

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 1 di 52	Rev. 0

Progetto:

RIFACIMENTO METANODOTTO SANSEPOLCRO – FOLIGNO
E OPERE CONNESSE

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
0	Emissione	Amodeo	Gasperini	Luminari	30/09/2021

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 2 di 52	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Scopo del lavoro.....	6
2	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	8
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
4.1	Sondaggi a carotaggio continuo	12
4.2	Prove penetrometriche standard in foro di sondaggio – SPT	16
4.3	Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH	20
4.4	Prelievo di campioni di terreno e roccia	22
4.6	Prove di laboratorio geotecnico	27
5	INDAGINI GEOFISICHE	48
5.1	Prove sismiche in foro Down-Hole	48
5.2	Analisi H.V.S.R.	48
5.3	Prove M.A.S.W.	49
5.4	Tomografie sismiche	50
	ALLEGATI E ANNESSI.....	52
	ALLEGATI DI RIFERIMENTO PRESENTI NEL SIA E ANNESSI	52

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 3 di 52	Rev. 0

1 PREMESSA

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)
Met. Sansepolcro-Foligno	400	75	96,742

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 [^] Pr.	100	75	0,046
Ric. All. Piccini Paolo	100	75	0,057
All. Com. Città di Castello 1 [^] 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 [^] Pr.	100	75	0,163

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 4 di 52	Rev. 0

Denominazione metanodotto	Diametro	DP (bar)	Lunghezza (km)
Ric. All. Com. di Umbertide 3 [^] Pr.	100	75	0,096
All. Com. di Umbertide 1 [^] Pr.	100	75	0,453
Ric. Derivazione per Gubbio	200	75	0,177
Ric. All. Comune di Perugia 5 [^] Pr.	150	75	0,586
Ric. All. Comune di Perugia 4 [^] Pr.	100	75	0,038
Ric. Pot. All. Comune di Perugia 2 [^] 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 [^] 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 [^] Pr.	100	75	0,252
Ric. All. Com. Perugia 2 [^] 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 [^] Pr.	100	75	0,888
All. Ferro Italia	100	75	0,518
Lunghezza complessiva			31,603

Elenco dei metanodotti da porre fuori esercizio

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 5 di 52	Rev. 0

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 6 di 52	Rev. 0

Denominazione metanodotto	Diametro	MOP (bar)	Lunghezza (km)
All. Metano Auto RO.LA	80	70	0,361
All. Mignini e Petrini Spa	100	70	0,073
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 ^a Pr.	100	70	0,163
All. Com. Assisi 1 ^a 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
Lunghezza complessiva			31,257

1.1 Scopo del lavoro

Nella presente relazione si espongono i risultati della campagna di indagini geognostiche e prove in situ, realizzata nell'ambito del progetto "Rifacimento *Metanodotto Sansepolcro-Foligno e opere connesse*".

Sono stati eseguiti/e complessivamente:

- n. 61 sondaggi geognostici a carotaggio continuo a profondità comprese tra - 6 m e - 35 m dal p.c;
- n. 154 SPT (prove penetrometriche standard) in foro di sondaggio;
- n. 107 prelievi di campioni indisturbati di terreno e n. 60 prelievi di campioni rimaneggiati;
- n. 10 prove penetrometriche dinamiche del tipo *Super heavy* DPSH.

L'ubicazione delle singole postazioni di indagine, unitamente alle stratigrafie di dettaglio, documentazione fotografica dei sondaggi geognostici, ai risultati delle Prove Penetrometriche Standard in foro di sondaggio (SPT), nonché le prove penetrometriche in sito DPSH e i certificati di laboratorio geotecnico, sono riportati negli allegati e annessi al presente documento.

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Metanodotti principale in progetto
 - PG-TPSO-001 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 7 di 52	Rev. 0

- Metanodotti in progetto – opere connesse
 - PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche

Mentre gli annessi sono:

- ANNESSO n. 1: Documentazione sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- ANNESSO n. 2: Elaborazione prove penetrometriche standard in foro SPT;
- ANNESSO n. 3: Prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- ANNESSO n. 4: Certificati prove geotecniche di laboratorio.
- ANNESSO n. 5: Prospezioni geofisiche sismica in foro Down Hole
- ANNESSO n. 6: Rapporto tecnico di prova HVSR
- ANNESSO n. 7: Rapporto tecnico di prova sismica MASW
- ANNESSO n. 8: Prove sismiche attive tipo tomografia sismica rifrazione assiale di superficie (TSRAS)

La campagna descritta nel presente studio è stata propedeutica per lo sviluppo degli studi specialistici relativi agli aspetti idrogeologico, sismico, geologico e geomorfologico, riguardanti le aree interessate dalle opere in progetto. Inoltre, i campioni ambientali (CA) prelevati nel corso dei sondaggi sono stati analizzati per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai fini del riutilizzo in sito secondo il D.P.R. 120/17.

Gli elaborati di riferimento ai quali si rimanda sono:

- LSC-104 “Studio idrogeologico”
- LSC-105 “ Pano di utilizzo delle Terre e rocce da scavo”
- LSC-106 “Studio di pericolosità sismica”
- LSC-117 “Relazione geologica”
- LSC-119 “Relazione di compatibilità geomorfologica”

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 8 di 52	Rev. 0

2 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Le attività geognostiche in sito sono state svolte in base alle normative vigenti e secondo quanto riportato sulle norme tecniche di appalto della committenza.

- *Decreto Ministeriale n. 47 (11/3/1988). "Norme Tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce; i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- *Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.*
- *A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) - "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche".*
- *A.G.I. (1994) - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio".*
- *UNI-ENV 1997-3:2002 (Eurocodice 7): "Progettazione Geotecnica-Progettazione assistita con prove in sito".*
- *Decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81 - "Attuazione dell'art. 1 della legge agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.*
- *Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" NTC2018), pubblicato nella G.U. del 20.02.2008 n.42 e s.m.i.*
- *Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018".*
- *ASTM D2216-80; ASTM D85483; ASTM D4318-84; ASTM D421-85; ASTM D2166- 91; ASTM3080-72.*
- *ASTM D1586 - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT and Split-Barrel Sampling of Soils.*
- *ASTM D1587 - Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Fine-Grained Soils for Geotechnical Purposes.*
- *ASTM D5778 - Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.*

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 9 di 52	Rev. 0

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il metanodotto in oggetto si colloca per la prima parte del suo sviluppo nel fondovalle dell'Alta Valtiberina, compresa tra Sansepolcro e Perugia, e quindi nella Valle Umbra nel tratto tra Perugia e Spello.

Solo brevi tratti, intorno all'abitato di Città di Castello e nell'intorno di Perugia, il tracciato interessa dolci rilievi collinari.

Le opere in progetto nel suo sviluppo attraversa il territorio dei seguenti comuni:

- Sansepolcro (AR)
- San Giustino (PG)
- Città di Castello (PG)
- Umbertide (PG)
- Montone (PG)
- Perugia (PG)
- Bastia Umbra (PG)
- Bettona (PG)
- Assisi (PG)
- Torgiano (PG)
- Spello (PG)

In Figura 3–A si riporta la corografia dell'area interessata dal tracciato, evidenziato con linea rossa e in Figura 3–B l'immagine aerea Google.

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 10 di 52	Rev. 0

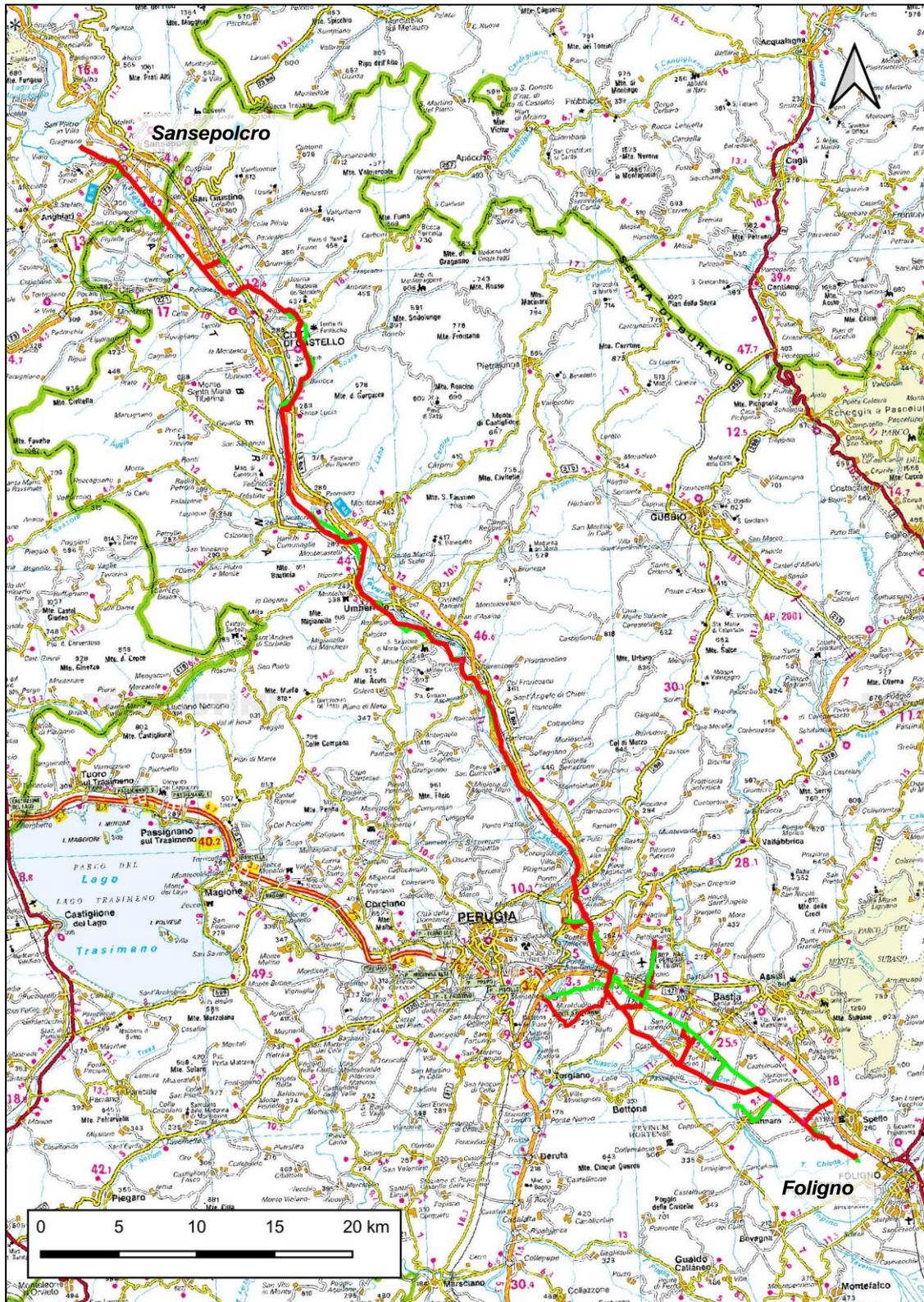


Figura 3-A: Corografia (Linea rossa tracciato metanodotti in progetto, linea verde metanodotto da dismettere)

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 11 di 52	Rev. 0

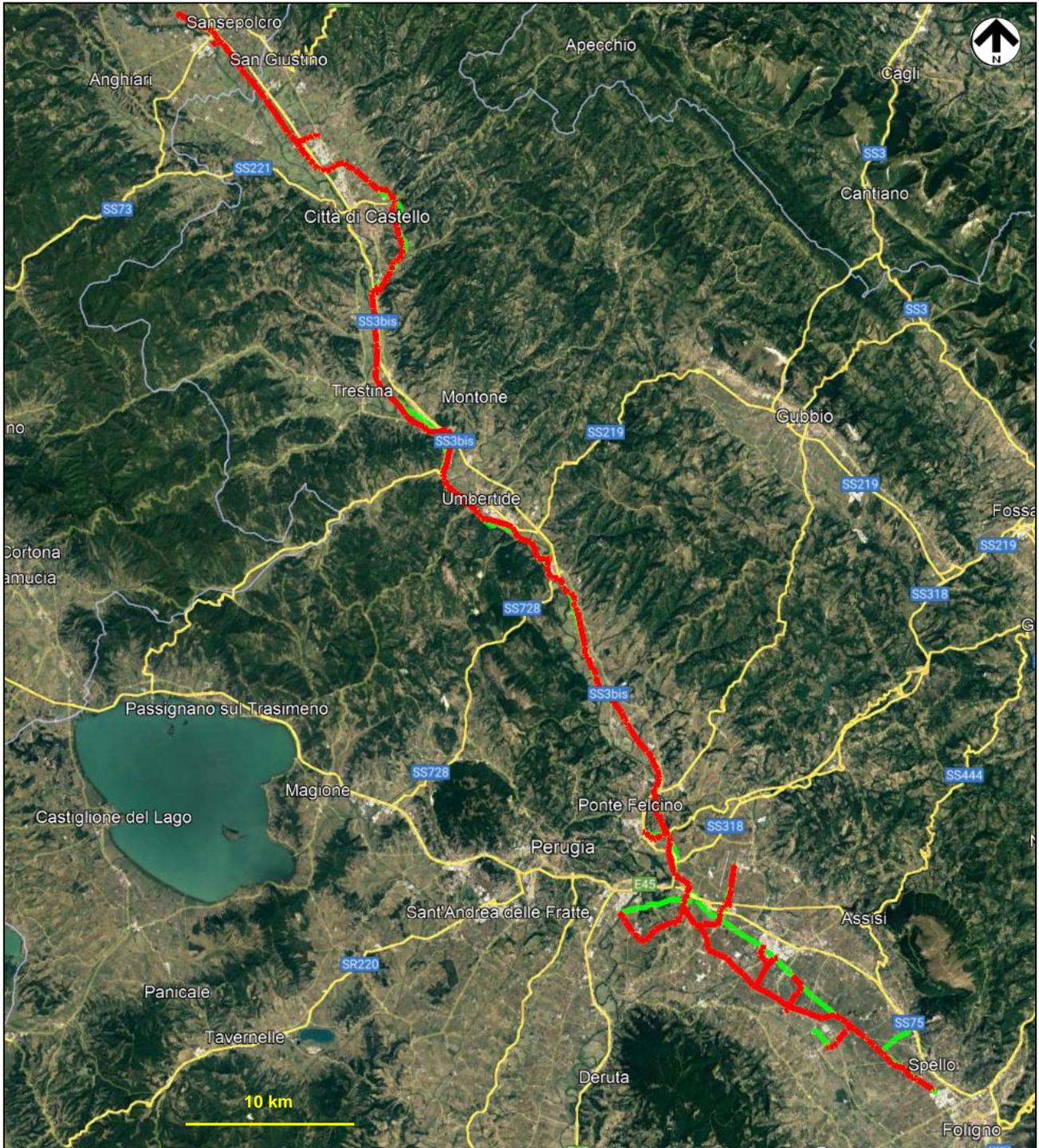


Figura 3–B: Inquadramento territoriale opere in costruzione (in rosso) e dismissione (in verde) – Google Earth

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 12 di 52	Rev. 0

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I n°61 sondaggi sono stati eseguiti con il metodo del carotaggio continuo a rotazione, utilizzando un carotiere di diametro 101 mm e lunghezza 1,00 e 1,50 m.

La colonna di rivestimento del foro è stata realizzata con tubazioni metalliche di diametro di 127 mm mentre le aste di perforazione usate hanno diametro 89,9 mm e lunghezze di 1,50 m e 3,00 m.

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate 2 diverse tipologie di sonde idrauliche: MUSTANG-A66 montata su camion 4x4 Mercedes e CMV800 montata su trattore Landini aventi le caratteristiche riportate rispettivamente nella Tab. 4-A e nella Tab. 4-B.

Tab. 4-A – Sonda oleodinamica MUSTANG A-66

<p>MUSTANG - A66 <i>Velocità di Rotazione:</i> 0 ~ 350 rpm; <i>Motore potenza:</i> 125 hp a 2600 rpm; <i>Coppia Massima:</i> 1000 kgm; <i>Corsa Utile:</i> 3300 mm; <i>Spinta sull'utensile:</i> 6000 Kg; <i>Tiro:</i> 6000 kg; <i>Pompe Acqua triplex L:</i> 200 lt a 40 bar; <i>Scarotatrice:</i> 12 lt a 200 bar</p>	
--	---

Tab. 4-B – Sonda oleodinamica CMV 800

<p>CMV 800 <i>Velocità di Rotazione:</i> 0 ~ 350 rpm; <i>Motore potenza:</i> 82,5 hp a 2300 rpm; <i>Coppia Massima:</i> 820 kgm; <i>Corsa Utile:</i> 3300 mm; <i>Spinta sull'utensile:</i> 2600 Kg; <i>Tiro:</i> 3800 kg; <i>Pompe Acqua Bellini NG 500 L:</i> 200 lt a 40 bar <i>Scarotatrice:</i> 18 lt a 200 bar.</p>	
---	--

Le carote estratte sono state collocate in apposite cassette catalogatrici in PVC, riportanti tutte le indicazioni relative al cantiere: data, committente, località, id. sondaggio, profondità di prelievo.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 13 di 52	Rev. 0

Per ogni punto di sondaggio, il geologo responsabile di cantiere ha fotografato la postazione e le cassette e ha compilato una scheda stratigrafica del sondaggio, completandola con i seguenti punti:

- date di perforazione, metodo di perforazione, attrezzatura impiegata, diametro di perforazione, fluido di circolazione, nominativo del compilatore, percentuale di recupero;
- descrizione stratigrafica con riferimento al tipo di terreno, consistenza, colore, particolarità aggiuntive;
- profondità falda, campioni prelevati, prove eseguite in foro (SPT) e sulle carote di terreno (pocket penetrometer).

Al termine dell'esecuzione delle perforazioni e dei campionamenti, i fori dei sondaggi sono stati sigillati mediante miscela cemento/bentonite.

Per i risultati ottenuti dall'esecuzione, le stratigrafie ed i report fotografici dei sondaggi si rimanda all'Annesso 1 al presente documento di cui ne fa parte integrante.

Le ubicazioni delle indagini sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di un cerchio blu con sigla S_{Gn}. che corrisponde alla sigla sondaggio S_n. riportata nella presente relazione.

Nel seguito si riporta una tabella (vedi Tab. 4-C) riepilogativa, contenente le seguenti indicazioni:

- sigla del sondaggio;
- chilometrica tracciato;
- massima profondità raggiunta;
- coordinate geografiche WGS84;
- numero di campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati prelevati per le prove laboratorio geotecnico;
- numero di campioni ambientali di terreno prelevati per le analisi chimiche;
- numero di prove S.P.T. eseguite all'interno del foro di sondaggio.

Tab. 4-C – Riepilogo sondaggi geognostici eseguiti

Sigla sondaggio	Chilometrica tracciato	Prof. (m)	Coordinate Geografiche (WGS 84)		Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali	Prove SPT
			LAT. (NORD)	LONG. (EST)				
S1	0+000	30	12,093962	43,578367	1	2	3	3
S2	2+600	6	12,122171	43,567491	1	0	3	2
S3	6+250	12	12,149327	43,541988	1	1	3	2
S4	10+620	12	12,180596	43,510754	1	1	3	2
S5	13+750	6	12,205686	43,491374	0	2	3	2
S6	14+960	12	12,217737	43,493318	2	1	3	2
S7	16+300	12	12,232143	43,48991	1	1	3	2
S7bis	16+360	25	12.232.915	43.489.774	0	0	0	0
S8	18+980	12	12,257529	43,47717	1	1	3	2
S9	19+500	6	12,261233	43,473722	1	1	3	2

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 14 di 52	Rev. 0

Sigla sondaggio	Chilometrica tracciato	Prof. (m)	Coordinate Geografiche (WGS 84)		Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali	Prove SPT
			LAT. (NORD)	LONG. (EST)				
S10	20+060	10	12,261766	43,469047	1	0	3	1
S10 bis	20+550	25	12,260082	43,465663	4	0	3	4
S11	20+500	35	12,263353	43,466311	0	3	3	3
S12	22+150	15	12,265463	43,45246	3	0	2	3
S13	22+720	15	12,267526	43,447411	1	1	2	3
S14	23+080	15	12,268025	43,444213	1	2	2	3
S16	24+700	12	12,259216	43,433371	1	1	3	2
S17	26+300	6	12,249395	43,421483	1	1	3	2
S18	26+540	6	12,246724	43,422067	1	1	3	2
S19	34+180	25	12,263088	43,359996	2	1	3	3
S20	34+400	25	12,264528	43,358636	2	1	3	3
S21	36+960	20	12,28748	43,343456	1	2	3	3
S22	37+230	20	12,290112	43,343136	0	2	3	2
S23	38+330	30	12,302892	43,343265	3	1	3	4
S24	38+710	30	12,306236	43,340755	3	1	3	4
S25	40+710	30	12,300602	43,32313	4	0	3	4
S26	40+950	30	12,299546	43,32108	2	2	3	4
S27	43+160	20	12,31253	43,3058	3	0	3	3
S28	43+480	35	12,315134	43,302681	1	3	2	1
S29	44+250	15	12,323292	43,300109	3	1	3	3
S30	44+610	10	12,326096	43,297399	3	1	3	2
S31	45+090	15	12,330265	43,294736	0	3	0	1
S32	45+680	15	12,337032	43,293366	2	1	3	3
S33	49+810	25	12,372909	43,272366	2	1	3	3
S34	49+950	25	12,374385	43,272308	3	0	3	3
S35	50+370	30	12,379771	43,271969	6	1	3	5
S36	53+330	6	12,395619	43,252822	2	0	3	2
S37	54+060	6	12,398309	43,248872	2	0	3	2
S38	60+350	12	12,420453	43,195948	0	2	3	2
S39	60+970	6	12,426659	43,192735	0	2	3	2
S40	63+940	12	12,446149	43,171382	2	0	2	2
S41	66+940	20	12,464227	43,148472	0	4	3	2

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 15 di 52	Rev. 0

Sigla sondaggio	Chilometrica tracciato	Prof. (m)	Coordinate Geografiche (WGS 84)		Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali	Prove SPT
			LAT. (NORD)	LONG. (EST)				
S42	67+340	30	12,462444	43,145234	1	2	3	4
S43	67+910	15	12,460646	43,141185	3	0	3	2
S45	71+950	6	12,470328	43,108277	0	2	2	2
S46	73+400	6	12,476008	43,09613	2	0	3	2
S47	75+000	6	12,486397	43,086898	2	0	3	2
S48	75+270	6	12,484849	43,084403	2	0	3	2
S49	81+770	20	12,524019	43,041223	1	1	3	2
S49 bis	81+900	25	12,52559	43,040728	1	2	0	3
S50	96+740	30	12,672828	42,975047	5	2	3	5
RIC. ALL. NESTLE' IT SANSEPOLCRO								
S51	0+180	6	12,123639	43,561555	0	2	3	2
DER. PER SAN GIUSTINO								
S52	0+400	6	12,190749	43,506727	2	0	3	2
S53	1+630	6	12,202983	43,508932	1	1	3	2
ALL. COLUSSI SPA								
S55	2+370	6	12,514154	43,073989	2	0	3	2
S56	2+900	6	12,515819	43,078309	2	0	3	2
S57	3+030	6	12,516177	43,079696	2	0	3	2
S58	5+350	6	12,52171	43,099671	2	0	3	2
DER. PER PERUGIA								
S62	0+220	15	12,481403	43,072317	3	0	2	3
S63	1+530	30	12,472886	43,067941	4	0	3	4
S64	2+440	30	12,462532	43,064789	4	0	3	4

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 16 di 52	Rev. 0

4.2 Prove penetrometriche standard in foro di sondaggio – SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi, la perforazione è stata accompagnata dall'esecuzione di prove penetrometriche in foro (SPT), le cui profondità sono state scelte sulla base degli interventi in progetto ed in base alla tipologia di terreni effettivamente individuati.

La prova penetrometrica standard (SPT) si esegue durante la perforazione e consiste nel far penetrare nel terreno, per una profondità di 45 cm, un campionatore di dimensioni standardizzate (campionatore a pareti grosse Raymond) collegato alla superficie mediante batteria di aste sulla cui testa agisce un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm (cfr. Annesso 1 al presente documento).

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi per la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$NSPT = N2 + N3.$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63,5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,75 m;
- centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna;
- punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

In Tab. 4-D sono riportate le n° 154 prove SPT eseguite in corrispondenza di ogni sondaggio e le relative profondità.

Tab. 4-D – Riepilogo prove penetrometriche SPT

Sigla sondaggio	SPT e intervallo di profondità	Colpi (N1+N2+N3)	Nspt
S1	SPT1: 5.00-5.45	11-19-26	45
	SPT2: 8.00-8.45	12-21-30	51
	SPT3: 15.50-15.63	50\13 cm	Rif.
S2	SPT1: 3.00-3.45	16-29-37	66
	SPT2: 5.00-5.45	18-28-39	67
S3	SPT1: 3.00-3.45	11-18-27	45
	SPT2: 8.40-8.85	12-21-33	54
S4	SPT1: 3.00-3.07	50\7cm	Rif.
	SPT2: 8.90-9.35	11-18-29	47
S5	SPT1: 3.00-3.45	6-11-21	32
	SPT2: 8.40-8.85	8-13-22	35
S6	SPT1: 5.00-5.45	7-12-14	26
	SPT2: 8.50-8.59	50\9 cm	Rif.
S7	SPT1: 3.00-3.45	7-13-18	31
	SPT2: 6.80-7.25	11-16-21	37

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 17 di 52	Rev. 0

Sigla sondaggio	SPT e intervallo di profondità	Colpi (N1+N2+N3)	Nspt
S8	SPT1: 3.00-3.45	6-9-11	20
	SPT2: 6.50-6.95	11-15-19	34
S9	SPT1: 3.00-3.45	15-21-29	50
	SPT2: 5.00-5.45	18-23-31	54
S10	SPT1: 5.00-5.45	11-18-24	42
S10 bis	SPT1: 5.15-5.75	6-8-10	18
	SPT2: 9.30-9.75	7-9-12	21
	SPT3: 18.00-18.45	8-12-14	26
	SPT4: 22.40-22.85	13-16-21	37
S11	SPT1: 9.00-9.45	17-29-37	66
	SPT2: 18.30-18.40	50\10 cm	Rif.
	SPT3: 28.30-28.75	25-37-48	85
S12	SPT1: 5.40-5.85	8-11-13	24
	SPT2: 9.40-9.85	10-12-14	24
	SPT3: 14.10-14.55	14-17-20	37
S13	SPT1: 3.40-3.85	7-18-27	45
	SPT2: 7.50-7.95	13-24-39	63
	SPT3: 12.00-12.45	15-27-31	58
S14	SPT1: 4.35-4.80	12-15-18	33
	SPT2: 8.40-8.85	16-19-20	39
	SPT3: 12.30-12.42	50\12 cm	Rif.
S16	SPT1: 3.00-3.45	13-21-28	49
	SPT2: 5.40-5.85	15-24-31	55
S17	SPT1: 3.00-3.45	8-12-17	29
	SPT2: 5.00-5.45	11-18-25	43
S18	SPT1: 3.00-3.45	6-11-14	25
	SPT2: 5.00-5.45	4-9-12	21
S19	SPT1: 5.00-5.45	8-13-17	30
	SPT2: 12.00-12.45	15-28-43	71
	SPT3: 18.50-18.95	16-27-45	72
S20	SPT1: 3.00-3.45	8-12-19	31
	SPT2: 11.50-11.95	14-23-37	60
	SPT3: 22.40-22.85	17-28-46	74
S21	SPT1: 3.00-3.45	8-13-19	32
	SPT2: 9.50-9.60	50\10 cm	Rif.
	SPT3: 14.50-14.95	14-36-49	85
S22	SPT1: 3.00-3.45	7-9-12	21
	SPT2: 15.00-15.08	50\8 cm	Rif.
S23	SPT1: 3.00-3.45	7-12-19	31
	SPT2: 15.00-15.45	18-25-39	64
	SPT3: 18.50-18.58	50\8 cm	Rif.
	SPT4: 22.40-22.85	13-16-21	37
S24	SPT1: 3.00-3.45	6-11-19	30
	SPT2: 9.40-9.85	16-27-39	66
	SPT3: 18.50-18.95	18-29-41	70
	SPT4: 23.50-23.95	20-31-43	74
S25	SPT1: 6.10-6.55	23-27-34	61
	SPT2: 14.00-14.45	18-21-30	51
	SPT3: 17.80-18.25	19-23-35	58
	SPT4: 24.40-24.85	23-26-38	64

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 18 di 52	Rev. 0

Sigla sondaggio	SPT e intervallo di profondità	Colpi (N1+N2+N3)	Nspt
S26	SPT1: 8.40-8.85	19-21-29	50
	SPT2: 12.55-13.00	13-17-39	56
	SPT3: 16.60-17.05	21-25-33	58
	SPT4: 25.00-25.45	27-31-34	65
S27	SPT1: 5.30-5.75	7-11-14	25
	SPT2: 10.30-10.75	12-14-17	31
	SPT3: 15.20-15.65	15-23-30	53
S28	SPT1: 5.40-5.85	9-11-13	24
S29	SPT1: 5.30-5.75	5-7-10	17
	SPT2: 10.40-10.85	9-14-27	41
	SPT3: 14.00-14.45	10-16-17	33
S30	SPT1: 5.30-5.75	9-10-12	22
	SPT2: 8.30-8.75	10-12-14	26
S31	SPT1: 5.50-5.69	41-100\4 cm	Rif.
S32	SPT1: 5.00-5.45	16-22-30	52
	SPT2: 8.40-8.85	18-23-33	56
	SPT3: 13.30-13.41	50\11 cm	Rif.
S33	SPT1: 7.30-7.35	50\5 cm	Rif.
	SPT2: 14.50-14.95	20-27-36	63
	SPT3: 21.50-21.95	24-31-43	74
S34	SPT1: 10.40-10.85	10-13-16	29
	SPT2: 18.00-18.45	19-22-29	51
	SPT3: 21.30-21.75	22-29-31	60
S35	SPT1: 5.55-6.00	4-7-9	16
	SPT2: 7.20-7.65	18-21-29	50
	SPT3: 10.30-10.75	9-3-5	8
	SPT4: 15.30-15.75	15-21-27	48
	SPT5: 22.90-23.35	17-23-27	50
S36	SPT1: 3.30-3.75	3-7-10	17
	SPT2: 5.40-5.85	7-8-12	20
S37	SPT1: 3.30-3.75	2-4-7	11
	SPT2: 5.30-5.75	5-8-10	18
S38	SPT1: 7.00-7.45	27-31-34	65
	SPT2: 10.00-10.45	29-34-37	71
S39	SPT1: 3.50-3.95	24-28-32	60
	SPT2: 5.20-5.42	23-100\7 cm	Rif.
S40	SPT1: 5.30-5.75	5-6-10	16
	SPT2: 10.40-10.85	13-16-21	37
S41	SPT1: 7.55-8.00	15-21-26	47
	SPT2: 11.30-11.75	16-23-27	50
S42	SPT1: 5.60-6.05	2-3-5	8
	SPT2: 14.250-14.65	21-25-32	57
	SPT3: 24.00-24.45	21-26-31	57
	SPT4: 27.30-27.75	24-31-34	65
S43	SPT1: 6.30-6.75	7-10-12	22
	SPT2: 10.30-10.75	21-27-31	58

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 19 di 52	Rev. 0

Sigla sondaggio	SPT e intervallo di profondità	Colpi (N1+N2+N3)	Nspt
S45	SPT1: 3.00-3.45	7-8-11	19
	SPT2: 5.00-5.45	9-10-13	23
S46	SPT1: 4.30-4.75	6-8-13	21
	SPT2: 5.60-6.05	8-9-15	24
S47	SPT1: 1.50-1.95	12-15-18	33
	SPT2: 5.40-5.85	9-11-14	25
S48	SPT1: 3.00-3.45	7-10-13	23
	SPT2: 5.20-5.65	8-11-15	26
S49	SPT1: 8.40-8.85	4-7-8	15
	SPT2: 15.30-15.75	22-27-34	61
S49 bis	SPT1: 10.40-10.85	12-14-16	30
	SPT2: 16.50-16.95	24-27-32	59
	SPT3: 22.50-22.95	27-31-35	66
S50	SPT1: 8.40-8.85	7-10-11	21
	SPT2: 12.40-12.85	9-12-14	26
	SPT3: 16.00-16.45	10-12-14	26
	SPT4: 20.40-20.85	14-17-27	44
	SPT5: 26.30-26.75	27-31-39	70
S51	SPT1: 3.00-3.15	50\13 cm	Rif.
	SPT2: 5.00-5.43	15-27-39	66
S52	SPT1: 3.25-3.70	3-4-7	11
	SPT2: 5.25-5.70	5-6-8	14
S53	SPT1: 3.55-4.00	5-8-13	21
	SPT2: 5.30-5.75	5-6-8	14
S55	SPT1: 3.00-3.45	4-5-8	13
	SPT2: 5.20-5.65	5-7-10	17
S56	SPT1: 3.00-3.45	3-3-4	7
	SPT2: 5.40-5.85	3-4-6	10
S57	SPT1: 3.00-3.45	5-6-8	14
	SPT2: 5.00-5.45	6-7-9	16
S58	SPT1: 3.00-3.45	4-5-7	12
	SPT2: 5.20-5.65	5-7-8	13
S62	SPT1: 5.30-5.75	10-12-13	25
	SPT2: 10.30-10.75	12-14-16	30
	SPT3: 14.40-14.85	15-21-23	44
S63	SPT1: 5.35-5.80	8-11-14	25
	SPT2: 14.25-14.70	11-13-16	29
	SPT3: 24.40-24.85	14-17-21	38
	SPT4: 27.40-27.85	15-18-22	40
S64	SPT1: 5.40-5.85	6-8-11	19
	SPT2: 11.30-11.75	10-13-16	29
	SPT3: 19.30-19.75	13-15-19	34
	SPT4: 27.30-27.75	14-19-22	41

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 20 di 52	Rev. 0

4.3 Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche DPSH sono indagini geotecniche puntuali e consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio. Tale asta è prolungabile tramite una batteria di aste di diametro di 32 mm.

L'energia di infissione è fornita da un maglio del peso di 63,5 kg che, battendo a caduta libera sulle aste, cade da un'altezza costante di 75,0 cm, per mezzo di un dispositivo di sganciamento automatico compiendo per ogni battuta un lavoro specifico pari a 234 kJ/mq. Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 20 cm della punta.

La resistenza del terreno dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e pertanto per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato di addensamento dei granuli, mentre per terreni coesivi dipende dal contenuto di umidità naturale.

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno e fornendo una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Le prove DPSH sono state effettuate con un penetrometro dinamico super-pesante PAGANI TG 63-200 kN e/o con un GeoDeepDrill DPSH63-73; le prove sono state eseguite secondo le modalità ISSMFE (1988). Il conteggio dei colpi necessari all'avanzamento di un tratto di asta di lunghezza stabilita, ha permesso di utilizzare le relazioni empiriche che forniscono la resistenza del terreno all'infissione (Rd): consentendo di correlare NDPSH a NSPT e di confrontare NDPSH con qc ottenuto con la prova statica.

Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata durante l'esecuzione delle N°10 DPSH è la seguente suddivisa per macchina utilizzata:

- *PAGANI TG63-200*: maglio di 63,5 kg; altezza di caduta 0,75 m; aste di lunghezza 1,0 m e peso 6,31 kg; penetrazione standard 0,20 cm; punta conica di angolo di apertura 90° e area di 20,43 cm².
- *GeoDeepDrill DPSH63-73*: maglio di 63,5 kg; altezza di caduta 0,75 m; aste di lunghezza 1,0 m e peso 6,3 kg; penetrazione standard 0,20 cm; punta conica di angolo di apertura 90° e area di 20,00 cm².

Per i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove DPSH si rimanda all'Annesso 3 al presente documento di cui ne fa parte integrante.

Le ubicazioni delle indagini sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di un cerchio verde con sigla P_n, che corrisponde alla sigla prova P_n.

In Tab. 4-E sono riportate le n° 10 prove DPSH eseguite, la relativa profondità raggiunta e le coordinate geografiche dei punti di indagine.

Tab. 4-E – Elenco prove penetrometriche dinamiche DPSH

Sigla prova	Chilometrica tracciato	Tipo	Profondità investigata (m)	Coordinate geografiche (WGS 84)	
				LAT. (NORD)	LONG. (EST)
P_01	0+000	dinamica	5.20 – rifiuto strum.	43.578055°	12.093763°
P_02	21+800	dinamica	9.40	43.455469°	12.264557°
P_03	21+890	dinamica	10.00	43.454531°	12.264824°
P_04	22+150	dinamica	10.00	43.452486°	12.265521°

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 21 di 52	Rev. 0

P_05	22+240	dinamica	10.00	43.451994°	12.266373°
P_06	23+500	dinamica	2.60 – rifiuto strum.	43.441444°	12.266869°
P_07	23+630	dinamica	10.00	43.440112°	12.265844°
P_08	24+020	dinamica	9.60	43.438971°	12.261404°
P_09	50+360	dinamica	5.00 – rifiuto strum.	43.272038°	12.379552°
P_10	96+740	dinamica	4.40 – rifiuto strum.	42.975002°	12.672632°

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 22 di 52	Rev. 0

4.4 Prelievo di campioni di terreno e roccia

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati n°106 campioni indisturbati (siglati con Cln.), tramite l'utilizzo di campionatori a pareti sottili tipo Shelby di lunghezza 60 cm e diametro esterno 89 mm, infissi a pressione nel terreno, successivamente sigillati con paraffinatura e tappi a tenuta. Inoltre, sono stati prelevati n° 52 campioni rimaneggiati (siglati con CRn.) e n° 2 campioni lapidei, direttamente dalla cassetta catalogatrice, sigillati in un sacchetto di plastica ed è stato posto al di sopra di esso la sigla del sondaggio e la profondità di prelievo per renderlo facilmente riconoscibile.

Sui vari campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi, sono state eseguite diverse prove di laboratorio; inoltre per ogni sondaggio sono state eseguite prove di tipo Standard Penetration Test sopra descritte. Le profondità di prelievo dei campioni sono state scelte con cura per caratterizzare i target specifici per ogni cambio significativo di litologia e sono visibili in Tab. 4-F.

Sui suddetti campioni sono state eseguite le prove geotecniche di laboratorio illustrate nel paragrafo successivo.

Tab. 4-F – Sondaggi, campioni indisturbati e rimaneggiati e intervalli di profondità

SONDAGGIO	CAMPIONI E PROFONDITÀ DI PRELIEVO
S1	S01 C11: 4.00-4.50 m dal p.c. S01 CR1: 9.00-9.50 m dal p.c. S01 CR2: 15.00-15.50 m dal p.c.
S2	S02 C11: 2,50-3,00 m dal p.c.
S3	S03 CR1: 2,50-3,00 m dal p.c. S03 C11: 8,00-8,40 m dal p.c.
S4	S04 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S04 C11: 8.50-8.90 m dal p.c.
S5	S05 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S05 CR2: 4.60-5.00 m dal p.c.
S6	S06 C11: 4.50-5.00 m dal p.c. S06 CR1: 8.00-8.50 m dal p.c. S06 C12: 11.00-11.50 m dal p.c.
S7	S07 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S07 C11: 6.40-6.80 m dal p.c.
S8	S08 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S08 C11: 6.00-6.50 m dal p.c.
S9	S09 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S09 C11: 4.60-5.00 m dal p.c.
S10	S10 C11: 4.50-5.00 m dal p.c.
S10 bis	S10 bis C11: 5.00-5.30 m dal p.c. S10 bis C12: 9.00-9.30 m dal p.c. S10 bis C13: 17.80-18.00 m dal p.c. S10 bis C14: 22.00-22.40 m dal p.c.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 23 di 52	Rev. 0

SONDAGGIO	CAMPIONI E PROFONDITÀ DI PRELIEVO
S11	S11 CR1: 8.50-9.00 m dal p.c. S11 CR2: 18.00-18.30 m dal p.c. S11 CR3: 28.00-28.30 m dal p.c.
S12	S12 CI1: 5.00-5.40 m dal p.c. S12 CI2: 9.00-9.40 m dal p.c. S12 CI3: 13.80-14.10 m dal p.c.
S13	S13 CR1: 3.00-3.40 m dal p.c. S13 CI1: 7.00-7.50 m dal p.c.
S14	S14 CI1: 4.00-4.35 m dal p.c. S14 CR1: 8.00-8.40 m dal p.c. S14 CR2: 12.00-12.30 m dal p.c.
S16	S16 CR1: 2.50-3.0 m dal p.c. S16 CI1: 5.00-5.40 m dal p.c.
S17	S17 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S17 CI1 4.50-5.00 m dal p.c.
S18	S18 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S18 CI1: 4.60-5.00 m dal p.c.
S19	S19 CR1: 4.50-.5.00 m dal p.c. S19 CI1: 11.50-12.00 m dal p.c. S19 CI2: 18.00-18.50 m dal p.c.
S20	S20 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S20 CI1: 11.00-11.50 m dal p.c. S20 CI2: 22.00-22.40 m dal p.c.
S21	S21 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S21 CR2: 9.00-9.50 m dal p.c. S21 CI1: 14.00-14.50 m dal p.c.
S22	S22 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S22 CR2: 14.60-15.00 m dal p.c.
S23	S23 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S23 CI1: 14.60-15.00 m dal p.c. S23 CI2: 18.00-18.50 m dal p.c. S23 CI3: 27.00-27.40 m dal p.c.
S24	S24 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S24 CI1: 9.00-9.40 m dal p.c. S24 CI2: 18.00-18.50 m dal p.c. S24 CI3: 23.00-23.50 m dal p.c.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 24 di 52	Rev. 0

SONDAGGIO	CAMPIONI E PROFONDITÀ DI PRELIEVO
S25	S25 CI1: 13.70-14.00 m dal p.c. S25 CI2: 17.40-17.80 m dal p.c. S25 CI3: 24.00-24.40 m dal p.c. S25 CI4: 29.00-29.30 m dal p.c.
S26	S26 CI1: 12.30-12.55 m dal p.c. S26 CI2: 16.30-16.60 m dal p.c. S26 CR1: 22.30-22.30 m dal p.c. S26 CR2: 29.50-29.65 m dal p.c.
S27	S27 CI1: 5.00-5.50 m dal p.c. S27 CI2: 10.00-10.30 m dal p.c. S27 CI3: 15.00-15.20 m dal p.c.
S28	S28 CI1: 5.00-5.40 m dal p.c. S28 CR1: 13.00-13.30 m dal p.c. S28 CL1: 17.40-17.60 m dal p.c. S28 CL2: 26.50-26.70 m dal p.c.
S29	S29 CR1: 3.00-3.40 m dal p.c. S29 CI1: 5.00-5.30 m dal p.c. S29 CI2: 10.00-10.40 m dal p.c. S29 CI3: 13.60-14.00 m dal p.c.
S30	S30 CI1: 5.00-5.30 m dal p.c. S30 CI2: 7.00-7.25 m dal p.c. S30 CI3: 8.00-8.30 m dal p.c. S30 CR1: 9.80-10.00 m dal p.c.
S31	S31 CR1: 5.00-5.30 m dal p.c. S31 CR2: 10.00-10.20 m dal p.c. S31 CR3: 13.40-13.60 m dal p.c.
S32	S32 CI1: 4.40-5.00 m dal p.c. S32 CI2: 8.00-8.40 m dal p.c. S32 CR1: 12.00-12.30 m dal p.c.
S33	S33 CR1: 7.00-7.30 m dal p.c. S33 CI1: 14.00-14.50 m dal p.c. S33 CI2: 21.00-21.50 m dal p.c.
S34	S34 CI1: 10.00-10.40 m dal p.c. S34 CI2: 17.80-18.00 m dal p.c. S34 CI3: 21.00-21.30 m dal p.c.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 25 di 52	Rev. 0

SONDAGGIO	CAMPIONI E PROFONDITÀ DI PRELIEVO
S35	S35 CI1: 5.30-5.55 m dal p.c. S35 CI2: 10.00-10.30 m dal p.c. S35 CI3: 15.00-15.30 m dal p.c. S35 CI4: 22.60-22.90 m dal p.c. S35 CI5: 25.00-25.30 m dal p.c. S35 CI6: 27.60-28.00 m dal p.c.
S36	S36 CI1: 3.00-3.30 m dal p.c. S36 CI2: 5.00-5.40 m dal p.c.
S37	S37 CI1: 3.00-3.50 m dal p.c. S37 CI2: 5.00-5.30 m dal p.c.
S38	S38 CR1: 6.00-6.20 m dal p.c. S38 CR2: 11.80-12.00 m dal p.c.
S39	S39 CR1: 3.00-3.20 m dal p.c. S39 CR2: 5.00-5.20 m dal p.c.
S40	S40 CI1: 5.00-5.30 m dal p.c. S40 CI2: 10.00-10.40 m dal p.c.
S41	S41 CR1: 7.20-7.40 m dal p.c. S41 CR2: 12.60-12.80 m dal p.c. S41 CR3: 15.00-15.20 m dal p.c. S41 CR4: 19.30-19.50 m dal p.c.
S42	S42 CI1: 5.30-5.60 m dal p.c. S42 CR1: 12.80-13.00 m dal p.c. S42 CR2: 18.80-20.00 m dal p.c.
S43	S43 CI1: 6.00-6.30 m dal p.c. S3 CI2: 10.00-10.30 m dal p.c. S43 CI3: 13.70-14.00 m dal p.c.
S45	S45 CR1: 4.10-4.30 m dal p.c. S45 CR2: 5.80-6.00 m dal p.c.
S46	S46 CI1: 3.40-3.70 m dal p.c. S46 CI2: 5.20-5.60 m dal p.c.
S47	S47 CI1: 4.55-4.80 m dal p.c. S47 CI2: 5.00-5.40 m dal p.c.
S48	S48 CI1: 2.30-2.50 m dal p.c. S48 CI2: 5.00-5.20 m dal p.c.
S49	S49 CI1: 8.00-8.40 m dal p.c. S49 CR1: 18.40-18.60 m dal p.c.
S49 bis	S49 bis CI1: 10.00-10.40 m dal p.c. S49 bis CR1: 15.00-15.20 m dal p.c. S49 bis CR2: 21.00-21.20 m dal p.c.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 26 di 52	Rev. 0

SONDAGGIO	CAMPIONI E PROFONDITÀ DI PRELIEVO
S50	S50 CI1: 8.00-8.40 m dal p.c. S50 CI2: 12.00-12.40 m dal p.c. S50 CI3: 15.20-16.00 m dal p.c. S50 CI4: 18.00-18.35 m dal p.c. S50 CI5: 20.00-20.40 m dal p.c. S50 CR1: 23.40-23.60 m dal p.c. S50 CR2: 29.80-30.00 m dal p.c.
S51	S51 CR1: 2.50-3.00 m dal p.c. S51 CR2: 4.50-5.00 m dal p.c.
S52	S52 CI1: 3.00-3.25 m dal p.c. S52 CI2: 5.00-5.25 m dal p.c.
S53	S53 CR1: 3.00-3.20 m dal p.c. S53 CI1: 5.00-5.30 m dal p.c.
S55	S55 CI1: 2.80-3.00 m dal p.c. S55 CI2: 5.00-5.20 m dal p.c.
S56	S56 CI1: 2.80-3.00 m dal p.c. S56 CI2: 5.00-5.40 m dal p.c.
S57	S57 CI1: 2.80-3.00 m dal p.c. S57 CI2: 5.80-6.00 m dal p.c.
S58	S58 CI1: 2.80-3.00 m dal p.c. S58 CI2: 5.00-5.20 m dal p.c.
S62	S62 CI1: 5.00-5.30 m dal p.c. S62 CI2: 10.00-10.30 m dal p.c. S62 CI3: 14.00-14.40 m dal p.c.
S63	S63 CI1: 5.00-5.35 m dal p.c. S63 CI2: 14.00-14.25 m dal p.c. S63 CI3: 24.00-24.40 m dal p.c. S63 CI4: 27.00-27.40 m dal p.c.
S64	S64 CI1: 5.00-5.40 m dal p.c. S64 CI2: 11.00-11.30 m dal p.c. S64 CI3: 19.00-19.30 m dal p.c. S64 CI4: 27.00-27.30 m dal p.c.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 27 di 52	Rev. 0

4.6 Prove di laboratorio geotecnico

Sui n°106 campioni indisturbati (CIn.), n°52 campioni rimaneggiati (CRn.) e n°2 campioni lapidei prelevati sono state eseguite prove geotecniche dal laboratorio M.T.R. Meccanica Terre e Rocce, con sede in Troina (EN) e autorizzato dal Consiglio Superiore LL.PP. a certificare le prove su terre e rocce (Decreto 8502 del 22/12/2009).

I campioni prelevati sono stati sottoposti alle prove indicate nella seguente Tab. 4-G.

Tab. 4-G – Prove di laboratorio e normativa di riferimento.

Prova di laboratorio	Normativa di riferimento
Apertura e descrizione generale del campione	Raccomandazioni AGI 1994
Contenuto d'acqua allo stato naturale	ASTM D2216-80
Peso di volume allo stato naturale	Raccomandazioni AGI 1994
Peso specifico dei granuli	ASTM D854-83
Limiti di Atterberg (LL/LP/LR)	ASTM D4318-84
Analisi granulometrica	ASTM D421-85 - raccomandazioni AGI 1994
Prova di espansione laterale libera	ASTM D2166-91
Prova di taglio diretto	D3080-72 Raccomandazioni AGI 1994

➤ **Contenuto d'acqua allo stato naturale, peso di volume allo stato naturale e peso specifico dei granuli**

Il contenuto naturale d'acqua di un campione di terreno rappresenta la determinazione più semplice e più comunemente effettuata in laboratorio. Tale indagine porta ad un primo riconoscimento del materiale in oggetto e la sua determinazione permette di discriminare il terreno in base alla litologia. La prova viene effettuata si esegue su un campione indisturbato da cui si prelevano alcuni provini, che vengono pesati, essiccati in forno a 105-110°C fino a massa costante e ripesati a temperatura ambiente. Le masse secca e umida così determinate consentono il calcolo della percentuale d'acqua contenuta in ciascun provino.

La determinazione del peso di volume è di grande utilità per i campioni che verranno poi sottoposti a prove di compressibilità e resistenza al taglio; la procedura permette di ricavare un campione di volume noto senza alterarne naturalmente la struttura.

La metodologia per la determinazione di tale parametro avviene mediante pesatura del campione naturale, successiva immersione in paraffina liquida e pesatura finale in acqua distillata, determinando, così, il peso totale di un campione (compreso il peso dell'acqua) in rapporto al volume totale occupato.

Il peso specifico dei granuli rappresenta il rapporto tra il peso del campione secco ed il volume occupato dai soli granuli, e costituisce un dato fondamentale per diverse tipologie di prova su terre. È determinata con il metodo del picnometro calibrato, che consente di determinare la massa volumica dei grani conoscendo il volume occupato dai grani ed il peso secco del materiale.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 28 di 52	Rev. 0

➤ Limiti di Atterberg

Rappresentano il valore limite del contenuto di acqua per il quale si registra una transizione dello stato fisico del terreno.

In particolare, si distinguono i seguenti limiti:

- Limite liquido (W_L), si determina mediante il Cucchiaino di Casagrande. All'interno di esso viene disposto un provino lavorato con acqua su cui viene praticato un solco. Con un dispositivo a manovella il Cucchiaino viene lasciato cadere ripetutamente, ad intervalli di tempo regolari, contando il numero di colpi necessari a far richiudere il solco per 13 mm di lunghezza;
- Limite di plasticità (W_P), si determina realizzando manualmente dei bastoncini di 3,2 mm di spessore e rotolandoli su una lastra di materiale poroso sino all'inizio della loro fessurazione. Generalmente si effettuano 3 determinazioni e si assume il valore medio;
- Limite di ritiro (W_S), si determina su un provino indisturbato che viene essiccato per passi successivi e del quale viene misurato il contenuto d'acqua ad ogni passaggio.

➤ Analisi granulometrica

- L'analisi granulometrica si effettua per la classificazione dei terreni e si esegue mediante l'utilizzo di due procedimenti differenti, quali setacciatura e sedimentazione.
- Nel metodo per setacciatura vengono utilizzati una serie di setacci con dimensione della maglia decrescente verso il basso (standard A.S.T.M. da 4,76 mm a 0,074 mm).
- La vagliatura avviene attraverso il posizionamento della serie di setacci su una piastra vibrante, la quale viene lasciata operare per almeno 15 minuti; al termine ciascun setaccio, precedentemente tarato, viene pesato, è possibile, così, calcolare percentualmente il peso della frazione di materiale che passa da una determinata dimensione della maglia di un setaccio.
- Per la componente fine di diametro compreso tra 0,074 e 0,001 mm (limi e argille) si effettua un'analisi di sedimentazione, con l'ausilio di densimetri. Tali strumenti sono basati sul principio del galleggiamento, cioè sulla misura della densità di sospensione, ottenuta miscelando il materiale ad acqua con aggiunta di sostanze disperdenti.
- L'interpretazione è basata sulla legge di Stokes, la quale correla la velocità di sedimentazione di una particella in sospensione al diametro della stessa ed alla densità della miscela.
- I risultati vengono riportati sulla curva granulometrica.

➤ Prova di taglio diretto

La prova di taglio diretto consiste nel sottoporre un campione di terreno, lungo un suo piano di scorrimento, a due forze poste su piani ortogonali tra loro, in particolare, ad una pressione normale costante, verticale, e ad una tensione tangenziale crescente, orizzontale.

Il provino, di base quadrata di 60 mm ed altezza di 20-30 mm, completamente immerso in acqua in modo che non si annullino le pressioni a contorno, viene posizionato all'interno di una cella detta scatola di Casagrande, costituita da due semiscatole per consentire lo scivolamento della parte superiore rispetto a quella inferiore.

La prova, sempre in condizioni drenate, viene condotta su almeno tre provini appartenenti allo stesso campione di terreno, preventivamente consolidati a tre valori di pressione differenti.

Le prove di taglio diretto si dividono in due fasi: fase di consolidazione e fase di taglio. Durante la prima fase vengono applicati dei carichi crescenti in tempi prestabiliti; durante la seconda fase,

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 29 di 52	Rev. 0

invece, la prova viene condotta a velocità costante e relativamente bassa in modo da permettere la dissipazione delle pressioni interstiziali.

In conclusione, i parametri fisico meccanici ottenuti da questa prova sono l'angolo di attrito ϕ' e la coesione efficace c' .

➤ **Prova di espansione laterale libera (ELL)**

La prova di espansione laterale rappresenta un modo semplice ed immediato per valutare la resistenza al taglio non drenata C_u dei terreni coesivi.

La prova consiste nel sottoporre ad una pressione verticale, dall'alto verso il basso, lungo la direzione dell'asse maggiore, un campione cilindrico indisturbato di terreno, a forma di cilindretto, fino alla rottura, ma lasciandolo libero di espandersi lateralmente.

La fase di compressione viene effettuata ad una velocità di deformazione costante, in modo tale che la prova si concluda nel giro di circa 10-15 minuti.

La strumentazione è rappresentata da una pressa meccanica a sviluppo verticale, un comparatore centesimale per la misura degli abbassamenti, un anello dinamometrico per la determinazione della resistenza.

Per i risultati ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio si rimanda all'Annesso 4 al presente documento di cui ne fa parte integrante.

In Tab. 4-H sono riportati i parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio sui diversi campioni.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 30 di 52	Rev. 0

Tab. 4-H – Riassunto parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio sui campioni di terreno

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti				Taglio		Descrizione visiva
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'	
																	KN/m ²	(°)	
S 1	C 1	4,50 - 5,00	22,00	1,98	2,71	0,67	0,40	89,13	0,00	6,74	31,01	62,25	46	23	1,02	A 7 -6	31	20	Argilla limosa di colore nocciola a media consistenza
S 1	CR 1	9,00 - 9,50	11,02	1,78	2,67	0,66	0,40	44,46	37,93	17,18	13,17	31,72	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa con inclusi litici cm e mm, di colore beige chiaro, a composizione carbonatica. Materiale sciolto
S 1	CR 2	15,00 - 15,50	16,04	1,78	2,70	0,76	0,43	57,03	16,94	14,21	21,83	47,03	41	26	1,63	A 7-6	--	--	Argilla limosa a composizione carbonatica a struttura caotica di colore beige a media consistenza. Presenza di inclusi litici centimetrici poligenici
S2	C 1	2,50 - 3,00	20,46	2,07	2,71	0,58	0,37	96,04	0,61	30,12	25,36	43,91	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa a tratti sabbiosa di colore nocciola a media consistenza
S 2	CR 1	4,50 - 5,00	18,22	2,05	2,70	0,56	0,36	88,62	0,00	31,77	26,10	42,13	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa a noduli sabbiosi di colore marrone chiaro a media consistenza
S 3	CR 1	2,50 - 3,00	13,90	1,84	2,68	0,66	0,40	56,54	1,66	56,19	22,30	19,85	--	--	--	--	--	--	Sabbia e limo con sporadici inclusi litici millimetrici di colore bruno marrone a medio addensamento, a composizione carbonatica.
S 4	CR 1	2,50 - 3,00	6,75	1,79	2,67	0,59	0,37	30,53	44,94	35,32	--	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia con inclusi litici poligenici poco limosa di colore beige-chiaro a medio addensamento
S5	CR 1	2,50 - 3,00	20,06	1,92	2,70	0,69	0,41	78,59	0,00	3,49	39,40	57,11	--	--	--	--	--	--	Argilla con limo a composizione carbonatica di colore nocciola, a consistenza media-bassa

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 31 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				%	%	%	%	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'		
																KN/m ²	(°)		
S5	CR 2	4,60 - 5,00	20,54	1,99	2,71	0,64	0,39	86,62	0,96	14,89	32,62	51,53	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore nocciola a media consistenza
S 6	CI 1	4,50 - 5,00	21,64	2,03	2,71	0,62	0,38	94,14	3,72	10,27	36,04	49,97	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di color nolcciola con sporadici inclusi litici, a media consistenza
S 6	CR 1	8,00 - 8,50	11,11	1,89	2,69	0,58	0,37	51,73	49,26	31,03	--	--	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici poligenici in matrice sabbiosa-limosa, umida, a struttura caotica di colore nocciola
S 7	CR 1	2,50 - 3,00	8,14	1,78	2,69	0,63	0,39	34,60	34,33	30,17	21,03	14,47	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici in matrice sabbiosa-limosa, carbonatica, di colore nocciola a medio addensamento
S 7	C 1	6,40 - 6,80	24,68	2,01	2,72	0,69	0,41	97,41	0,24	5,98	32,86	60,92	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di colore nocciola con consistenza medio plastica
S 8	CR 1	2,50 - 3,00	22,15	1,92	2,69	0,71	0,41	84,13	0,00	18,89	41,86	39,25	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso debolmente sabbioso carbonatico a consistenza medio - bassa, di colore beige
S 8	C 1	6,00 - 6,50	23,49	2,03	2,71	0,65	0,39	98,56	0,00	18,98	29,02	52,00	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a consistenza medio - plastica
S9	CR 1	2,50 - 3,00	23,85	1,96	2,71	0,71	0,42	90,95	0,27	2,67	38,73	58,33	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa con inclusi litici millimetrici, a media consistenza, di colore beige

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 32 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 10	C 1	4,50 - 5,00	22,60	2,05	2,72	0,62	0,38	98,40	0,00	4,16	36,73	59,11	69	11	0,80	A 7-6	31	22	Argilla limosa carbonatica di colore nocciola a sfumature brune, buona consistenza
S10bis	C1	5,00 - 5,30	30,51	1,87	2,67	0,87	0,46	93,83	0,01	41,14	22,83	36,01	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa a composizione carbonatica, di colore nocciola a medio addensamento
S10bis	C2	9,00 - 9,30	20,01	1,95	2,70	0,66	0,40	82,13	0,87	43,31	19,65	36,17	--	--	--	--	--	--	Sabbia argillosa limosa, a composizione carbonatica, di colore nocciola a medio addensamento
S10bis	C3	17,80 - 18,00	21,08	1,96	2,71	0,67	0,40	85,26	0,00	4,85	36,04	59,11	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore verde petrolio, a media consistenza
S10bis	C4	22,00 - 22,40	20,90	1,90	2,71	0,72	0,42	78,07	0,18	6,11	42,86	50,85	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa poco sabbiosa carbonatica, di colore beige a media consistenza
S12	C1	5,00 - 5,40	20,63	1,99	2,72	0,64	0,39	87,02	1,40	14,78	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa con inclusi litici mm, carbonatica a consistenza medio-plastica
S12	C2	9,00 - 9,40	20,48	2,08	2,70	0,57	0,36	97,74	0,17	8,81	--	--	--	--	--	--	31	22	Argilla marnosa di colore beige a media consistenza
S12	C3	13,80 - 14,10	18,40	2,06	2,71	0,56	0,36	89,40	14,05	13,84	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore beige a media consistenza, con presenza di livelli contenenti inclusi litici mm

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 33 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
									Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
			(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	KN/m ²	(°)			
S13	C 1	7,00 - 7,50	22,35	2,04	2,71	0,63	0,38	96,85	0,12	16,74	30,44	52,70	43	27	1,25	A 7-6	38	20	Argilla marnosa di colore nocciola a media consistenza
S 13	C 2	12,00 - 12,50	22,53	2,05	2,71	0,62	0,38	98,29	0,00	13,93	35,87	50,19	49	10	0,68	A 7-6	30	22	Argilla marnosa di colore grigio/verdastro a buona consistenza
S 13	CR 1	3,00 - 3,40	14,53	2,00	2,70	0,55	0,35	71,71	22,75	13,73	19,68	43,85	38	23	1,58	A 6	35	21	Argilla limosa a tratti sabbiosa con inclusi litici millimetrici, carbonatica, a media consistenza, di colore beige
S14	C1	4,00 - 4,35	15,09	2,08	2,72	0,51	0,34	80,98	0,07	2,82	--	--	45	22	1,30	A7-6	43	21	Argilla marnosa di colore nocciola, a buona consistenza
S16	CR 1	2,50 - 3,00	6,60	1,85	2,69	0,55	0,36	32,06	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia con limo a composizione carbonatica con inclusi litici da millimetrici a centimetrici di colore marrone
S 16	C1	5,00 - 5,40	14,95	2,08	2,72	0,50	0,33	81,15	0,00	21,99	33,60	44,41	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa debolmente sabbiosa carbonatica, di colore grigio a buona consistenza
S 17	CR 1	2,50 - 3,00	15,78	2,02	2,71	0,55	0,36	77,31	13,03	35,71	28,16	23,10	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa con sabbia, carbonatica, di colore marrone a media consistenza con inclusi litici millimetrici
S17	C 1	4,50 - 5,00	23,82	2,01	2,71	0,67	0,40	96,17	0,27	11,80	32,13	55,80	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa di colore marrone a media consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 34 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				%	%	%	%	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'		
																KN/m ²	(°)		
S 18	CR 1	2,30 - 3,00	19,04	1,93	2,72	0,67	0,40	76,77	1,57	18,24	32,10	48,08	57	29	1,34	A 7-6	38	27	Argilla marnosa con sporadici inclusi litici di colore marrone-bruno a buona consistenza
S18	C 1	4,60 - 5,00	25,90	2,00	2,71	0,70	0,41	99,43	0,43	15,61	47,05	36,91	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso con sabbia a composizione carbonatica e umido, di colore beige a bassa consistenza
S 19	CR 1	4,50 - 5,00	29,83	1,87	2,69	0,87	0,47	91,95	0,03	16,32	54,17	29,48	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso umido e sabbioso, carbonatico, di colore nocciola, a media consistenza
S19	C 1	11,50 - 12,00	18,52	2,11	2,72	0,53	0,35	95,33	0,00	0,32	38,93	60,75	50	27	1,36	A 7-6	--	--	Argilla limosa, con filetti sabbiosi di colore grigio a composizione carbonatica e a buona consistenza
S 19	C 1	18,00 - 18,50	20,97	1,96	2,70	0,67	0,40	84,50	0,00	1,64	35,87	62,49	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a venature nocciola a buona consistenza
S 20	CR 1	2,50 - 3,00	18,63	1,76	2,69	0,81	0,45	61,79	0,00	39,85	31,81	28,34	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica di colore marrone chiaro a medio addensamento
S 20	C 1	11,00 - 11,50	24,39	1,96	2,71	0,72	0,42	91,47	1,21	3,67	45,38	49,75	44	25	1,01	A 7-6	--	--	Argilla marnosa di colore grigio scuro a buona consistenza, con sporadici inclusi litici
S 20	C 2	22,00 - 22,40	15,94	2,09	2,70	0,49	0,33	87,19	0,00	1,86	36,18	61,96	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio scuro a buona consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 35 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 21	CR 1	2,50 - 3,00	6,97	1,69	2,69	0,71	0,41	26,55	39,39	43,59	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica di colore nocciola a medio addensamento, con inclusi litici della stessa natura	
S 21	CR 2	9,00 - 9,50	11,92	1,91	2,69	0,57	0,36	55,96	11,57	70,91	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica con inclusi siltitici di colore nocciola a medio addensamento	
S 21	C 1	14,00 - 14,50	17,31	2,06	2,73	0,55	0,36	85,68	0,00	15,40	25,17	59,44	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a buona consistenza	
S 22	CR 1	2,50 - 3,00	16,03	1,68	2,69	0,86	0,46	50,38	6,69	48,95	16,15	28,21	--	--	--	--	--	Sabbia poco limosa carbonatica con sporadici inclusi litici sub-arrotondati di colore marrone a medio addensamento	
S 22	CR 2	14,60 - 15,00	9,31	2,05	2,73	0,45	0,31	55,82	47,13	27,94	13,42	11,51	--	--	--	--	--	Frammenti litici da mm a cm immersi in matrice sabbiosa-limosa, a struttura caotica di colore grigio-azzurro chiaro	
S 23	CR 1	2,50 - 3,00	16,34	1,67	2,70	0,88	0,47	49,92	0,00	45,80	34,83	19,37	--	--	--	--	--	Sabbia e limo carbonatico di colore marrone a media consistenza	
S 23	C 1	14,60 - 15,00	12,67	2,15	2,74	0,44	0,30	79,28	0,57	28,71	28,49	42,23	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di colore grigio/azzurro a buona consistenza con filetti di sabbia fine di colore grigio	
S23	C2	18,00 - 18,50	18,71	2,07	2,74	0,57	0,36	90,11	0,13	20,57	31,65	47,65	--	--	--	--	--	Argilla marnosa debolmente limosa, di colore grigio-verdastro a buona consistenza	

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 36 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
									%	%	%	%					KN/m ²		(°)
S23	C3	27,00 - 27,40	13,97	2,17	2,70	0,42	0,30	89,65	4,40	48,80	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia con limo e argilla carbonatica, con sporadici inclusi litici millimetrici, di colore verde petrolio	
S 24	CR 1	2,50 - 3,00	11,52	1,74	2,70	0,73	0,42	42,66	15,16	41,20	28,30	15,35	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica con inclusi litici poligenici di colore marrone	
S 24	C 2	9,00 - 9,50	13,20	2,08	2,70	0,47	0,32	75,90	0,00	20,85	31,73	47,42	42	19	1,24	A 7-6	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a buona consistenza
S 24	C 3	23,00 - 23,50	14,47	2,14	2,70	0,45	0,31	87,48	0,00	25,13	33,96	40,90	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio verdastro a buona consistenza
S25	C1	13,70 - 14,00	13,49	2,12	2,70	0,44	0,31	81,98	13,66	23,46	17,12	45,76	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica, con inclusi siltitici eterometrici a buona consistenza, di colore verde petrolio
S25	C2	17,40 - 17,80	14,37	2,16	2,73	0,44	0,31	88,27	2,60	18,03	27,52	51,85	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa con livelli contenenti inclusi litici mm, di colore verde petrolio, a buona consistenza
S25	C3	24,00 - 24,40	12,51	2,12	2,73	0,45	0,31	75,55	0,00	29,65	22,48	47,87	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa di colore verde petrolio a buona consistenza
S26	C1	12,30 - 12,55	14,66	2,16	2,72	0,44	0,31	89,91	0,16	30,15	32,59	37,09	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa, sabbiosa con sporadici inclusi litici carbonatici biancastri, di colore verde petrolio a buona consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 37 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				%	%	%	%	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'		
																KN/m ²	(°)		
S26	C2	16,30 - 16,60	11,65	2,10	2,70	0,43	0,30	72,61	15,17	23,83	21,94	39,06	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa debolmente limosa, con sporadici inclusi litici mm di colore, grigio-verdastro a buona consistenza
S26	CR1	22,30 - 22,60	12,72	2,14	2,74	0,44	0,31	79,06	0,00	22,39	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa debolmente limosa, con sporadici inclusi litici mm di colore, grigio-verdastro a buona consistenza
S26	CR2	29,50 - 29,65	12,48	2,00	2,69	0,51	0,34	65,84	35,11	33,40	--	--	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici immersi in matrice sabbiosa limosa, a composizione carbonatica, di colore grigio-azzurro a medio addensamento
S 27	C 1	5,00 - 5,30	16,94	2,01	2,69	0,57	0,36	80,58	0,60	43,64	21,25	34,51	37	17	1,01	A 6	30	21	Argilla limosa con livelli sabbiosi a media consistenza di colore a sfumature brune
S 27	C 2	10,00 - 10,30	15,42	2,08	2,72	0,51	0,34	81,89	0,00	26,48	16,59	56,94	43	21	1,26	A 7-6	34	21	Argilla di colore grigio a buona consistenza con filetti millimetrici limoso - sabbiosi dello stesso colore
S 27	C 3	15,00 - 15,20	13,04	1,99	2,71	0,54	0,35	65,68	16,72	33,79	25,64	23,84	51	30	1,80	A 7-6	29	23	Limo e argilla con sabbia con inclusi litici a buona consistenza, di colore grigio-verdastro
S28	C1	5,00 - 5,30	21,14	1,97	2,72	0,67	0,40	86,02	5,62	13,96	--	--	46	24	1,12	A7-6	27	20	Argilla marnosa con sporadici inclusi litici di colore nocciola a media consistenza
S28	C2	13,00 - 13,30	11,77	2,15	2,70	0,41	0,29	78,46	11,85	5,52	--	--	52	28	1,67	A7-6	23	26	Limo argilloso a tratti sabbioso, carbonatico, di colore grigio a buona consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 38 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
									Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 29	C 1	5,00 - 5,30	22,39	1,98	2,72	0,68	0,41	88,92	0,13	7,55	33,19	59,13	57	22	0,98	A 7-6	28	19	Argilla limosa di colore nocciola a media consistenza
S 29	C 2	10,00 - 10,40	23,05	1,98	2,70	0,68	0,40	92,21	0,00	11,73	31,49	56,78	43	20	0,86	A 7-6	30	21	Argilla limosa carbonatica di colore marrone a media consistenza
S 29	C 3	13,60 - 14,00	26,71	1,92	2,73	0,80	0,44	91,13	2,39	5,27	31,75	60,59	51	21	0,82	A 7-6	41	26	Argilla marnosa di colore nocciola a buona consistenza
S 30	C 1	5,00 - 5,30	20,28	1,91	2,69	0,69	0,41	79,22	0,26	42,47	45,78	11,48	--	--	--	--	12	29	Limo e sabbia carbonatico di colore nocciola a media consistenza
S 30	C 2	7,00 - 7,25	21,86	1,93	2,68	0,69	0,41	84,51	2,19	43,14	32,43	22,24	49	22	1,01	A 7-6	11	30	Sabbia limosa carbonatica, di colore nocciola a media consistenza
S 30	C 3	8,00 - 8,30	20,42	2,02	2,68	0,60	0,37	91,53	5,63	39,86	41,52	12,99	35	27	1,74	A 4	20	26	Limo sabbioso argilloso carbonatico di colore nocciola a sfumature brune, a media consistenza
S 30	CR 1	9,80 - 10,00	12,68	2,10	2,72	0,46	0,32	74,66	20,82	23,40	39,05	16,72	48	25	1,51	A 7-6	32	25	Limo argilloso a tratti sabbioso con inclusi litici millimetrici con calcite cristallina, a composizione carbonatica, a buona consistenza, di colore grigio
S 31	CR 1	5,00 - 5,30	7,01	1,80	2,68	0,59	0,37	31,74	56,05	14,78	15,03	14,15	--	--	--	--	--	--	Ghiaia sabbiosa con limo a composizione carbonatica con ciottoli da millimetrici a centimetrici

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 39 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 31	CR 3	13,40 - 13,60	11,39	2,06	2,69	0,45	0,31	67,51	49,03	16,21	21,81	12,94	--	--	--	--	--	--	Frammenti siltitici in matrice limosa, sabbiosa a tratti argillosa di colore grigio scuro a media consistenza
S32	C1	4,40 - 5,00	25,01	2,01	2,72	0,70	0,41	97,95	0,12	1,87	--	--	--	--	--	23	26	Argilla marnosa, di colore marrone a media consistenza	
S32	C2	8,00 - 8,40	16,38	2,14	2,75	0,50	0,33	90,78	30,80	17,04	--	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa con inclusi litici mm, di colore nocciola a media consistenza	
S32	CR1	13,00 - 13,30	10,19	2,07	2,69	0,44	0,30	62,71	37,03	16,27	--	--	--	--	--	--	--	Limo sabbioso argilloso con inclusi litici da mm a cm, a composizione carbonatica, a struttura caotica, a buona consistenza	
S33	CR1	7,00 - 7,30	12,12	2,14	2,67	0,40	0,29	80,36	37,74	30,60	11,89	19,77	--	--	--	--	--	Limo sabbioso carbonatico, con inclusi litici eterometrici a medio addensamento, di colore beige	
S33	C1	14,00 - 14,50	11,34	2,15	2,71	0,41	0,29	75,44	0,15	37,32	27,51	35,02	--	--	--	--	--	Argilla marnosa a tratti sabbiosa, di colore grigio-verdastro, a buona consistenza	
S33	C2	21,00 - 21,50	15,04	2,19	2,74	0,44	0,31	93,43	0,00	20,54	33,51	45,95	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica, di colore grigio-verdastro a buona consistenza	
S 34	CI 1	10,00 - 10,40	11,68	2,05	2,70	0,47	0,32	67,22	11,59	51,12	24,49	12,79	--	--	--	--	--	Sabbia con limo con inclusi litici centimetrici di colore grigio a buona consistenza	

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 40 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 34	CI 2	17,80 - 18,00	12,08	1,96	2,70	0,54	0,35	60,32	30,69	39,58	19,05	10,68	--	--	--	--	--	--	Sabbia con inclusi siltitici da mm a cm a tratti limosa e argillosa
S 34	CI 3	21,00 - 21,30	12,48	1,90	2,71	0,61	0,38	55,84	35,70	38,93	12,66	12,70	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica, a consistenza da media a buona, con inclusi quarzosi sub-arrotondati da mm a cm di colore grigio-azzurro
S 35	CI 1	5,40 - 5,65	16,35	1,82	2,69	0,72	0,42	60,91	0,00	68,46	23,01	8,53	--	--	--	--	19	32	Sabbia limosa carbonatica di colore nocciola a medio addensamento
S 35	CR 1	7,00 - 7,20	2,96	1,93	2,69	0,44	0,30	18,27	84,23	12,83	--	--	--	--	--	--	16	31	Ghiaia in matrice sabbiosa e limosa con ciottoli da mm a cm, a composizione carbonatica, di colore beige.
S 35	CI 2	10,00 - 10,30	17,75	2,11	2,72	0,52	0,34	93,49	0,50	32,44	21,82	45,24	43	28	1,70	A 7-6	31	23	Argilla limosa carbonatica di colore grigio/azzurro a buona consistenza
S 35	CI 3	15,00 - 15,30	15,96	2,08	2,73	0,52	0,34	83,14	0,21	33,86	19,67	46,25	48	29	1,72	A 7-6	--	--	Argilla marnosa limosa di colore grigio/azzurro a buona consistenza
S 35	CI 4	22,60 - 22,90	13,43	2,05	2,69	0,49	0,33	73,48	3,83	42,92	37,18	16,07	38	22	1,55	A 6	--	--	limo e sabbia argilloso carbonatico di colore grigio, a buona consistenza
S 35	CI 5	25,00 - 25,30	14,59	2,13	2,73	0,47	0,32	85,05	0,62	28,31	53,58	17,50	52	27	1,47	A 7-6	--	--	Limo argilloso di colore grigio-azzurro a buona consistenza. Presenza di livelli limosa centimetrici

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 41 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 35	CI 6	27,80 - 28,00	14,82	2,12	2,72	0,47	0,32	85,34	0,00	14,48	26,37	59,16	41	22	1,39	A 7-6	--	--	Argilla di colore grigio/azzurro a buona consistenza
S 36	C 1	3,00 - 3,30	25,56	1,88	2,71	0,81	0,45	85,38	0,00	2,37	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica a tratti sabbiosa di colore marrone a media consistenza
S 37	C 1	3,00 - 3,30	22,64	1,86	2,70	0,78	0,44	78,58	0,30	12,21	--	--	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso carbonatico di colore nocciola scuro a media consistenza
S38	CR1	6,00 - 6,20	7,77	1,97	2,67	0,46	0,31	45,18	48,36	33,12	--	--	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici in matrice sabbiosa-limosa, di natura carbonatica, di colore beige a medio-basso addensamento
S38	CR2	11,80 - 12,00	7,28	2,09	2,69	0,38	0,28	51,40	51,03	29,40	--	--	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici centimetrici in matrice sabbiosa poco limosa, di colore nocciola a medio addensamento
S 40	C 1	5,00 - 5,30	22,99	1,98	2,69	0,68	0,40	91,41	0,00	47,65	36,83	15,52	44	27	1,22	A 7-6	--	--	Limo sabbioso argilloso umido carbonatico di colore grigio/verdastro a consistenza medio-plastica
S 40	C 2	10,00 - 10,40	20,77	2,09	2,72	0,57	0,36	99,19	0,70	1,45	37,69	60,17	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a buona consistenza
S41	CR1	7,20 - 7,40	9,25	2,02	2,68	0,45	0,31	55,26	38,21	44,56	6,50	10,74	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa con ciottoli eterometrici, carbonatica, di colore beige a medio-basso addensamento

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 42 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S41	CR2	12,60 - 12,80	8,46	2,08	2,69	0,40	0,29	56,77	37,10	35,20	19,62	8,09	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa con inclusi litici eterometrici, carboantica, di colore beige a medio addensamento
S41	CR3	15,00 - 15,20	6,71	--	--	--	--	--	22,79	71,51	--	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia debolmente ghiaiosa, carbonatica, di colore beige scuro
S41	CR4	19,30 - 19,50	15,55	2,17	2,74	0,46	0,32	92,31	8,54	19,83	26,06	45,57	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa con inclusi litici centimetrici carbonatici nerastri, di colore verde petrolio, a buona consistenza
S 42	C 1	5,30 - 5,60	23,04	2,05	2,72	0,64	0,39	98,36	0,71	13,96	33,10	52,24	40	24	1,08	A 6	--	--	Argilla marnosa di colore nocciola a media consistenza
S 42	CR 1	12,80 - 13,00	12,99	1,99	2,71	0,54	0,35	65,00	36,94	29,38	24,05	9,63	35	21	1,59	A 2-6	--	--	Limo sabbioso a struttura caotica con inclusi da mm a cm, a composizione carbonatica, di colore grigio/azzurro, a media consistenza
S 42	CR 2	18,80 - 19,00	15,63	2,19	2,72	0,44	0,30	97,13	0,00	11,79	34,45	53,76	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a buona consistenza
S 42	C 2	27,00 - 27,30	17,44	2,08	2,71	0,53	0,35	88,71	0,70	1,45	37,56	60,29	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio/verdastro a buona consistenza
S 43	C 1	6,00 - 6,30	18,28	2,04	2,69	0,56	0,36	87,90	2,28	44,36	32,30	21,06	32	17	0,92	A 6	--	--	Sabbia e limo argilloso, carbonatica con sporadici inclusi litici a medio addensamento

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 43 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 43	C 2	10,00 - 10,30	11,23	2,19	2,73	0,39	0,28	78,60	28,17	26,66	31,14	14,03	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso carbonatico con livelli marnosi tenaci di colore grigio/azzurro , a buon addensamento
S 43	C 3	13,70 - 14,00	12,57	2,14	2,69	0,41	0,29	82,01	0,87	25,79	29,31	44,03	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio/azzurro a buona consistenza con filetti millimetrici sabbiosi
S45	CR1	4,10 - 4,30	12,17	2,08	2,69	0,45	0,31	72,18	0,00	6,58	--	--	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso carbonatico, di colore beige, a buona consistenza
S45	CR2	5,80 - 6,00	14,28	1,99	2,70	0,55	0,36	69,83	0,00	24,48	27,06	48,45	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa e sabbiosa carbonatica, di colore marrone a buona consistenza
S 46	C 1	3,40 - 3,70	24,13	1,88	2,69	0,78	0,44	83,68	3,17	8,24	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa di colore nocciola a media consistenza
S 47	C 1	4,55 - 5,00	24,21	2,02	2,71	0,67	0,40	98,27	0,64	16,08	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di colore marrone a media consistenza con piccoli inclusi carbonatici millimetrici
S 47	C 2	5,00 - 5,40	20,88	2,08	2,70	0,57	0,36	98,68	2,08	36,61	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di colore nocciola a media consistenza, con inclusi siltitici
S 48	C 1	2,30 - 2,50	19,61	2,04	2,71	0,59	0,37	90,75	19,14	13,33	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica di colore marrone a media consistenza con inclusi litici carbonatici biancastri millimetrici

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 44 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				%	%	%	%	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'		
																KN/m ²	(°)		
S 49	C 1	8,00 - 8,40	21,79	2,02	2,69	0,62	0,38	93,82	0,00	60,72	25,94	13,34	39	24	1,15	A 6	--	--	Sabbia limosa argillosa, carbonatica umida, a medio addensamento di colore beige
S 49	CR 1	18,40 - 18,60	6,55	2,08	2,71	0,39	0,28	45,58	51,82	28,97	--	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia limosa carbonatica a struttura caotica con inclusi litici eterometrici da mm a cm, di colore bianco crema, a medio addensamento
S49bis	C1	10,00 - 10,40	21,15	2,10	2,77	0,60	0,37	98,32	0,00	3,67	49,05	47,27	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a consistenza medio-plastica
S49bis	CR1	15,00 - 15,50	16,67	1,95	2,70	0,61	0,38	73,25	22,11	17,24	29,87	30,79	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a consistenza medio-plastica
S49bis	CR2	21,00 - 21,20	7,39	2,08	2,67	0,38	0,28	51,90	50,11	32,45	--	--	--	--	--	--	--	--	Frammenti litici in matrice sabbiosa, poco limosa di colore beige chiaro a medio-basso addensamento
S 50	C 1	8,00 - 8,40	21,21	2,04	2,71	0,61	0,38	94,22	0,02	27,41	--	--	--	--	--	--	33	19	Limo argilloso carbonatico, di colore beige, a consistenza medio plastica
S 50	C 2	12,00 - 12,40	20,70	2,10	2,75	0,58	0,37	98,15	0,05	13,56	--	--	--	--	--	--	35	20	Limo sabbioso argilloso carbonatico di colore beige a consistenza medio-plastica, con inclusi litici sub-arrottonati
S 50	C 3	15,70 - 16,00	21,98	2,05	2,71	0,61	0,38	97,23	0,24	5,52	--	--	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso carbonatico, di colore beige a consistenza medio-plastica

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 45 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva
			(%)	(t/m ³)				%	%	%	%	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'	φ'	
																KN/m ²	(°)	
S 50	C 4	18,00 - 18,35	20,89	2,03	2,69	0,60	0,38	93,54	0,03	13,66	--	--	--	--	--	--	--	Argilla debolmente limosa, carbonatica con inclusi litici sub arrotondati, di colore beige a media consistenza
S 51	CR 1	2,50 - 3,00	5,63	1,63	2,69	0,74	0,43	20,40	48,26	37,70	--	--	--	--	--	--	--	Sabbia poco limosa di colore marrone carbonatica con inclusi litici sub - arrotondati da millimetrici a centimetrici
S 51	CR 2	4,50 - 5,00	10,75	2,07	2,70	0,45	0,31	64,99	60,07	19,95	--	--	--	--	--	--	--	Clasti sub-arrotondati di colore nocciola in matrice limo-sabbiosa a struttura caotica
S 52	C 1	3,00 - 3,25	19,66	1,92	2,71	0,69	0,41	76,96	0,57	22,95	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa sabbiosa, di colore nocciola a composizione, a media consistenza
S 52	C 2	5,00 - 5,25	22,07	2,05	2,68	0,60	0,37	99,24	0,26	2,87	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa a composizione carbonatica, di colore bruno-beige a media consistenza
S 53	CR1	3,00 - 3,20	23,45	1,86	2,71	0,80	0,44	79,81	0,75	15,54	--	--	--	--	--	--	--	Limo argilloso debolmente sabbioso, carbonatico, a bassa consistenza, di colore beige
S 53	C 1	5,00 - 5,30	19,64	1,99	2,74	0,65	0,39	83,13	0,12	3,71	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa a composizione, carbonatica, di colore grigio-bruno a media consistenza
S 56	C 1	2,80 - 3,00	19,50	1,97	2,70	0,64	0,39	82,56	1,41	11,86	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica, con inclusi litici millimetrici, a buona consistenza di colore beige

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 46 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 56	C 2	5,00 - 5,40	17,58	2,06	2,71	0,55	0,35	86,83	0,03	4,46	--	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore marrone a buona consistenza, con piccoli inclusi millimetrici biancastri carbonatici	
S 58	C 1	2,80 - 3,00	21,94	2,07	2,74	0,61	0,38	98,56	0,03	8,98	39,35	51,64	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore nocciola a media consistenza	
S 58	C 2	5,00 - 5,20	20,68	2,07	2,76	0,61	0,38	93,43	0,68	14,28	33,83	51,21	48	19	0,95	A7-6	--	--	Argilla limosa sabbiosa, carbonatica, di colore nocciola a media consistenza
S 62	C1	5,00 - 5,30	22,72	1,99	2,72	0,68	0,40	91,18	0,52	1,60	--	--	--	--	--	--	35	22	Argilla marnosa di colore beige, a media consistenza
S 62	C2	10,00 - 10,30	20,33	1,93	2,74	0,71	0,41	78,70	0,05	1,73	--	--	--	--	--	--	30	21	Argilla marnosa di colore nocciola a buona consistenza da media a buona
S 62	C 3	14,00 - 14,30	25,56	1,95	2,72	0,75	0,43	92,84	1,90	2,89	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica con noduli sabbiosa, di colore nocciola a buona consistenza
S 63	C 1	5,00 - 5,35	15,21	2,04	2,69	0,52	0,34	79,09	2,93	7,19	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla carbonatica con inclusi litici mm della stessa natura, di colore nocciola a buona consistenza
S 63	C 2	14,00 - 14,25	19,51	2,03	2,72	0,61	0,38	87,56	3,76	17,69	30,55	48	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa a tratti sabbiosa, di colore nocciola a media consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 47 di 52	Rev. 0

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e _o	n	S _r	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
			(%)	(t/m ³)				(%)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c'		φ'
																	KN/m ²		(°)
S 63	C 3	24,00 - 24,40	21,05	2,06	2,72	0,6	0,37	95,91	0	3,65	40,95	55,4	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore beige a media consistenza
S 63	C 4	27,00 - 27,40	20,51	2,09	2,72	0,57	0,36	97,87	0,86	2,5	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla debolmente limosa, carbonatica con inclusi litici millimetrici, di colore beige a buona consistenza
S 64	C 1	5,00 - 5,40	21,74	1,91	2,68	0,71	0,41	82,24	7,67	14,03	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla limosa carbonatica, con inclusi litici millimetrici, di colore marrone a media consistenza
S 64	C 2	11,00 - 11,30	23,9	2,03	2,73	0,67	0,4	98,13	0	10,35	38,18	51,47	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa di colore grigio a sfumature brune a media consistenza
S 64	C 3	19,00 - 19,30	15,9	2,08	2,75	0,54	0,35	81,68	0	26,18	26,56	47,26	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa, di colore grigio-azzurro a buona consistenza
S 64	C 4	27,00 - 27,30	14,59	2,17	2,74	0,45	0,31	89,22	4,91	18,08	--	--	--	--	--	--	--	--	Argilla marnosa debolmente sabbiosa, di colore grigio-azzurro a buona consistenza

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 48 di 52	Rev. 0

5 INDAGINI GEOFISICHE

Nell'ambito della campagna geofisica condotta per la caratterizzazione sismica di particolari aree in cui si sviluppano le opere relative al progetto denominato "Rifacimento *Metanodotto Sansepolcro-Foligno e opere connesse*" sono state eseguite:

- n.3 prospezioni geofisiche di sismica in foro Down-Hole;
- n.3 misure rumore sismico con analisi HVSR;
- n.16 sismica di tipo attivo MASW;
- n.11 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P ed SH (tomografie sismiche)

5.1 Prove sismiche in foro Down-Hole

La prova down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione, P, e di taglio, S, con la profondità. Essa consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette, P ed S, alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto.

Dall'elaborazione dei dati è possibile differenziare il sottosuolo in sismostrati ed in ognuno di questi calcolare i valori delle velocità medie, del modulo di Young (E), densità Geofisica (γ^{din}), rapporto di Poisson (σ), modulo di Rigidità (G), modulo di volume o di compressibilità (K), modulo di contrasto (M). Inoltre dall'elaborazione delle misure di velocità è stata calcolata la V_{seq} per la definizione della categoria di sottosuolo secondo le disposizioni normative delle NTC2018.

Le ubicazioni delle prove sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di un cerchio viola DHn..

Tab. 5-A – Elenco Down-Hole eseguite

Down-Hole	PK	Profondità (m)	V_{seq}	Categoria sottosuolo NTC 2018
DH1	0+000	30	307	B
DH2	50+370		395	B
DH3	96+740		360	B

L'esito delle prove eseguite è riportato nell'Annesso 5 "Prospezioni geofisiche sismica in foro Down Hole".

5.2 Analisi H.V.S.R.

In totale sono state eseguite n.3 prove geofisiche non invasive di tipo sismico per la misura del rumore sismico con analisi HVSR (Tecnica di Nakamura (1989)).

Da tale tipologia di prova è possibile definire il comportamento dei siti conseguentemente ad un input sismico, inteso in termini di differente energia e/o diversa distribuzione in frequenza della stessa a causa degli effetti di amplificazione o attenuazione selettiva di determinate frequenze (risposta in

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 49 di 52	Rev. 0

frequenza del sito). Tale azione selettiva è funzione delle caratteristiche fisiche - geometriche (litologici e strutturali) dei mezzi attraversati da un'onda sismica.

In genere i terreni rigidi presentano curve spettrali H/V (terreni rocciosi o terreni sedimentari compatti) poco amplificate e con risposte centrate nella banda "audio - frequency" ($f > 20$ Hz) legate allo stato di alterazione superficiale del sito roccioso², mentre le curve spettrali H/V relative ai terreni soffici sono caratterizzate da amplificazioni a frequenze < 10 Hz e con livelli di ampiezza legati al contrasto di impedenza sismica. Nel presente lavoro la valutazione della risposta sismica del sito è stata esaminata attraverso il campionamento di "microtremori" al fine di quantizzare, tramite analisi dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e verticale del moto del suolo, gli effetti di amplificazione sismica locale.

Per il sito in esame è stata registrata una serie temporale della durata di 30 min. Tale segnale è stato suddiviso in finestre temporali di 40.96 sec, selezionando quelle il cui rapporto STA/LTA non supera le 2 unità.

Di seguito sono tabulate le quantità, le denominazioni e le configurazioni geometriche eseguite:

Tab. 5-B – Elenco HVSR eseguite

H.V.S.R.	PK	Durata registrazione (min)
HVSR1	0+000	30
HVSR2	50+370	
HVSR3	96+740	

Le ubicazioni delle indagini sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di un cerchio viola con sigla DHn. che corrisponde alla sigla HVSRn. riportata nella presente relazione.

L'esito delle prove eseguite è riportato nell'Annesso 6 "Rapporto tecnico di prova HVSR".

5.3 Prove M.A.S.W.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

In totale sono state eseguite nr. 16 prove sismiche M.A.S.W.

Le ubicazioni delle indagini sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di un cerchio arancione con sigla MWn. che corrisponde alla sigla MASWn. riportata nella presente relazione.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 50 di 52	Rev. 0

Tab. 5-C – Elenco MASW eseguite

M.A.S.W.	PK	Lunghezza (m)	V _{seq}	Categoria sottosuolo NTC 2018
MASW 1	2+230	60	234	C
MASW 2	10+840		260	C
MASW 3	14+090		342	C
MASW 4	14+970		388	B
MASW 5	19+760		321	C
MASW 6	36+200		351	C
MASW 7	43+250		309	C
MASW 8	44+360		687	B
MASW 9	58+320		361	B
MASW10	60+660		401	B
MASW11	61+020		420	B
MASW12	70+590		427	B
MASW13	74+820		412	B
MASW14	76+260		283	C
MASW15	83+080		220	C
MASW16	89+990		282	C

Dai risultati delle prove MASW consistono nella stima della curva di dispersione e nel calcolo del modello di velocità. Di seguito si riportano il calcolo del parametro VSeq per l'attribuzione della categoria del sottosuolo.

L'esito delle prove eseguite è riportato nell'Annesso 7 "Rapporto tecnico di prova sismica MASW".

5.4 Tomografie sismiche

È stata eseguita una campagna di prospezione sismica a rifrazione con generazione e ricezione di onde sismiche di compressione P e di taglio SH (onde di taglio con polarizzazione orizzontale) consistente in n.11 stese sismiche lungo alcuni punti lungo il corridoio attraversato dal metanodotto in progetto. I dati ottenuti sono stati elaborati con tecnica tomografica che ha consentito di ricostruire per immagini la morfo-struttura del sottosuolo.

La tomografia sismica assiale di superficie è una tecnica che consente la ricostruzione in immagini della struttura interna del terreno, mediante l'impiego dei travel-time delle onde sismiche che si propagano dalla superficie.

Lo scopo è di determinare un dettagliato andamento della distribuzione della velocità delle onde sismiche longitudinali nel sottosuolo.

La metodologia adottata si avvale di un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 51 di 52	Rev. 0

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.01 e 3.33*10⁻⁵ sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- “Automatic Gain Control”
- convertitore A/D a 24 bit

Le onde di compressione sono state generate mediante esploditore sismico armato con cartucce industriale cal. 8. Invece, le onde di taglio di tipo SH (polarizzate in un piano orizzontale) sono state generate tramite battuta orizzontale di un martello su un asse di legno infisso nel terreno tramite delle lame di acciaio. I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo con apposito software (CWP/SU) per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (SH).

La determinazione del primo arrivo delle onde SH è stata fatta tramite la tecnica dell'inversione di fase.

Nella tabella seguente sono riportate le linee sismiche eseguite e la tipologia di onde registrate:

Le ubicazioni delle indagini sono visibili negli allegati PG-TPSO-001 e PG-TPSO-002 - Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche, nelle quali sono indicate con la simbologia di una linea marrone con sigla TOMOn. che corrisponde alla sigla Gn. riportata nella presente relazione.

Tab. 5-D – Elenco tomografie sismiche eseguite

ID Tomografia sismica	ID Tavole PG-TPSO-001 PG-TPSO-002	Chilometrica tracciato	Lunghezza (m)	Misura Onde	
				P	SH
G2A	TOMO 2	20+580	120	✓	
G2B					
G3	TOMO 3	21+280	360	✓	
G4A	TOMO 4	22+300	340	✓	✓
G4B			120		
G5A	TOMO 5	22+920	120	✓	✓
G5B			200		
G7	TOMO 7	43+250	420	✓	
G9	TOMO 9	44+260	260	✓	
G10	TOMO 10	44+670	330	✓	✓
G11	TOMO 11	44+700	400	✓	✓
G12	TOMO 12	68+670	240	✓	
G13	TOMO 13	68+670	440	✓	

L'esito delle prove eseguite è riportato nell'Annesso 8 “Prove sismiche attive tipo tomografia sismica rifrazione assiale di superficie (TSRAS)”.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITA' 00
	LOCALITA' REGIONI UMBRIA E TOSCANA	LSC-118	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 52 di 52	Rev. 0

ALLEGATI E ANNESSI

- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar**
 - PG-TPSO-001 Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche (1:10.000)
 - **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar opere connesse**
 - PG-TPSO-002 Tracciato di Progetto con ubicazione indagini geognostiche (1:10.000)
- ANNESSO n. 1: Documentazione sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
 - ANNESSO n. 2: Elaborazione prove penetrometriche standard in foro SPT;
 - ANNESSO n. 3: Prove penetrometriche dinamiche DPSH;
 - ANNESSO n. 4: Certificati prove geotecniche di laboratorio.
 - ANNESSO n. 5: Prospezioni geofisiche sismica in foro Down Hole
 - ANNESSO n. 6: Rapporto tecnico di prova HVSR
 - ANNESSO n. 7: Rapporto tecnico di prova sismica MASW
 - ANNESSO n. 8: Prove sismiche attive tipo tomografia sismica rifrazione assiale di superficie (TSRAS)

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)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 400 (16") –DP 75 bar opere connesse**
 - PG-TP-002 Tracciato di Progetto (1:10.000)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 70 (35) bar**
 - RIM-TP-001 Tracciato condotta da rimuovere (1:10.000)
- **Met. Sansepolcro-Foligno DN 250 (10") – MOP 70 (35) bar opere connesse**
 - RIM-TP-002 Tracciato condotta da rimuovere (1:10.000)