-morfologica ed idraulica (queste ultime analizzate nella Relazione di Compatibilità idrologica e idraulica, LSC-130) incontrate lungo il suo sviluppo e di definire gli adeguati interventi di mitigazione.

Il tracciato del metanodotto principale Sansepolcro-Foligno e dei vari metanodotti ad esso connessi si sviluppano per lo più nel fondovalle Tiberino e della Valle Umbra, in ambiente del tutto pianeggiante, dove pertanto non sussistono pericolosità dovute a fenomeni di instabilità di versante. I terreni attraversati sono tutti di origine alluvionale fluviale del F. Tevere e dei suoi affluenti ed anche di origine lacustre del Bacino Tiberino di età pleistocenica.

Solamente in aree di ristretta estensione il tracciato si colloca al di fuori del fondovalle, a causa dell'espansione urbanistica e infrastrutturale che lo occupa interamente, rendendone di fatto impraticabile la collocazione. Tali situazioni per il metanodotto principale Sansepolcro-Foligno sono in corrispondenza dell'abitato di Città di Castello, di Umbertide e del passaggio tra la Valle Tiberina e la Valle Umbra; anche il metanodotto Der. per Perugia attraversa un rilievo collinare.

In tali areali la scelta del tracciato è stata mirata a evitare interferenze con versanti instabili e, soprattutto con le aree segnalate da PAI/IFFI come zone a pericolosità geomorfologica da frana. Tuttavia solo nell'ambito del territorio del comune di Umbertide (PK 43+402÷43+797 e PK 44+460÷44+810) il metanodotto interferisce con tali aree a pericolosità. In particolare esse sono le seguenti:

1. frana per scivolamento quiescente, pericolosità P3 (PK 43+402÷43+581)
2. frana per scivolamento, elemento presunto, pericolosità P1 che costituisce una espansione laterale della precedente (PK 43+581÷43+666)
3. frana per colamento quiescente, pericolosità P3 (PK 43+766÷43+797)
4. frana complessa, elemento presunto, pericolosità P1 (PK 44+460÷44+810).

Le opere in progetto che ricadono nelle aree individuate a pericolosità da frana PAI/IFFI sono costituite solamente dalla installazione della tubazione del metanodotto, interrata con una copertura di almeno 1.5 m, e non comprende strutture fuori terra.

In corrispondenza di tali situazioni sono state eseguite indagini geognostiche, sia dirette che indirette, per caratterizzare i terreni sia dal punto di vista stratigrafico che geotecnico; quindi, sulla base dei risultati acquisiti, sono state condotte specifiche verifiche di stabilità che hanno consentito di scegliere idonee soluzioni che garantiscano la sicurezza della condotta nei confronti degli eventuali fenomeni di instabilità dei versanti.

In corrispondenza delle prime tre situazioni sopra elencate, adiacenti l'una all'altra, il progetto prevede di sottopassare l'area a segnalata pericolosità tramite l'adozione della tecnologia trenchless, collocando la tubazione a notevole profondità (non meno di 40 m nell'ambito dell'area a pericolosità geomorfologica, v. AT-20047-L01-26). Le verifiche di stabilità svolte allo scopo hanno evidenziato che l'area segnalata, seppur con morfologia mossa ad indicare pregressi movimenti gravitativi, attualmente risulta stabile, come d'altronde l'assenza di freschi indizi e la

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 80 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

presenza di vegetazione arborea lasciano intendere. Comunque le verifiche mostrano chiaramente che eventuali superfici di scivolamento si posizionerebbero a profondità assai più superficiali rispetto alle quote della tubazione in progetto e che pertanto essa è da ritenersi assolutamente sicura per quanto riguarda la stabilità di versante.

Per quanto attiene la quarta situazione, la condotta percorre un tratto parallelo al bordo di valle di un paleo accumulo di frana, con pendenza assai modesta, che viene segnalato da PAI/IFFI a pericolosità P1. In tale tratto la condotta in progetto verrà installata con la tecnica tradizionale del cielo aperto in una trincea con strato drenante per eliminare eventuali ristagni d'acqua.

Le verifiche di stabilità eseguite lungo questa area di presunta pericolosità assicurano che essa attualmente risulta stabile. Anche dalle osservazioni in campo non si rilevano evidenze di instabilità né si notano indizi di movimenti sulla strada S.P. n. 170 che passa parallela al tracciato. Inoltre anche il metanodotto esistente, realizzato decenni orsono, che verrà sostituito da quello in progetto, non ha mai manifestato sintomi di deformazioni imputabili a movimenti gravitativi.

Nelle altre limitate zone di attraversamento di pendii collinari, non segnalate a pericolosità PAI/IFFI, in considerazione della natura di scarsa permeabilità dei terreni si è ritenuto di migliorare le condizioni di stabilità intervenendo con locali tratti di drenaggio sotto-condotta o trincee drenanti finalizzati a mantenere depressa la tavola d'acqua o comunque a evitare la formazione di falde superficiali in caso di intense piogge, e quindi l'instaurarsi nel terreno di pressioni neutre.

A tali opere di drenaggio si aggiungono interventi di canalizzazione delle acque di superficie, di protezione dei terreni interessati dai lavori, consistenti in fascinate e palizzate (con lo scopo di limitare l'erosione da parte delle acque di ruscellamento diffuso e fornire un sostegno superficiale e temporaneo alle coltri fin tanto che non si è ripristinata la copertura vegetale), di sostegno di scarpate e di contenimento del materiale di rinterro, nei tratti a forte pendenza, comprendenti palizzate, palificate, muri in gabbioni.

Anche alcuni tratti di metanodotto di cui è prevista la rimozione (v. elenco in Tab. 4.2/A) ricadono in zone a pericolosità da frana PAI/IFFI. In tali tratti, come d'altro canto anche altrove ove se ne manifestasse la necessità, si adotteranno particolari precauzioni al fine di non creare perturbazione all'equilibrio esistente, influenzando negativamente sulla stabilità dei versanti.

Innanzitutto si dovrà operare in periodi siccitosi, quando il terreno nello strato superficiale non sarà saturo e pertanto meglio sopporterà scavi, che dovranno rimanere aperti per il minor tempo possibile. Essi saranno contenuti in profondità, fino alla messa a giorno della tubazione da rimuovere, non oltre. Inoltre si dovrà procedere a campioni, per tratti di limitata lunghezza, provvedendo al completo rinterro della trincea di scavo prima di andare avanti. Si dovranno utilizzare mezzi meccanici leggeri e piste ristrette.

A rinterro ultimato si provvederà a ripristinare perfettamente la geometria ante operam, dando continuità ad eventuali fossi e canalizzazioni delle acque; nei tratti a maggior pendenza, soprattutto in presenza di terreni granulari, si potrà stabilizzare la superficie con opere di ingegneria naturalistica, quali fascinate e palizzate.

In sintesi si può affermare che l'opera in progetto risulta compatibile con l'assetto idrogeologico delle aree attraversate, che non comporta peggioramento delle condizioni di stabilità e che nel contempo non pregiudica la possibilità di mettere in opera eventuali interventi di stabilizzazione che Enti volessero intraprendere.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 81 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## ALLEGATI E ANNESSI

- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar**
  - PG-CGL-001 Carta Litotecnica (1:10.000)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar opere connesse**
  - PG-CGL-002 Carta Litotecnica (1:10.000)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 70 (35) bar**
  - RIM-CGL-001 Tracciato condotta da rimuovere - Carta Litotecnica (1:10.000)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 70 (35) bar opere connesse**
  - RIM-CGL-002 Tracciato condotta da rimuovere - Carta Litotecnica (1:10.000)
- **Annesso 1: Verifiche di stabilità**
- **Annesso 2: Parametri sismici**

## ALLEGATI DI RIFERIMENTO PRESENTI NEL SIA E ANNESSI

- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar**
  - PG-TP-001 Tracciato di Progetto (1:10.000)
  - PG-CGB-001 Geologia (1:10.000)
  - PG-PAI-GEO-001 Piano di Assetto Idrogeologico - geomorfologico - IFFI (1:10.000)
  - PG-TPSO-001 Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche (1:10.000)
  - PG-OM-001 Opere di mitigazione e ripristino (1:10.000)
  - ST-001 DISEGNI TIPOLOGICI
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar opere connesse**
  - PG-TP-002 Tracciato di Progetto (1:10.000)
  - PG-CGB-002 Geologia (1:10.000)
  - PG-PAI-GEO-002 Piano di Assetto Idrogeologico - geomorfologico - IFFI (1:10.000)
  - PG-TPSO-002 Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche (1:10.000)
  - PG-OM-002 Opere di mitigazione e ripristino (1:10.000)
  - ST-002 DISEGNI TIPOLOGICI
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 70 (35) bar**
  - RIM-TP-001 Tracciato condotta da rimuovere (1:10.000)
  - RIM-CGB-001 Geologia (1:10.000)
  - RIM-PAI-GEO-001 Tracciato condotta da rimuovere - Piano di Assetto Idrogeologico - geomorfologico - IFFI (1:10.000)
  - RIM-OM-001 Opere di mitigazione e ripristino (1:10.000)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20047</b>	<b>UNITÀ</b> <b>00</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONI TOSCANA E UMBRIA</b>	<b>LSC - 119</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse</b>	Pagina 82 di 82	<b>Rev.</b> <b>0</b>

- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10'') – MOP 70 (35) bar opere connesse**
- RIM-TP-002 Tracciato condotta da rimuovere (1:10.000)
  - RIM-CGB-001 Geologia (1:10.000)
  - RIM-PAI-GEO-002 Tracciato condotta da rimuovere - Piano di Assetto Idrogeologico - geomorfologico - IFFI (1:10.000)
  - RIM-OM-002 Opere di mitigazione e ripristino (1:10.000)