

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 1 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

RIFACIMENTO METANODOTTO
SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI,
DN 750 (30'') DP – 75 bar ED OPERE CONNESSE

RELAZIONE GEOTECNICA



0	Emissione	L.FANTERA	P. RUSSO S. SCANDALE	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	27/07/2020
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 2 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
4	INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME	5
	4.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO	5
	4.2 CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	6
5	SISMICITÀ.....	7
6	DEFINIZIONE DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA.....	9
7	PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE LIBERA	14
8	RISULTATI PROVE SPT.....	16
9	RISULTATI PROVE MASW E TOMOGRAFIE SISMICHE ED ELETTRICHE	23
10	RISULTATI PROVE DI LABORATORIO	24
11	INDIVIDUAZIONE DEI LITOTIPI DI RIFERIMENTO	41
12	MODELLO GEOTECNICO	47
13	CONCLUSIONI.....	50

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 3 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

1 INTRODUZIONE

Il presente documento fornisce una descrizione sintetica delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal “Rifacimento metanodotto Sansepolcro – Terranuova Bracciolini DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse”. Lo studio è affrontato facendo riferimento al tracciato di progetto, riportato in Figura 1.1, che prevede la messa in opera di una condotta principale DN 750 (30”) lunga 45.621 km e di sette tratti di linee secondarie di vario diametro per una lunghezza complessiva pari a 1.403 km.

Lo scopo del presente studio è quello di caratterizzare dal punto di vista geotecnico l’area interessata dal progetto, fornendo indicazioni sintetiche riguardo alle caratteristiche del sottosuolo. Il lavoro unisce i risultati dello studio geologico (Doc. No. RE-GEO-001) e della campagna geognostica (Doc. No. RE-GEO-003 e RE-GEO-004), giungendo a una prima caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi presenti nell’area di sviluppo dei tracciati in progetto, utile a fornire delle linee guida generali per la progettazione degli interventi previsti lungo la linea quali, ad esempio, lo scavo di trincee, la realizzazione di attraversamenti con o senza tubo di protezione, l’esecuzione di opere in sotterraneo (microtunnel, TOC) e di sostegno, la progettazione di impianti e punti di linea.

Il documento introduce l’inquadramento territoriale dell’opera in esame, a cui segue la descrizione geomorfologica dell’area. Successivamente, è presentata la campagna d’indagine eseguita e quindi i principali risultati ottenuti. Infine, è presentato il modello geotecnico di sintesi.



Figura 1.1: Inquadramento territoriale metanodotto Sansepolcro – Terranuova Bracciolini DN 750 (30”), DP75bar ed opere connesse (da “Tracciato di Progetto”, Doc. No. PG-TP-101)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 4 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- PG-TP-101 - TRACCIATO DI PROGETTO
- PG-TPSO-101 - TRACCIATO DI PROGETTO CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE
- PG-CGL-102 - CARTA LITOTECNICA
- RE-GEO-003 - REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE
- RE-GEO-003 - REPORT INDAGINI GEOFISICHE
- RE-GEO-001 - RELAZIONE GEOLOGICA
- RE-CI-001 - RELAZIONE IDROGEOLOGICA
- RE-SIS-001 - RELAZIONE SISMICA

3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La normativa vigente in materia cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la redazione del presente documento è la seguente:

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare applicativa per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M.17 Gennaio 2018.
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica».
- A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».
- Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale.
- Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 5 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

4 INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME

4.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO

Facendo riferimento alle sole 2 linee principali, in Figura 4.1, con la linea rossa, è indicato il tracciato del metanodotto in progetto, mentre in verde quello in dismissione. Le due linee attraversano territori appartenenti alla porzione orientale della Regione Toscana, interessando, per diverse lunghezze, i comuni riportati in

Tabella 4.1.

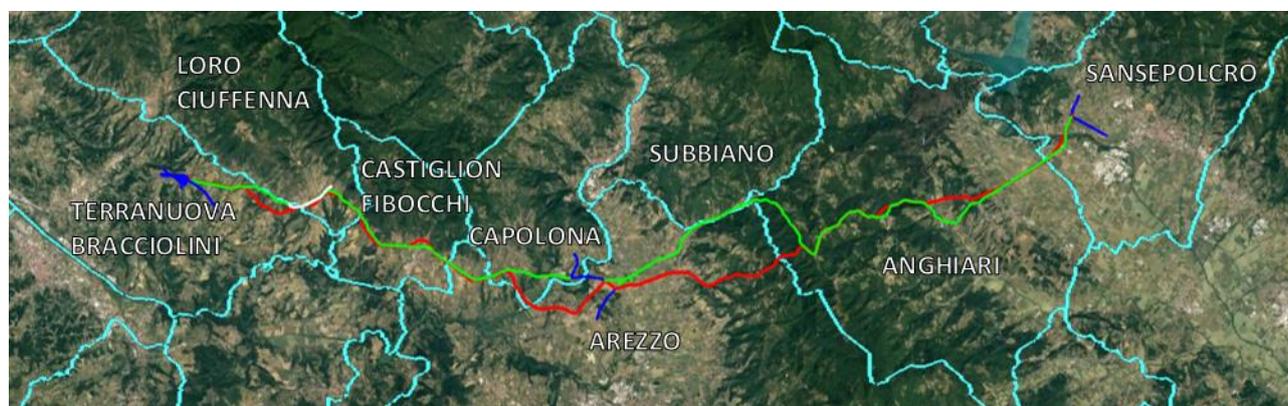


Figura 4.1: Inquadramento territoriale metanodotto Sansepolcro – Terranuova Bracciolini (Google Earth).

Tabella 4.1: Lunghezza di percorrenza nei territori comunali

Comune	Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30") DP 75 bar			Met. Montelupo - Sansepolcro DN 600 (24") MOP 70 (35) bar (in dismissione)		
	da km	a km	Tot. (Km)	da km	a km	Tot. (Km)
SANSEPOLCRO	0	2.311	2.311	0	2.334	2.334
ANGHIARI	2.311	15.631	13.319	2.334	18.773	16.44
SUBBIANO	-	-	-	18.773	20.747	1.974
AREZZO	15.631	27.46	11.829	20.747	25.788	5.041
CAPOLONA	27.46	28.425	0.965	27.203	30.766	3.563
AREZZO	28.425	28.533	0.108	30.766	32.641	1.876
CAPOLONA	28.533	30.162	1.629	32.641	37.263	4.622
AREZZO	30.162	32.076	1.914	37.263	40.305	3.042
CASTIGLION FIBOCCHI	32.076	37.042	4.967	40.305	42.233	1.928
LORO CIUFFENNA	37.042	40.107	3.065	42.233	42.269	0.036
TERRANUOVA BRACCIOLINI	40.107	45.621	5.514	42.269	45.409	3.14

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 6 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

4.2 CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio attraversato dal metanodotto. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geologica dedicata (Doc. n. RE-GEO-001).

L'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto è quella dell'appennino centro/settentrionale. In particolare, il tracciato si sviluppa in senso gas dapprima nell'ambito della Piana Tiberina (Valtiberina), attraversa i rilievi montuosi della dorsale di Anghiari, percorre la piana di Arezzo nella sua porzione settentrionale attraversata dal Fiume Arno e quindi la zona del Valdarno superiore ai bordi della dorsale del Pratomagno.

I depositi che costituiscono gli ambiti appena descritti possono essere suddivisi in due gruppi: il primo originatosi della serie di falde che si sono accavallate durante l'orogenesi appenninica e il secondo costituito dall'insieme dei depositi sedimentari che dominano l'area di studio.

Più nel dettaglio, il tracciato del metanodotto attraversa con direzione E-W la piana alluvionale del Tevere (pk 0.00 – 9.00), costituita dai depositi alluvionali del Fiume Tevere e dei suoi affluenti. Tali depositi, di natura eterogenea e con spessori dell'ordine 10-15 m, poggiano su uno strato di argille e sabbie, unità di origine lacustre e fluvio-lacustre che rappresenta la base dei depositi continentali con spessori anche superiori a 100 m. Complessivamente la piana ha un'elevazione media di circa 320 m s.l.m., una pendenza longitudinale bassa ed è separata dalla fascia alluvionale del Torrente Sovara dalla cosiddetta dorsale di Anghiari, costituita da depositi grossolani prevalentemente fluviali.

Dopo aver percorso la Valtiberina, il tracciato si snoda lungo i rilievi della dorsale che con direzione appenninica separa il bacino del Tevere da quello dell'Arno (pk 9.00 - 19.00). La dorsale in oggetto separa la Valtiberina dalla Piana di Arezzo ed è costituita da rilievi montuosi alti fino a 600-700 m prevalentemente di natura arenacea, con forme anche acclivi ma non aspre, modellate da processi erosivi spesso impostati sulle linee tettoniche che hanno modellato la dorsale.

Il tracciato raggiunge quindi la porzione settentrionale della Piana di Arezzo (pk 19.00 - 28.00), costituita dai depositi del Fiume Arno e del suo affluente in sinistra, il Torrente Chiassa. Il Torrente Bregine separa la piana d'Arezzo dal bacino del Valdarno Superiore. Qui il tracciato del metanodotto (pk 28.00 - 45.621) si snoda ai piedi dei rilievi del Pratomagno che costituiscono il limite della piana, anch'essa costituita da sedimenti di origine fluvio-lacustre, per uno spessore massimo di 500 m, e un substrato costituito principalmente dalle arenarie oligo-mioceniche della serie toscana. L'ultima porzione del tracciato attraversa un'area caratterizzata da depositi clastici grossolani, con abbondante matrice sabbioso-limosa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 7 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

5 SISMICITÀ

Di seguito sono riassunte le principali informazioni riguardanti la sismicità del territorio attraversato dal metanodotto, approfonditamente trattate nella relazione dedicata allo studio sismico dell'area (Doc. No. RE-SIS-001).

L'attività sismica dell'Appennino centro – settentrionale è legata ai movimenti, ancora in atto, che hanno portato alla sua formazione, ossia al movimento l'uno contro l'altro dei continenti africano ed eurasiatico e la rotazione in senso antiorario della catena appenninica.

Facendo riferimento alla zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9 elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e riportata Figura 5.1, le aree attraversate dal tracciato in progetto ricadono nelle zone sismogenetiche 920, 916 e 919, l'insieme della quali descrive la porzione centrale della fascia appenninica settentrionale. Le zone 916 e 920 sono caratterizzate da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati, più frequenti nella zona 920. Diversamente, le zona 919 e 915 fanno parte dell'allineamento in cui sono incluse le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più alta magnitudo che caratterizzano l'arco appenninico settentrionale e centrale. La zona 919 è caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5.

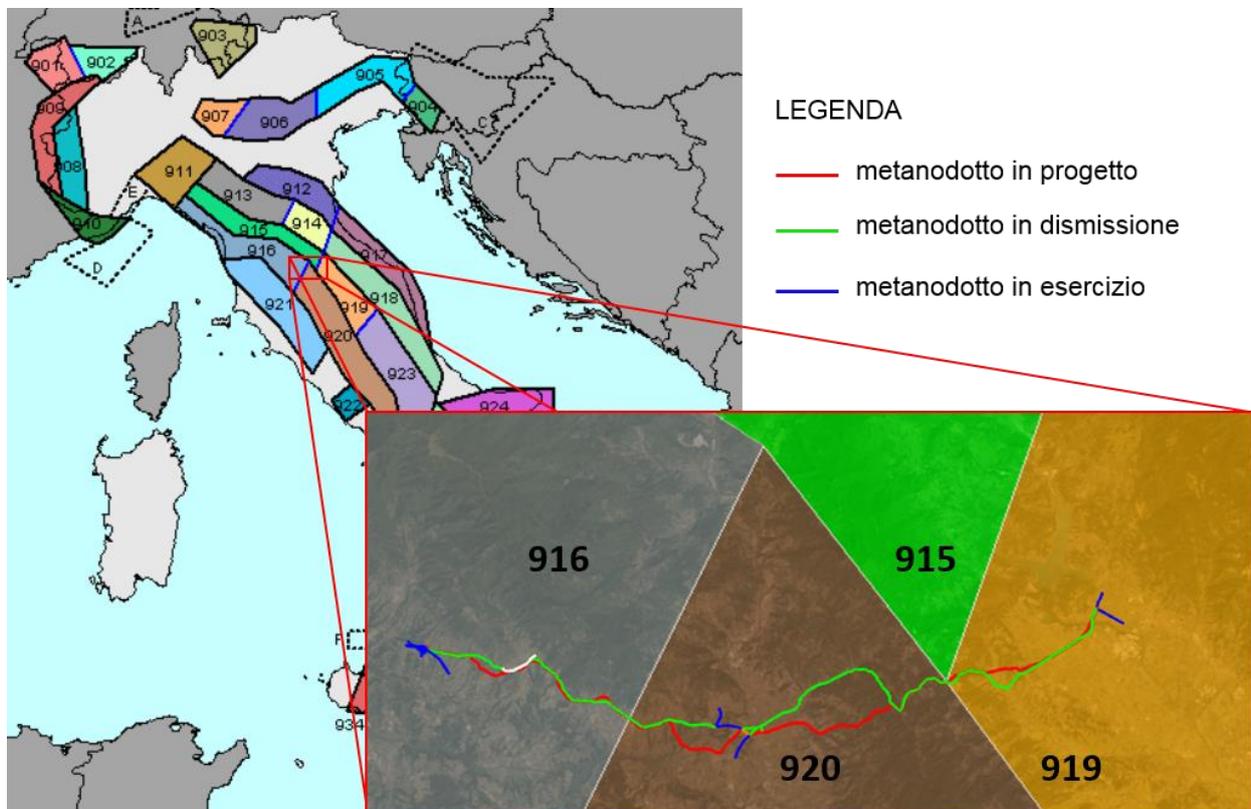


Figura 5.1: – Zonazione sismogenetica ZS9 con indicati i metanodotti in progetto e dismissione

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 8 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Nel dettaglio, facendo riferimento alle NTC 2018 (§3.2), l'azione sismica è definita in base al valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale, al valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e al valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T_c^* . Tali valori sono definiti in funzione di particolari probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento V_R (P_{VR}), legate allo stato limite considerato (cft. Tab. 3.2.I NTC 2018).

Il periodo di riferimento V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U . Per i metanodotti, si considera una vita nominale dell'opera V_N pari a 50 anni ed una classe d'uso IV ($C_U = 2$). Facendo quindi riferimento allo stato limite ultimo SLV a cui è associata una probabilità di superamento P_{VR} pari al 10%, si ricava il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica d'interesse, in questo caso pari a 949 anni, per la quale sono calcolati i valori di a_g , F_0 e T_c^* .

Per ottenere il valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA), l'accelerazione massima orizzontale attesa al suolo rigido a_g deve essere moltiplicata per i coefficienti di amplificazione topografica S_T e amplificazione stratigrafica S_s .

$$PGA = a_g * S \quad \text{dove} \quad S = S_s * S_T$$

Il valore di S_T è definito in funzione della categoria topografica del sito (*Tab. 3.2.V delle NTC 2018*): per il tracciato in esame, le categorie topografiche principali individuate sono la T_1 ("superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ " - $S_T = 1$), che descrive le tre piane, mentre le categorie T_2 ("in corrispondenza della sommità del pendio" - $S_T = 1.2$) e T_3 ("in corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° " - $S_T = 1.2$) sono quelle rappresentative della Dorsale Alpe Serra – Alpe Di Poti valori.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s è calcolato in funzione della categoria di sottosuolo, definita in funzione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ ricavata dalle prove MASW eseguite lungo il tracciato in progetto. Le categorie di sottosuolo interessate dal tracciato del metanodotto in progetto sono B e C, con valori di S_s compresi tra 0.2 e 0.352.

Pertanto, partendo dai valori di a_g ottenuti lungo il tracciato del metanodotto per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV, $T_R = 949$ anni) compresi tra 0.167g ÷ 0.268g, i valori di PGA attesi sono compresi tra 0.200g e 0.352g.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 9 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

6 DEFINIZIONE DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA

Per i dettagli relativi alla campagna d'indagine, all'esecuzione delle prove e ai risultati ottenuti si rimanda ai report dedicati, mentre questo documento è indirizzato a una descrizione generale e di sintesi dei numerosi dati raccolti.

Il Tabella 6.1 sono elencati i sondaggi eseguiti per la ricostruzione delle principali caratteristiche stratigrafiche nonché fisiche e meccaniche del sottosuolo, necessarie alla progettazione del “Rif. Met. Sansepolcro-Terranuova Bracciolini DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse”. Per maggiori dettagli riguardo all'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite si può far riferimento al Doc. No. PG-TPSO-101.

Le indagini sono concentrate nelle aree di maggior interesse progettuale, ossia lungo tutto il tracciato del metanodotto e dove è prevista la realizzazione di impianti di linea relativi alla condotta in progetto. In particolare, la campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di n. 46 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con l'installazione di n. 18 piezometri a tubo aperto e n. 6 piezometri di Casagrande, laddove è prevista la realizzazione di opere civili (e.g.: paratie, impianti, scavi trenchless) o sono individuati possibili movimenti franosi. La profondità dei sondaggi è variabile e funzione dell'ambito d'interesse. L'esecuzione del sondaggio è accompagnata da quella di prove penetrometriche dinamiche standard SPT e dal prelievo di campioni rimaneggiati destinati ad analisi chimico-fisiche ambientali (non nello scopo di questo documento) e di campioni indisturbati per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio. Sui provini inviati in laboratorio sono eseguite prove per la determinazione dei parametri sia fisici che meccanici del terreno investigato. In generale, il tipo di prove eseguite è funzione ancora una volta dell'ambito d'interesse dell'indagine: prove di taglio diretto (TD) anulare e triassiali consolidate isotropicamente drenate (TX-CID) e non consolidate non drenate (TX-UU) sono eseguite per la definizione dei parametri di resistenza dei provini, accompagnati da prove edometriche (EDO) per il calcolo delle caratteristiche di compressibilità nel caso di impianti, da prove di taglio residuo nel caso di frane e da prove di permeabilità nel caso di attraversamenti di corsi d'acqua.

Per completare la definizione delle caratteristiche del sottosuolo interessato dalla realizzazione dell'opera, la campagna geognostica è accompagnata dall'esecuzione di prove geofisiche, finalizzate alla definizione delle proprietà sismiche dei terreni e la ricostruzione della struttura interna dei depositi. In particolare, come riportato in Tabella 6.2 e Tabella 6.3 la campagna di indagini geofisiche è composta da n. 19 indagini sismiche tipo M.A.S.W., n. 3 tomografie sismiche e 4 tomografie geoelettriche, eseguite in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione di impianti, paratie e scavi trenchless.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 10 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 6.1: Sondaggi geognostici

	ID	x (*)	y (*)	Progr.	Quota	Profondità	Piez.	Ambito
		(m)	(m)		P.C.			
PIANA TIBERINA	S1	1749600.125	4829080.695	0.822	321	30	tubo aperto	TRENCHLESS
	S2	1749514.516	4828776.861	1.136	321	35	-----	TRENCHLESS
	S3	1749518.063	4828661.170	1.243	321	30	-----	TRENCHLESS
	S39	1748573.135	4827689.303	2.614	323	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S4	1746794.138	4826580.840	4.732	340	10	tubo aperto	IMPIANTO
	S5	1746640.558	4826464.928	4.920	357	15	-----	TRENCHLESS
	S7	1745815.452	4826158.822	5.798	477	30	-----	TRENCHLESS
	S8	1745120.869	4826257.378	6.586	393	15	-----	TRENCHLESS
	S9	1744671.557	4826167.581	7.045	361	15	tubo aperto	TRENCHLESS
	S10	1744363.835	4825996.168	7.386	352	20	-----	TRENCHLESS
	S11	1744189.726	4826002.590	7.555	362	35	-----	TRENCHLESS
	S12	1743959.197	4825963.897	7.789	353	15	tubo aperto	TRENCHLESS
DORSALE ALPE SERRA – ALPE DI POTI	S13	1742567.810	4825842.151	9.255	384	15	tubo aperto	FRANA (PAI)
	S40	1741502.351	4825401.487	10.573	553	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S14	1740416.794	4825030.446	12.021	599	15	tubo aperto	TRENCHLESS
	S15	1740307.124	4824994.115	12.136	618	25	-----	TRENCHLESS
	S17	1739950.391	4824806.809	12.562	663	20	-----	PARATIA
	S18	1739751.874	4824727.503	12.787	658	20	tubo aperto	PARATIA
	S19	1739585.384	4824226.110	13.319	631	20	tubo aperto	PARATIA
	S20	1739400.379	4823765.102	13.840	658	15	tubo aperto	IMPIANTO
	S21	1736614.562	4822813.240	17.280	473	15	-----	FRANA
S41	1735633.629	4822670.365	18.337	313	15	-----	SPINGITUBO	
ALTA PIANA DI AREZZO	S42	1734112.295	4822886.605	20.131	267	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S22	1731941.665	4822320.966	22.442	257	15	tubo aperto	IMPIANTO
	S23	1730874.481	4822412.112	23.609	255	15	tubo aperto	IMPIANTO
	S24	1730000.020	4821511.192	24.955	253	9	-----	TRENCHLESS
	S43	1728984.352	4821313.223	26.258	247	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S25	1727984.646	4821295.996	27.282	208	25	tubo aperto	TRENCHLESS
	S26	1727691.678	4821369.344	27.576	207	30	-----	TRENCHLESS

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 11 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

	ID	x (*)	y (*)	Progr.	Quota P.C.	Profondità	Piez.	Ambito
		(m)	(m)					
BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE	S27Bis	1727350.32	4821983.46	28.271	252	40	n.2 casagrande	FRANA
	S27	1727092.66	4822361.87	28.754	249	15	n.1 casagrande	FRANA
	S28	1726637.62	4822770.54	29.432	255	15	n.1 casagrande	FRANA (PAI)
	S29	1725755.01	4822412.62	30.441	245	15	n.2 casagrande	AREA PAI
	S44	1724628.45	4822873.68	31.764	264	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S30	1723625.08	4823644.16	33.046	289	15	tubo aperto	IMPIANTO
	S45	1722760.58	4823716.62	34.159	275	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S46	1721737.92	4823708.84	35.194	280	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO
	S31	1720766.68	4824721.66	36.752	297	10	-----	SPINGITUBO
	S32	1719441.86	4825754.87	38.661	303	15	-----	OPERA DI SOSTEGNO
	S33	1718523.99	4825285.22	39.827	304	15	tubo aperto	IMPIANTO
	S34	1718191.98	4825210.22	40.169	290	15	tubo aperto	AREA PAI
	S35	1717773.39	4825018.21	40.683	278	25	-----	TRENCHLESS
	S36	1717537.23	4824962.98	40.922	247	15	tubo aperto	TRENCHLESS
	S37	1716803.01	4825188.82	41.766	259	15	tubo aperto	FRANA (PAI)
S38	1715582.36	4825913.4	43.413	264	30	tubo aperto	PARATIA	
S47	1714503.43	4826039.43	44.504	280	5	-----	SCAVO A CIELO APERTO	

*Nota: le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento Gauss Boaga Monte Mario Italy 1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 12 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 6.2: Prove MASW

	ID	x (*)	y (*)	Progr.	Ambito
		(m)	(m)	(km)	
PIANA TIBERINA	MASW1	1746810.937	4826586.562	4.710	IIMPIANTO
	MASW2	1744608.252	4826153.636	7.109	LINEA/TRENCHLESS
DORSALE ALPE SERRA - ALPE DI POTI	MASW3	1741933.113	4825384.635	10.087	LINEA
	MASW4	1740422.297	4825037.741	12.005	LINEA/TRENCHLESS
	MASW5	1739959.391	4824820.152	12.550	PARATIA
	MASW6	1739394.956	4823776.377	13.840	IMPIANTO
	MASW7	1736618.293	4822812.880	17.276	AREA PAI
ALTA PIANA DI AREZZO	MASW8	1731947.942	4822342.452	22.431	IMPIANTO
	MASW9	1730889.783	4822433.335	23.609	IMPIANTO
	MASW10	1728115.977	4821392.164	27.210	LINEA/TRENCHLESS
BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE	MASW11	1727110.943	4822355.456	28.743	LINEA
	MASW12	1726647.885	4822770.463	29.422	AREA PAI
	MASW13	1723629.874	4823644.160	33.043	IMPIANTO
	MASW14	1719442.833	4825753.499	38.660	LINEA
	MASW15	1718525.430	4825288.220	39.825	IMPIANTO
	MASW16	1718188.070	4825211.751	40.173	AREA PAI
	MASW17	1717545.973	4824961.423	40.914	AREA PAI
	MASW18	1716823.834	4825162.081	41.734	AREA PAI
	MASW19	1715595.594	4825911.582	43.400	PARATIA

*Nota: le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento Gauss Boaga Monte Mario Italy 1 e si riferiscono al punto centrale dello stendimento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 13 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 6.3: Prove sismiche attive: tomografia sismica (ST) e prospezione geo-elettrica tomografica (ERT)

	ID	x (*)	y (*)	Progr.	Lungh.	direzione rispetto al tracciato	Ambito
		(m)	(m)				
DORSALE ALPE SERRA - ALPE DI POTI	GEO3 (ST)	1739964.483	4824822.116	12.545	120	longitudinale	PARATIA
	GEO4 (ST)	1739950.513	4824822.828	12.558	65	trasversale	PARATIA
	GEO8 (ST + ERT)	1739577.594	4824191.560	13.354	160	longitudinale	PARATIA / DEEP MIXING**
ALTA PIANA DI AREZZO	GEO5 (ERT)	1727996.181	4821311.773	27.279	220	longitudinale	TRENCHLESS
	GEO6 (ERT)	1727692.066	4821470.314	27.622	220	longitudinale	TRENCHLESS
BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE	GEO7 (ERT)	1717702.993	4825021.532	40.746	320	longitudinale	TRENCHLESS

*Nota: le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento Gauss Boaga Monte Mario Italy 1 e si riferiscono al punto centrale dello stendimento

**Deep-mixing: tecnologia di miglioramento e consolidamento del terreno che sfrutta la miscelazione meccanica del terreno stesso con leganti a base cementizia o calce.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 14 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

7 PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE LIBERA

In Tabella 7.1 sono riportate le letture piezometriche eseguite nei piezometri installati. In generale, si osserva la presenza di una superficie libera compresa entro circa 12 m da p.c., con un andamento che segue quello altimetrico del terreno. La profondità minima registrata è di 0.4 m da p.c., ottenuta in corrispondenza del sondaggio S13 in prossimità del Torrente Libbia, e un massimo di 12.7 m al di sotto del p.c in corrispondenza del sondaggio S23. Localmente (sondaggi S18 e S27bis) sono state rilevate profondità del livello piezometrico maggiori di 20 m.

Tali misure piezometriche sono sostanzialmente confermate da quelle eseguite all'interno dei pozzi posti nelle vicinanze del tracciato del metanodotto in progetto. In particolare, nelle piane la superficie libera è contenuta circa nei primi 10 - 12 m al di sotto del piano campagna.

Per la posizione dei piezometri si può far riferimento alla tavola “Tracciato di progetto con ubicazione dei punti di indagine” (Doc. No PG-TPSO-101). Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione idrogeologica dedicata (Doc. No. RE-CI-001).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 15 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 7.1: Letture piezometriche

	ID	P.C. (m s.l.m.)	profondità cella* (m da p.c.)	Profondità sup. libera			
				lettura a fine perf. (m da p.c.)	1° lettura (23/02/2020) (m da p.c.)	2° lettura (01/03/2020) (m da p.c.)	3° lettura (m da p.c.)
PIANA TIBERINA	S1	321		8.3 (30/01/2020)	8.24	7.84	
	S4	340		assente (31/01/2020)	3.24	1.34	
	S9	361		9.35 (06/02/2020)	9.41	8.47	
	S12	353		2.73 (06/02/2020)	2.65	2.34	
DORSALE ALPE SERRA – ALPE DI POTI	S13	384		0.62 (08/02/2020)	0.54	0.41	
	S14	599		6.55 (10/02/2020)	8.25	9.4	
	S18	658		18.6 (13/02/2020)	18.7	assente	
	S19	631		11.4 (14/02/2020)	10 (21/02/2020)	9.98 (23/02/2020)	9.98 (01/03/2020)
	S20	658		10.7 (15/02/2020)	6.65	5.2	
ALTA PIANA DI AREZZO	S22	257		3.15 (29/02/2020)	----	3.64	
	S23	255		----	----	----	12.7 (02/03/2020)
	S25	208		2.34 (29/02/2020)	----	1.98	
BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE	S27 Bis	252	9	assente (22/02/2020)	----	assente	
			33	25.4 (22/02/2020)	----	24.86	
	S27	249	7	assente (22/02/2020)	----	assente	----
	S28	255	11	assente (21/02/2020)	----	assente	
	S29	245	6	assente (21/02/2020)	----	assente	
			11	9.76 (21/02/2020)	----	9.84	
	S30	289		5.2 (26/02/2020)	----	4.8	
	S33	304		3.95 (27/02/2020)	----	3.89	
	S34	290		6.74 (28/02/2020)	----	6.86	
	S36	247		4.45 (20/02/2020)	----	1.74	
	S37	259		9.75 (19/02/2020)	----	9.1	
S38	264		6.7 (18/02/2020)	----	3.64		

*Nota: la profondità della cella si applica solamente nel caso di piezometro di Casagrande. Dove non specificato il piezometro è di tipo a tubo aperto.

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 16 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

8 RISULTATI PROVE SPT

Nei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche di tipo SPT (Standard Penetration Test). Tale prova consiste nella penetrazione di un campionatore tipo Raymond sul fondo del foro di sondaggio, con 3 avanzamenti successivi di 15 cm ciascuno. L'indice di resistenza alla penetrazione, indicato con la sigla N_{SPT} , risulta dal numero di colpi N necessari all'avanzamento di 30 cm e quindi relativi al secondo e terzo avanzamento. Il primo tratto di infissione è scartato poiché il terreno si ritiene alterato all'esecuzione del sondaggio. Quando il numero di colpi necessario all'avanzamento supera il valore di 50 si assumono condizioni di rifiuto.

In Tabella 8.1 sono riportati i dati delle prove SPT eseguite nei sondaggi lungo tutto il tracciato, per le 4 aree individuate dall'analisi geomorfologica. Nelle piane fluviali, quali la piana tiberina, quella d'Arezzo e il Bacino del Valdarno, le numerose prove SPT andate a rifiuto sono legate alla presenza di strati di ghiaia o a grana fine con inclusioni di ciottoli. Più in generale, facendo riferimento alla Figura 8.1, in queste tre zone i valori di N_{SPT} risultano molto variabili coerentemente con la natura alluvionale fortemente eterogenea dei depositi, in cui dalla percentuale di ghiaia e sabbia presente nella matrice fina dipende la bontà delle caratteristiche meccaniche del deposito. In generale, un valore di N_{SPT} pari a 10 può essere cautelativamente associato ai primi 5 m di terreno al di sotto della superficie, mentre più alto e cautelativamente pari a 30 è quello che può essere associato alla parte sottostante. Valori dell'angolo di resistenza al taglio φ' compresi tra i 28° e 35° possono quindi essere ragionevolmente attesi. Gli strati a grana prevalente fine presentano una consistenza generalmente compresa tra rigida ("stiff", $N_{SPT} = 8 - 15$) e molto rigida ("very stiff", $N_{SPT} = 15 - 30$) (Terzaghi & Peck, 1967). Valori di N_{SPT} maggiori di 30 indicano la presenza di strati con consistenza dura ("hard"), mentre solo in pochi casi si registrano valori di $N_{SPT} < 8$, relativo a consistenze medie ("medium", $N_{SPT} = 4 - 8$) e soffici ("soft", $N_{SPT} = 2 - 4$).

Differentemente da quanto osservato per le tre aree alluvionali, già a partire dai sondaggi S11 e S12 della Valtiberina e quindi in tutto il tratto della dorsale Alpe Senna – Alpe di Poti, le numerose prove SPT andate a rifiuto sono invece da legare alla presenza di argille scagliettate, areniti e siltiti, a volte sormontate da uno strato di argilla limo sabbiosa dallo spessore di circa 5 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 17 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 8.1: Risultati prove SPT

ID	Profondità prove (m da p.c.)	N° colpi SPT			N _{SPT}	Descrizione
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3		
S1	4	12	36	46	82	sabbia e ghiaia fine
	10.4	50	Rif.		RIFIUTO	ghiaia grossolana
	15.4	15	27	30	57	limo sabbioso
S2	10	37	Rif.		RIFIUTO	ghiaia da media a grossolana
	14	15	36	48	84	argilla limosa debolmente sabbiosa
	18	16	31	44	75	argilla limosa debolmente sabbiosa
	24	29	Rif.		RIFIUTO	limo sabbioso ghiaioso
S3	3.4	6	9	15	24	argilla limosa debolmente sabbiosa
	6.5	21	43	Rif.	RIFIUTO	argilla limosa con ciottoli
	12.3	28	50	Rif.	RIFIUTO	ghiaia
S39	2.4	2	3	5	8	argilla debolmente limo sabbiosa
S4	4.4	18	31	40	71	argilla limosa debolmente sabbiosa
	6.4	9	13	16	29	argilla
S5	5	3	5	6	11	argilla debolmente limosa
	11	9	16	25	41	argilla debolmente limosa
S7	7	21	47	Rif.	RIFIUTO	conglomerato debolmente cementato (ciottoli in matrice limo sabbiosa)
	12	29	Rif.		RIFIUTO	conglomerato debolmente cementato (ciottoli in matrice limo sabbiosa)
	15	21	38	48	86	conglomerato debolmente cementato (ciottoli in matrice limo sabbiosa)
S8	2.4	3	4	6	10	limo argilloso
	8.4	5	8	8	16	argilla debolmente limo-sabbiosa
	11	17	28	39	67	argilla sabbio ghiaiosa
S9	4	3	5	5	10	argilla sabbiosa
	7.4	6	8	8	16	argilla sabbiosa
S10	1.5	2	3	3	6	argilla limo sabbiosa poco consistente
	3.5	2	6	7	13	argilla limo sabbiosa poco consistente
S11	7	36	Rif.		RIFIUTO	argilliti a struttura scagliettata, arenarie
S12	2.4	17	16	8	24	argilla debolmente limosa e ghiaiosa
	7.5	20	Rif.		RIFIUTO	argilla scagliettata con arenaria litoide

(a) Piana Tiberina

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 18 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	Profondità prove (m da p.c.)	N° colpi SPT			N _{SPT}	Descrizione
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3		
S13	2	9	19	38	57	limo argilloso debolmente sabbioso con ciottoli
	4.3	12	36	Rif.	RIFIUTO	limo argilloso debolmente sabbioso con ciottoli
S40	3.3	27	48	Rif.	RIFIUTO	alternanza arenitica pelitica
S14	2	2	3	5	8	argilla limosa debolmente sabbiosa poco consistente
	4.3	11	24	43	67	limo argilloso sabbioso consistente
	7.3	7	39	Rif.	RIFIUTO	livelli di arenaria litoide
S15	2.6	4	6	8	14	argilla debolmente limo-sabbiosa mediamente consistente
	5.4	5	7	11	18	argilla debolmente limo-sabbiosa mediamente consistente
	10	Rif.			RIFIUTO	siltiti e areniti
S17	1.7	13	28	45	73	limo argilloso
S18	3.4	4	6	10	16	argilla sabbiosa poco consistente
	5.3	19	37	Rif.	RIFIUTO	argilla limo sabbiosa con livelli di arenaria e siltite
	9.6	15	34	48	82	argilla limo sabbiosa con livelli di arenaria e siltite
S19	4.5	36	50	Rif.	RIFIUTO	argilla debolmente limo sabbiosa con livelli di siltite
	6.3	18	41	Rif.	RIFIUTO	argilla scagliettata con livelli di siltite
	10.3	38	Rif.		RIFIUTO	argilla scagliettata con livelli di siltite
S20	4	16	33	48	81	argilla debolmente sabbiosa con livelli di siltite
	6.5	37	Rif.		RIFIUTO	argilla scagliettata con livelli di siltite
S21	3	50	Rif.		RIFIUTO	argilla consistente con livelli di arenaria
	6.25	26	39	Rif.	RIFIUTO	argilla limo sabbiosa con inclusioni di ciottoli arenitici
	9.4	35	Rif.		RIFIUTO	argilla limo sabbiosa con livelli arenitici
S41	3.3	15	23	34	57	sabbia fine limo argillosa
	5	Rif.			RIFIUTO	areniti e siltiti
	10	Rif.			RIFIUTO	areniti e siltiti
S42	2.7	7	10	18	28	argilla di colore grigio consistente

(b) Dorsale Alpe Serra – Alpe di Poti

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 19 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	Profondità prove (m da p.c.)	N° colpi SPT			N _{SPT}	Descrizione
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3		
S22	3.4	3	4	4	8	argilla limo sabbiosa
	6.3	6	10	13	23	argilla limo sabbiosa con ghiaie
	11.2	15	46	Rif.	RIFIUTO	ghiaie in matrice limo sabbiosa
S23	4	50	Rif.		RIFIUTO	ghiaie in matrice limo sabbiosa
	7.5	18	42	Rif.	RIFIUTO	ghiaie in matrice limo sabbiosa
	11	41	Rif.		RIFIUTO	ghiaie in matrice limo sabbiosa
S24	3.4	2	3	5	8	sabbia fine limosa
	5	8	14	18	32	ghiaia in matrice poco sabbiosa
	8	12	27	41	68	ghiaia in matrice poco sabbiosa
S43	3	18	46	Rif.	RIFIUTO	ghiaia
S25	2.4	1	1	2	3	argilla limo sabbiosa poco consistente
	7	8	15	23	38	ghiaie in matrice sabbio-limosa
	13.4	6	9	13	22	argilla con limo sabbia e ghiaia
S26	2.3	2	2	3	5	argilla limosa debolmente sabbiosa
	6.65	1	1	2	3	argilla limosa debolmente sabbiosa
	10.5	3	6	7	13	argilla limosa debolmente sabbiosa

(c) Alta Piana di Arezzo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 20 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	Profondità prove (m da p.c.)	N° colpi SPT			NsPT	Descrizione
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3		
S27	3.4	4	6	6	12	argilla
	7.4	5	7	8	15	sabbia fine limo argillosa
	9.3	12	24	46	70	ghiaia
	12	36	50	Rif.	RIFIUTO	ghiaia
S27Bis	3.45	6	7	10	17	argilla debolmente limo sabbiosa
	8.3	12	18	26	44	sabbia fine
	14	38	50	Rif.	RIFIUTO	ghiaia e sabbia fine limosa
	16.5	11	15	17	32	argilla
	25.4	31	50	Rif.	RIFIUTO	argilla limo sabbiosa con ghiaia
S28	2.4	3	5	6	11	argilla
	6.4	4	7	8	15	argilla
	10.4	5	9	12	21	argilla
S29	3.4	5	7	7	14	argilla
	6.1	16	34	Rif.	RIFIUTO	ghiaia
	11.5	13	23	33	56	sabbia fine limo argillosa
S44	3	9	15	18	33	sabbia fine con ciottoli
S30	4.7	12	27	45	72	siltiti e argilla scagliettata
	7.6	19	39	Rif.	RIFIUTO	siltiti e argilla scagliettata
S45	2.5	3	5	5	10	sabbia fine debolmente limosa
S46	-----	-----	-----	-----	-----	arenaria litoide

(d) Bacino del Valdarno Superiore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 21 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	Profondità prove (m da p.c.)	N° colpi SPT			N _{SPT}	Descrizione
		Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3		
S31	2.3	5	7	7	14	argilla limo sabbiosa poco consistente
	5.4	8	13	15	28	argilla debolmente limo sabbiosa
S32	4.3	3	5	5	10	sabbia fine limo argillosa poco consistente
	6.4	7	12	18	30	sabbia fine molto addensata
	11	7	9	10	19	argilla debolmente sabbiosa
S33	4	18	46	Rif.	RIFIUTO	argilla con areniti litoidi e siltiti
S34	3.6	6	9	10	19	argilla limo sabbiosa poco consistente
S35	2.4	4	7	7	14	argilla debolmente limo sabbiosa
	7.4	5	9	11	20	argilla debolmente limo sabbiosa
	11.7	7	14	20	34	argilla debolmente limo sabbiosa
S36	2.4	3	4	6	10	argilla debolmente limo sabbiosa
	7.4	5	9	13	22	argilla debolmente limo sabbiosa
	11.4	7	13	20	33	argilla debolmente limo sabbiosa
S37	3.4	3	5	8	13	argilla limosa
	6.4	4	8	15	23	argilla limosa
S38	2.7	4	7	7	14	sabbia fine limo argillosa
	5.8	6	8	11	19	sabbia fine limo argillosa
	10.4	9	13	19	32	sabbia fine limo argillosa
	16.7	8	18	25	43	sabbia con livelli di argilla
S47	3	4	7	9	16	argilla sabbiosa limosa

(e) Bacino del Valdarno Superiore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 22 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

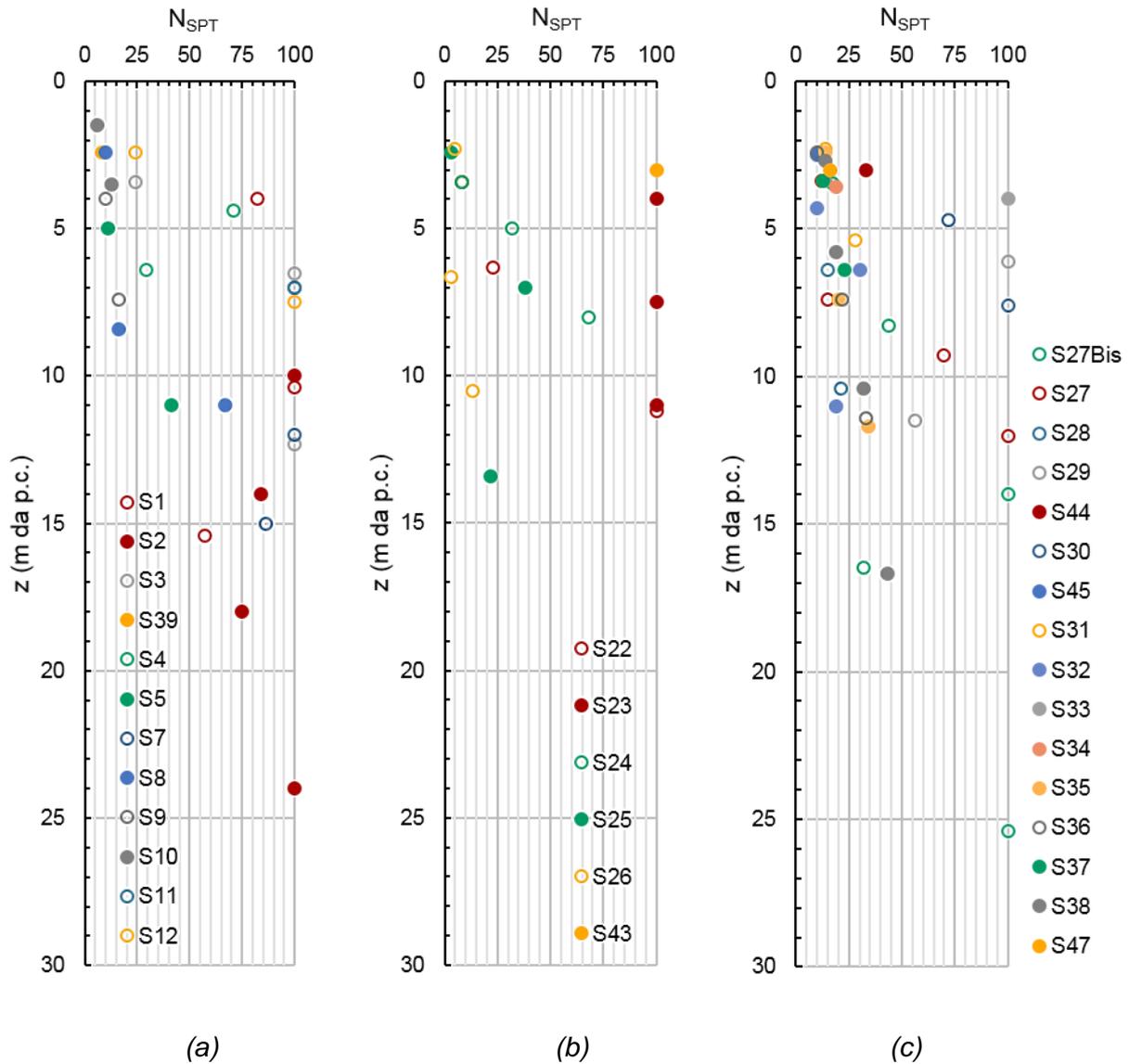


Figura 8.1 – Valori NSPT nelle tre piane: (a) Piana Tiberina; (b) Alta Piana di Arezzo; (c) Bacino del Valdarno Superiore.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 23 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

9 RISULTATI PROVE MASW E TOMOGRAFIE SISMICHE ED ELETTRICHE

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 a piano campagna. Si considera, in particolare, la propagazione delle onde di Rayleigh, poiché queste si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. I risultati di tali prove sono riportati in Tabella 9.1, associando a ciascun valore di V_s ottenuto la corrispondente categoria di sottosuolo secondo quanto indicato nelle NTC 2018 e riportato in Tabella 9.2. La categoria di sottosuolo prevalentemente interessata dal tracciato del metanodotto è la B, indicando in generale la presenza di depositi con buone caratteristiche meccaniche.

Tabella 9.1: Risultati prove MASW

	ID	x (*)	y (*)	Progr.	$V_{s,eq}$	Categoria sottosuolo
		(m)	(m)		(km)	
PIANA TIBERINA	MASW1	1746810.937	4826586.562	4.710	215	C
	MASW2	1744608.252	4826153.636	7.109	396	B
DORSALE ALPE SERRA - ALPE DI POTI	MASW3	1741933.113	4825384.635	10.087	739	B
	MASW4	1740422.297	4825037.741	12.005	374	B
	MASW5	1739959.391	4824820.152	12.550	375	B
	MASW6	1739394.956	4823776.377	13.840	521	B
	MASW7	1736618.293	4822812.880	17.276	622	B
ALTA PIANA DI AREZZO	MASW8	1731947.942	4822342.452	22.431	447	B
	MASW9	1730889.783	4822433.335	23.609	436	B
	MASW10	1728115.977	4821392.164	27.210	248	C
BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE	MASW11	1727110.943	4822355.456	28.743	460	B
	MASW12	1726647.885	4822770.463	29.422	443	B
	MASW13	1723629.874	4823644.160	33.043	645	B
	MASW14	1719442.833	4825753.499	38.660	583	B
	MASW15	1718525.430	4825288.220	39.825	741	B
	MASW16	1718188.070	4825211.751	40.173	645	B
	MASW17	1717545.973	4824961.423	40.914	378	B
	MASW18	1716823.834	4825162.081	41.734	244	C
	MASW19	1715595.594	4825911.582	43.400	453	B

*Nota: le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento Gauss Boaga Monte Mario Italy 1 e si riferiscono al punto centrale dello stendimento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 24 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 9.2: Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC 2018)

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

La tomografia sismica assiale di superficie è una tecnica che consente la ricostruzione in immagini della struttura interna del terreno, mediante l'analisi del tempo di propagazione delle onde sismiche di compressione P nel mezzo. Per le zone oggetto di tale analisi, dall'esecuzione della prova risulta una sismo-stratigrafia sostanzialmente coerente con quanto già individuato dallo studio geologico e dalla campagna geognostica. In particolare, si individua un primo sismo strato limo-argilloso con inclusi ciottoli e con grado di consistenza crescente con la profondità ($V_p < 1200$ m/sec), un secondo in cui si ha l'alternanza di siltiti ed argille scagliettate fratturare ($1201 < V_p < 2200$ m/sec) e uno strato di base con alternanza di siltite litoide e areniti ($V_p > 2001$ m/sec).

La tomografia elettrica consiste nella determinazione di profili di resistività di un deposito la quale dipende, oltre alle proprietà elettriche intrinseche del materiale indagato, da numerosi fattori tra i quali la porosità del mezzo, e quindi la granulometria e lo stato di addensamento del deposito, la presenza di acqua e quindi il grado di saturazione. I risultati di queste prove sono ancora una volta in linea con quanto già individuato dallo studio geologico e dalla campagna geognostica.

10 RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Nel seguito, per ciascuna delle 4 aree geologiche individuate, sono riportati i risultati delle prove di laboratorio, distinguendo, per ciascun campione, i parametri fisici (Tabella 10.1) e quelli meccanici (Tabella 10.2) ottenuti. I valori del modulo edometrico E_{edo} riportati fanno qui riferimento a una pressione di 100 kPa.

In Tabella 10.3 sono raccolti i risultati delle prove eseguite su 3 campioni di roccia, 2 prelevati lungo la dorsale Alpe Senna -Alpe di Poti (S15, S17) e uno (S46) sui rilievi del Pratomagno (Bacino del Valdarno Superiore).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 25 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 10.1: Risultati prove di laboratorio: proprietà fisiche

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006	
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)		
S1	CR1	4	4.4	3.66	1.75	2.69	0.59	0.37	16.64	65.82	21.05	--	--	--	--	--	--	--	--
	CI2	15	15.4	20.47	2.02	2.74	0.64	0.39	88.14	47.00	20.99	15.22	16.80	29	19	0.85	10.00	A2-6	
S3	CI1	3	3.4	18.12	2.03	2.72	0.59	0.37	83.90	0.13	8.47	52.15	39.26	42	18	1.02	24.00	A7-6	
	CI2	14.6	15	24.49	1.98	2.68	0.68	0.41	96.10	4.56	19.48	30.59	45.37	44	19	0.78	25.00	A7-6	
S39	CI1	2	2.4	23.85	1.96	2.74	0.73	0.42	89.44	3.30	21.10	35.98	39.62	33	17	0.59	16.00	A6	
S4	CI1	4	4.4	17.56	1.93	2.75	0.68	0.40	71.10	33.41	18.24	24.11	24.24	--	--	--	--	--	--
	CI2	6	6.4	22.55	2.04	2.73	0.64	0.39	95.62	16.84	8.36	31.74	43.06	54	21	0.96	33.00	A7-6	
S5	CI1	4.6	5	26.87	1.99	2.75	0.75	0.43	98.16	10.78	13.34	37.13	38.75	49	24	0.90	25.00	A7-6	
	CI2	10.6	11	27.86	1.94	2.76	0.82	0.45	93.95	2.11	11.05	34.06	52.78	60	26	0.93	34.00	A7-6	
S7	CR1	10	10.4	10.08	1.70	2.76	0.79	0.44	35.38	55.73	36.24	--	--	--	--	--	--	--	--
	CR3	18	18.4	11.28	2.01	2.73	0.52	0.34	59.78	39.92	33.52	16.83	9.72	27	16	1.48	11.00	A2-6	
S8	CI1	2																	
	CI2	8	8.4	21.48	1.84	2.75	0.82	0.45	72.09	34.00	25.57	20.28	20.15	--	--	--	--	--	--
S9	CI1	2.5																	
	CI2	7	7.4	19.22	2.04	2.68	0.57	0.36	90.39	32.20	32.18	19.24	16.37	--	--	--	--	--	--
	CI3	9	9.4	18.25	2.03	2.70	0.57	0.36	86.12	0.34	21.08	42.93	35.64	37	18	0.99	19.00	A6	

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 26 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)	W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006	
									Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)		
S10	CI1	1																
	CI2	3	3.5	25.23	1.87	2.63	0.76	0.43	87.72	11.21	34.34	20.07	34.39	52	22	0.89	30.00	A7-6
	CR1	9																
	CR2	12.5																
S11	CR1	1																
	CR2	4																
	CR3	11.6	11.8	3.53	2.18	2.75	0.31	0.23	31.72	85.88	5.97	--	--	--	--	--	--	--
	CR4	14																
S12	CR1	7.3	7.5	13.41	2.03	2.71	0.51	0.34	70.56	6.34	35.22	37.99	20.45	24	16	1.27	8.00	A4
	CR2	8.5																
	CR3	12.3	12.6	12.56	2.00	2.73	0.53	0.35	64.09	29.96	19.21	34.14	16.68	36	15	1.11	21.00	A6

(a) Proprietà fisiche Piana Tiberina

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 27 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)	W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006	
									Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)		
S13	CR1	2.5																
	CR2	4	4.3	9.21	2.02	2.76	0.49	0.33	51.57	47.87	25.09	19.18	7.86	25	12	1.21	13.00	A2-6
	CR3	8.5																
S40	CR1	3																
S14	CI1	4	4.3	15.42	2.04	2.71	0.53	0.35	78.87	43.95	18.73	22.62	14.70	--	--	--		--
	CI2	7	7.3	18.01	1.97	2.76	0.65	0.39	76.21	40.22	12.67	25.79	21.32	--	--	--		--
	CR1	8.7																
S15	CI1	2.2																
	CI2	5	5.4	14.2	2.03	2.72	0.53	0.35	72.51	20.34	21.21	23.22	35.22	48	22	1.3	26.00	A7-6
	CR1	11.6	12.00															
S17	CI1	2.5	2.85	12.82	1.98	2.77	0.58	0.37	61.57	38.69	20.94	22.86	17.51	--	--	--		--
	CR1	8.2	8.5	14.83	2.09	2.74	0.51	0.34	80.42	50.73	20.17	18.46	10.64	--	--	--		--
	CR2	8.2																
	CR3	14																
S18	CI1	3	3.4	11.32	2.09	2.62	0.40	0.28	74.89	23.27	42.67	27.23	6.83	32	17	1.37	15.00	A2-6
	CI2	5	5.3	17.48	1.96	2.63	0.57	0.36	80.17	24.53	22.88	26.73	25.86	45	20	1.08	25.00	A7-6
	CI3	9.3	9.6	11.90	2.04	2.75	0.50	0.33	64.99	20.93	24.80	42.81	11.46	41	16	1.16	25.00	A7-6

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 28 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006	
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)		
S19	CI1	4.25	4.5	14.54	2.04	2.71	0.52	0.34	75.19	41.49	23.36	12.87	22.28	44	17	1.10	27.00	A7-6	
	CI2	6	6.3	15.82	1.95	2.73	0.63	0.39	69.01	41.80	15.66	19.80	22.75	43	18	1.10	25.00	A7-6	
	CI3	10																	
S20	CI1	3	3.4	11.01	2.05	2.73	0.48	0.32	63.18	15.32	41.84	17.33	25.51	36	17	1.31	19.00	A6	
	CR1	7																	
S21	CI1	4	4.3	12.87	2.07	2.72	0.48	0.33	72.43	34.07	33.46	16.55	15.92	40	15	1.10	25.00	A2-6	
	CI2	6	6.25	10.59	1.98	2.70	0.51	0.34	56.19	44.16	17.68	20.17	17.98	46	22	1.45	24.00	A7-6	
	CI3	8																	
S41	CI1	3	3.3	15.88	2.01	2.67	0.54	0.35	78.69	69.36	13.89	--	--	--	--	--			--
	CR1	7																	
	CR2	12																	

(b) Proprietà fisiche Dorsale Alpe Serra – Alpe di Poti

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 29 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)	
S42	CI1	2.4	2.7	19.56	1.96	2.71	0.66	0.40	80.77	22.16	21.22	24.59	32.04	--	--	--		--
S22	CI1	3	3.4	6.75	2.04	2.64	0.38	0.28	46.37	7.70	26.05	30.99	35.25	49	25	1.78	24.00	A7-6
	CI2	6																
S23	CR1	4.5	4.8	9.19	1.86	2.67	0.56	0.36	43.62	50.92	30.11	--	--	--	--	--		--
	CR2	11																
S24	CI1	3	3.4	21.09	1.83	2.69	0.78	0.44	72.93	0.00	44.88	27.36	27.76	--	--	--		--
	CR2	8.3																
S43	CI1	2.1	2.4	7.45	1.88	2.69	0.54	0.35	37.46	46.08	29.02	16.72	8.18	--	--	--		--
S25	CI1	2	2.4	17.18	1.95	2.64	0.59	0.37	77.05	1.55	4.89	61.09	32.47	52	25	1.30	27.00	A7-6
	CI2	8.7	9	19.02	2.14	2.74	0.53	0.34	99.08	1.33	40.96	30.54	27.17	38	21	1.09	17.00	A6
	CI3	13																
	CI4	16																
S26	CI1	2																
	CI2	6.3	6.6	25.73	1.95	2.77	0.79	0.44	90.39	0.00	16.47	54.04	29.49	51	27	1.07	24.00	A7-6
	CI3	10																
	CI4	20	20.4	19.82	2.06	2.74	0.59	0.37	92.06	0.00	0.00	41.14	58.86	54	25	1.19	29.00	A7-6

(c) Proprietà fisiche Alta Piana di Arezzo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 30 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)	
S27	CI1	3	3.4	18.65	2.01	2.71	0.60	0.37	84.42	2.78	16.94	34.43	45.86	51	18	0.97	33.00	A7-6
	CI2	7	7.4	20.65	2.09	2.73	0.58	0.37	97.79	1.73	9.55	47.98	40.74	52	24	1.11	28.00	A7-6
	CR1	8.7																
S7-bis	CI1	3	3.45	16.75	2.03	2.71	0.56	0.36	80.87	0.67	8.52	48.24	42.57	44	21	1.18	23.00	A7-6
	CI2	8	8.3	13.94	2.00	2.68	0.52	0.34	71.20	0.19	42.42	27.14	30.24	39	15	1.04	24.00	A6
	CI3	16.1	16.5	18.61	2.05	2.71	0.57	0.36	88.74	12.75	10.61	38.23	38.40	49	20	1.06	29.00	A7-6
	CI4	26.6	27	18.63	2.11	2.72	0.53	0.35	95.06	0.07	25.29	40.54	34.10	51	22	1.13	29.00	A7-6
	CI5	31.7	32	17.86	2.03	2.70	0.57	0.36	85.03	3.01	11.46	38.88	46.65	46	24	1.27	22.00	A7-6
S28	CI1	2	2.4	18.64	2.01	2.73	0.61	0.38	83.09	3.52	11.47	39.40	45.61	49	23	1.18	26.00	A7-6
	CI2	6	6.4	24.62	2.04	2.77	0.69	0.41	98.50	1.64	2.75	31.64	63.96	52	26	1.06	26.00	A7-6
	CI3	10																
S29	CI1	3																
	CR1	8.4	8.7	8.55	1.86	2.68	0.56	0.36	40.85	46.54	36.32	--	--	--	--	--		--
	CR2	13.3	13.7	8.95	1.94	2.76	0.55	0.35	45.23	32.43	37.71	19.49	10.37	30	13	1.25	17.00	A2-6
S44	CI1	2	2.3	16.36	1.97	2.67	0.58	0.37	75.37	0.05	56.07	28.85	15.03	--	--	--		--
S30	CI1	4.3	4.6	19.51	2.02	2.73	0.61	0.38	86.67	46.41	9.72	23.27	20.60	40	18	0.93	22.00	A6
	CI2	7.3																

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 31 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)	
S45	CI1	1.4	1.8	12.83	1.89	2.65	0.58	0.37	58.41	7.93	45.12	22.46	24.49	--	--	--		--
S46	CR1	0.6																
	CR2	3																
S31	CI1	2.1	2.3	17.29	1.97	2.74	0.64	0.39	74.44	2.45	27.45	37.03	33.07	46	19	1.07	27.00	A7-6
	CI2	5	5.4	19.91	2.09	2.71	0.56	0.36	96.59	13.56	18.44	28.04	39.96	--	--	--		--
S32	CI1	4	4.3	12.78	1.90	2.68	0.59	0.37	57.93	22.18	47.07	19.36	11.39	--	--	--		--
	CI2	6	6.4	11.68	2.02	2.69	0.49	0.33	64.18	10.92	39.72	21.20	28.16	--	--	--		--
	CI3	10.7	11	13.41	2.03	2.72	0.52	0.34	69.95	42.20	20.91	22.79	14.11	48	19	1.20	29.00	A7-6
S33	CR1	3.5	3.8	21.36	1.93	2.70	0.70	0.41	82.85	19.92	22.02	24.20	33.86	54	23	1.05	31.00	A7-6
	CL1	6																
S34	CI1	3.3	3.6	12.60	1.93	2.72	0.59	0.37	58.33	34.11	27.03	19.07	19.79	45	17	1.14	28.00	A7-6
	CR1	5	5.3	13.98	1.88	2.70	0.64	0.39	59.21	55.97	12.65	19.27	12.11	43	16	1.06	27.00	A7-6
	CL1	9.5																
S35	CI1	2	2.4	13.77	2.09	2.70	0.47	0.32	78.75	0.96	27.08	33.56	38.40	50	19	1.17	31.00	A7-6
	CI2	7																
	CI3	11.3	11.7	14.49	2.10	2.71	0.48	0.32	82.17	0.81	29.77	32.10	37.32	46	16	1.04	30.00	A7-6

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 32 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		W (%)	γ_{umido} (kN/m ³)	γ_{grani} (kN/m ³)	e_0	n	Sr (%)	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG				CLASS. UNI 10006
										Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IC (-)	IP (-)	
S36	Cl1	2	2.4	20.90	2.07	2.69	0.57	0.36	98.04	7.65	35.03	30.51	26.80	37	18	0.84	19.00	A6
	Cl2	7	7.4	16.70	2.05	2.69	0.53	0.35	84.30	9.39	36.79	26.20	27.62	38	21	1.24	17.00	A6
	Cl3	11																
S37	Cl1	3	3.4	15.56	2.09	2.71	0.50	0.33	84.45	0.00	24.46	35.31	40.22	36	19	1.20	17.00	A6
	Cl2	6	6.4	14.91	2.10	2.70	0.48	0.32	84.42	0.21	23.51	46.04	30.24	44	23	1.39	21.00	A7-6
	Cl3	11	11.4	18.91	2.02	2.76	0.63	0.39	83.11	0.80	58.37	25.04	15.79	--	--	--		--
S38	Cl1	2.4	2.7	12.14	2.07	2.68	0.45	0.31	71.98	23.89	41.16	17.41	17.54	--	--	--		--
	Cl2	5.4	5.8	14.04	1.89	2.69	0.62	0.38	60.93	0.50	65.72	20.30	13.49	--	--	--		--
	Cl3	10																
S47	Cl1	2	2.4	19.74	1.95	2.70	0.66	0.40	81.43	20.20	27.93	23.30	28.57	28	14	0.58	14.00	A6

(d) Proprietà fisiche: Bacino del Valdarno Superiore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 33 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 10.2: Risultati prove di laboratorio: proprietà meccaniche

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
S1	CR1	4	4.4			11	32						
	CI2	15	15.4		35.5	34	22						
S3	CI1	3	3.4		29.5	41	17						
	CI2	14.6	15		29.5				36	21			
S39	CI1	2	2.4		32	27	23						
S4	CI1	4	4.4			33	25						
	CI2	6	6.4	7.5	27.5				33	20			
S5	CI1	4.6	5		29.5	30	22						
	CI2	10.6	11		27.5								
S7	CR1	10	10.4										
	CR3	18	18.4		35								
S8	CI1	2											
	CI2	8	8.4			34	24						
S9	CI1	2.5											
	CI2	7	7.4			28	23						
	CI3	9	9.4		31				28	25			

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 34 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
	CR2	12.5											
S11	CR1	1											
	CR2	4											
	CR3	11.6	11.8										
	CR4	14											
S12	CR1	7.3	7.5		37	33	20						
	CR2	8.5											
	CR3	12.3	12.6		30.5	24	29						

(a) Proprietà meccaniche Piana Tiberina

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 35 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
S13	CR1	2.5											
	CR2	4	4.3		33.5	24	20	0	13				
	CR3	8.5											
S40	CR1	3											
S14	CI1	4	4.3			27	22						
	CI2	7	7.3			33	21						
	CR1	8.7											
S15	CI1	2.2											
	CI2	5	5.4		29	34	22						
	CR1	11.5											
S17	CI1	2.5	2.85			18	24						
	CR1	8.2	8.5			30	23						
	CR2	8.2											
	CR3	14											
S18	CI1	3	3.4		32.5	29	22						
	CI2	5	5.3		29.5						64		
	CI3	9.3	9.6		29.5					21	25		

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 36 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)				E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)		
S19	CI1	4.25	4.5		28.5	38	20						
	CI2	6	6.3		29.5								
	CI3	10											
S20	CI1	3	3.4	2.2	31	36	22						
	CR1	7											
S21	CI1	4	4.3		29.5	33	19						
	CI2	6	6.25		29.5	27	20	0	10				
	CI3	8											
S41	CI1	3	3.3			21	30						
	CR1	7											
	CR2	12											

(b) Proprietà meccaniche Dorsale Alpe Serra – Alpe di Poti

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 37 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
S42	CI1	2.4	2.7			31	21						
S22	CI1	3	3.4	3.77	29.5	24	18						
	CI2	6											
S23	CR1	4.5	4.8										
	CR2	11											
S24	CI1	3	3.4			18	29						
	CR2	8.3											
S43	CI1	2.1	2.4			27	28						
S25	CI1	2	2.4		28.5	32	18						
	CI2	8.7	9		32				11	24			
	CI3	13											
	CI4	16											
S26	CI1	2											
	CI2	6.3	6.6		29.5				36	22			
	CI3	10											
	CI4	20	20.4		28.5	41	22						

(c) Proprietà meccaniche Alta Piana di Arezzo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 38 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
S27	CI1	3	3.4		27.5	27	20	0	11				
	CI2	7	7.4		28.5	33	22						
	CR1	8.7											
S7-bis	CI1	3	3.45		30	33	20	0	10				
	CI2	8	8.3		29.5	29	17						
	CI3	16.1	16.5		28.5	35	21						
	CI4	26.6	27		28.5	35	23						
	CI5	31.7	32		30	29	22						
S28	CI1	2	2.4		29	32	20	8	11				
	CI2	6	6.4		29	25	20						
	CI3	10											
S29	CI1	3											
	CR1	8.4	8.7										
	CR2	13.3	13.7		32	23	31						
S44	CI1	2	2.3			14	32						
S30	CI1	4.3	4.6	5.03	30	33	24						
	CI2	7.3											
S45	CI1	1.4	1.8			13	30						

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30’’), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 39 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)		E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_u (kN/m ²)	m/sec
S46	CR1	0.6											
	CR2	3											
S31	CI1	2.1	2.3		28.5								
	CI2	5	5.4			31	19						
S32	CI1	4	4.3			17	30						
	CI2	6	6.4										
	CI3	10.7	11		28.5				33	22			
S33	CR1	3.5	3.8		28								
	CL1	6											
S34	CI1	3.3	3.6		28.5	25	20						
	CR1	5	5.3		28.5	29	19	0	11				
	CL1	9.5											
S35	CI1	2	2.4		28	38	20	7	14				
	CI2	7											
	CI3	11.3	11.7		28	28	23						
S36	CI1	2	2.4		31	32	20						
	CI2	7	7.4		32	21	28						
	CI3	11											

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 40 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		EDO	$\varphi'_{\text{Mitchell}}$	TD		T. RESIDUO		TX CID		TX-UU	k
		(m da p.c.)				E_{edo} (MPa)	(°)	c' (kN/m ²)	φ' (°)	c_R' (kN/m ²)	φ_R' (°)		
S37	CI1	3	3.4		32	22	21	0	13				
	CI2	6	6.4		30.5	34	22						
	CI3	11	11.4			25	28						
S38	CI1	2.4	2.7			24	27						
	CI2	5.4	5.8			17	31						
	CI3	10											
S47	CI1	2	2.4		33	40	23						

(d) Proprietà meccaniche: Bacino del Valdarno Superiore

Tabella 10.3: Risultati prove di laboratorio su campioni di roccia

ID	CAMPIONE	PROFONDITÀ		g	UCS
		(m da p.c.)			
S15	CR1	11.60	12.00	23.89	34.32
S17	CR3	14.00	14.35	23.67	51.33
S46	CR2	3.00	3.20	25.17	67.41

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 41 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

11 INDIVIDUAZIONE DEI LITOTIPI DI RIFERIMENTO

Lo studio della carta litotecnica (Doc No. PG-CGL-102) permette di individuare le formazioni litologiche prevalenti lungo il percorso del tracciato del metanodotto in progetto. In particolare, come riportato in Tabella 11.1, associando a ciascun provino sottoposto a prove di laboratorio la relativa litologia è possibile giungere a una caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi individuati, per gli spessori dei depositi investigati dai sondaggi e quindi interagenti con l'opera.

Sinteticamente, facendo ancora riferimento alla Tabella 11.1, la Piana Tiberina è costituita prevalentemente da depositi alluvionali (All) e colluviali e in misura minore da argille sabbiose fluvio-lacustri (VILc). Nella parte finale della piana, salendo verso la dorsale di Anghiari, la formazione prevalente è invece quella delle arenarie (FAL2), sormontate da depositi alluvionali o da argille (AVR) con spessori comunque inferiori ai 10 m. La formazione di arenarie è quindi quella prevalente lungo la Dorsale Alpe Senna – Alpe di Poti (FAL3, FAL3).

Superata la dorsale, l'alta valle di Arezzo è costituita da un'alternanza di conglomerati e ciottolami poligenici (VILa, VIIg), dov'è ancora possibile osservare la presenza di elementi arenacei (VILg), e formazioni limo argilloso sabbiose (VILh) o prevalentemente argillose (FAA). Tali formazioni a grana prevalentemente fina (VILh) sono invece quelle più diffuse nel Bacino del Valdarno superiore, dove generalmente poggiano su strati più profondi di conglomerati (VILg, VILa, VILe). Nella zona centrale del Bacino del Valdarno Superiore, ossia quella compresa tra i sondaggi S30 e S34, dove il tracciato del metanodotto risale lungo i rilievi del Pratomagno, si incontra nuovamente una prevalenza di depositi di arenarie (FAL3, FAL3a, FAL4, BMSc).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 42 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

Tabella 11.1: Attribuzione delle litologie ai provini analizzati

ID	P.C. (m s.l.m.)	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)		Quota (m s.l.m.)		LITOLOGIA	DESCRIZIONE
S1	321	CR1	4.0	4.4	317.0	316.6	All	Alluvioni
	321	CI2	15.0	15.4	306.0	305.6	All	Alluvioni
S3	321	CI1	3.0	3.4	318.0	317.6	All	Alluvioni
	321	CI2	14.6	15.0	306.4	306.0	All	Alluvioni
S39	323	CI1	2.0	2.4	321.0	320.6	All	Alluvioni
S4	340	CI1	4.0	4.4	336.0	335.6	All	Alluvioni
	340	CI2	6.0	6.4	334.0	333.6	All	Alluvioni
S5	357	CI1	4.6	5.0	352.4	352.0	VILc	Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri
	357	CI2	10.6	11.0	346.4	346.0	VILc	Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri
S7	477	CR1	10.0	10.4	467.0	466.6	VILa	Conglomerati e ciottolami
	477	CR2	14.6	15.0	462.4	462.0	VILa	Conglomerati e ciottolami
	477	CR3	18.0	18.4	459.0	458.6	VILa	Conglomerati e ciottolami
S8	393	CI1	2.0	2.5	391.0	390.5	deposito colluviale	Limi e Sabbie con frammenti litoidi
	393	CI2	8.0	8.4	385.0	384.6	VILc	Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri
S9	361	CI1	2.5		358.5	361.0	All	Alluvioni
	361	CI2	7.0	7.4	354.0	353.6	All	Alluvioni
	361	CI3	9.0	9.4	352.0	351.6	VILc	Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri
S10	352	CI1	1.0		351.0	352.0	All	Alluvioni
	352	CI2	3.0	3.5	349.0	348.5	All	Alluvioni
	352	CR1	9.0	9.5	343.0	342.5	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
	352	CR2	12.5	13.0	339.5	339.0	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
S11	362	CR1	1.0	1.5	361.0	360.5	AVR	Argille Varicolori con Calcari
	362	CR2	4.0	4.5	358.0	357.5	AVR	Argille Varicolori con Calcari
	362	CR3	11.6	11.8	350.4	350.2	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
	362	CR4	14.0	14.5	348.0	347.5	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
S12	353	CR1	7.3	7.5	345.7	345.5	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
	353	CR2	8.5	9.0	344.5	344.0	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli
	353	CR3	12.3	12.6	340.7	340.4	FAL2	Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli

(a) Piana Tiberina

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 43 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	P.C. (m s.l.m.)	CAMPIONE	PROFONDITÀ		Quota		LITOLOGIA	DESCRIZIONE
			(m da p.c.)		(m s.l.m.)			
S13	384	CR1	2.5		381.5	384.0	All	Alluvioni
	384	CR2	4.0	4.3	380.0	379.7	All	Alluvioni
	384	CR3	8.5	9.0	375.5	375.0	FAL1	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montefalco (arenarie grigie in strati spessi)
S40	553	CR1	3.0		550.0	553.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S14	599	CI1	4.0	4.3	595.0	594.7	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	599	CI2	7.0	7.3	592.0	591.7	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	599	CR1	8.7		590.3	599.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S15	618	CI1	2.2		615.8	618.0	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	618	CI2	5.0	5.4	613.0	612.6	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	618	CR1	11.5		606.5	618.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S17	663	CI1	2.5	2.9	660.5	660.2	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	663	CR1	8.2	8.5	654.8	654.5	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
	663	CR2	8.2		654.8	663.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
	663	CR3	14.0		649.0	663.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S18	658	CI1	3.0	3.4	655.0	654.6	deposito colluviale	Limi e Sabbie con frammenti litoidi
	658	CI2	5.0	5.3	653.0	652.7	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
	658	CI3	9.3	9.6	648.7	648.4	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S19	631	CI1	4.3	4.5	626.8	626.5	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
	631	CI2	6.0	6.3	625.0	624.7	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
	631	CI3	10.0		621.0	631.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S20	658	CI1	3.0	3.4	655.0	654.6	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	658	CR1	7.0		651.0	658.0	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
S21	473	CI1	4.0	4.3	469.0	468.7	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	473	CI2	6.0	6.3	467.0	466.8	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	473	CI3	8.0		465.0	473.0	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
S41	313	CI1	3.0	3.3	310.0	309.7	deposito colluviale	Limi e Sabbie con frammenti litoidi

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 44 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

313	CR1	7.0		306.0	313.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
313	CR2	12.0		301.0	313.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)

(b) Dorsale Alpe Sena – Alpe Poti

ID	P.C. (m s.l.m.)	CAMPIONE	PROFONDITÀ		Quota		LITOLOGIA	DESCRIZIONE
			(m da p.c.)		(m s.l.m.)			
S42	267	CI1	2.4	2.7	264.6	264.3	All	Alluvioni
S22	257	CI1	3.0	3.4	254.0	253.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	257	CI2	6.0		251.0	257.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S23	255	CR1	4.5	4.8	250.5	250.2	VILg	Conglomeratie ciottolami ad elementi arenacei
	255	CR2	11.0		244.0	255.0	VILg	Conglomeratie ciottolami ad elementi arenacei
S24	253	CI1	3.0	3.4	250.0	249.6	deposito colluviale	Limi e Sabbie con frammenti litoidi
	253	CR2	8.3		244.7	253.0	VIL a	Conglomeratie ciottolami poligenici
S43	247	CI1	2.1	2.4	244.9	244.6	VIL g	Conglomeratie ciottolami ad elementi arenacei
S25	208	CI1	2.0	2.4	206.0	205.6	All	Alluvioni
	208	CI2	8.7	9.0	199.3	199.0	FAA	Argille Azzurre
	208	CI3	13.0		195.0	208.0	FAA	Argille Azzurre
	208	CI4	16.0		192.0	208.0	FAA	Argille Azzurre
S26	207	CI1	2.0		205.0	207.0	All	Alluvioni
	207	CI2	6.3	6.6	200.7	200.4	FAA	Argille Azzurre
	207	CI3	10.0		197.0	207.0	FAA	Argille Azzurre
	207	CI4	20.0	20.4	187.0	186.6	FAA	Argille Azzurre

(c) Alta Piana di Arezzo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 45 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

ID	P.C. (m s.l.m.)	CAMPIONE	PROFONDITA'		Quota		LITOLOGIA	DESCRIZIONE
			(m da p.c.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		
S27	252	CI1	3.0	3.4	249.0	248.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	252	CI2	7.0	7.4	245.0	244.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	252	CR1	8.7		243.3	252.0	VIL a	Conglomeratie ciottolami poligenici
S27-bis	249	CI1	3.0	3.5	246.0	245.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	249	CI2	8.0	8.3	241.0	240.7	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	249	CI3	16.1	16.5	232.9	232.5	VILc	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	249	CI4	26.6	27.0	222.4	222.0	VILc	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	249	CI5	31.7	32.0	217.3	217.0	FAA	Argille Azzurre
S28	255	CI1	2.0	2.4	253.0	252.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	255	CI2	6.0	6.4	249.0	248.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	255	CI3	10.0		245.0	255.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S29	245	CI1	3.0		242.0	245.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	245	CR1	8.4	8.7	236.6	236.3	VILg	Conglomeratie ciottolami ad elementi arenacei
	245	CR2	13.3	13.7	231.7	231.3	VILe	Sabbie e conglomerati
S44	264	CI1	2.0	2.3	262.0	261.7	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S30	289	CI1	4.3	4.6	284.7	284.4	FAL4	Arenarie di M. Falterona -Membro di Lonnano (siltiti e arenarie)
	289	CI2	7.3		281.7	289.0	FAL4	Arenarie di M. Falterona -Membro di Lonnano (siltiti e arenarie)
S45	275	CI1	1.4	1.8	273.6	273.2	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S46	280	CR1	0.6		279.4	280.0	BMSc	Brecce di Monte Senario (arenarie grossolane in strati spessi)
	280	CR2	3.0		277.0	280.0	BMSc	Brecce di Monte Senario (arenarie grossolane in strati spessi)
S31	297	CI1	2.1	2.3	294.9	294.7	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	297	CI2	5.0	5.4	292.0	291.6	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
S32	303	CI1	4.0	4.3	299.0	298.7	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	303	CI2	6.0	6.4	297.0	296.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	303	CI3	10.7	11.0	292.3	292.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S33	304	CR1	3.5	3.8	300.5	300.2	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	304	CL1	6.0		298.0	304.0	FAL1	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montefalco (arenarie grigie in strati spessi)
S34	290	CI1	3.3	3.6	286.7	286.4	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica
	290	CR1	5.0	5.3	285.0	284.7	FAL3a	Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 46 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

	290	CL1	9.5		280.5	290.0	FAL3	Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)
S35	278	CI1	2.0	2.4	276.0	275.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	278	CI2	7.0		271.0	278.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	278	CI3	11.3	11.7	266.7	266.3	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S36	247	CI1	2.0	2.4	245.0	244.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	247	CI2	7.0	7.4	240.0	239.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	247	CI3	11.0		236.0	247.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S37	259	CI1	3.0	3.4	256.0	255.6	VILe	Sabbie e conglomerati
	259	CI2	6.0	6.4	253.0	252.6	VILe	Sabbie e conglomerati
	259	CI3	11.0	11.4	248.0	247.6	VILe	Sabbie e conglomerati
S38	264	CI1	2.4	2.7	261.6	261.3	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	264	CI2	5.4	5.8	258.6	258.2	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
	264	CI3	10.0		254.0	264.0	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
S47	280	CI1	2.0	2.4	278.0	277.6	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose

(d) Bacino del Valdarno Superiore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 47 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

12 MODELLO GEOTECNICO

Si riassume di seguito il modello geotecnico di prima analisi sviluppato per le 4 aree geologiche. Mentre i valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio dedotti dalle prove di laboratorio sono relativi a una resistenza di picco del materiale (indicati in tabella con pedice "P"), il valore dell'angolo di resistenza al taglio φ' in condizioni di stato critico (pedice "CV", constant volume) è calcolato a partire dall'indice di plasticità I_P tramite la formula di Mitchell (Mitchell, J.K., 1976, *Fundamentals of soil behaviour*) per cui

$$\sin \varphi' = 0.35 - 0.1 \ln I_P.$$

PIANA TIBERINA

All - Alluvioni, Depositi colluviali

γ	E_{edo}	C_P'	φ_P'	φ_{cv}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19.5	7.5	10 - 40	17 - 32	27 - 35	-	-	-

VILc - Argille e argille sabbiose lignifere lacustri e fluvio-lacustri

γ	E_{edo}	C_P'	φ_P'	φ_{cv}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19.5	-	28 - 34	22 - 25	27 - 31	-	-	-

FAL2 - Arenarie di M. Falterona - Membro di Camaldoli

γ	E_{edo}	C_P'	φ_P'	φ_{cv}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
20	-	24 - 33	20 - 29	30 - 37	-	-	-

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 48 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

DORSALE ALPE SENA – ALPE DI POTI

All - Alluvioni ,Depositi colluviali

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19.5	5 - 10	10 - 25	18 - 25	30 - 35	0	10 - 15	-

FAL3a - Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
20	-	20 - 35	19 - 25	28 - 32	0	10 - 15	-

FAL3 - Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto (arenaceo pelitico)

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u	UCS
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)	(MPa)
20	2 - 3	20 - 35	20 - 25	28 - 32	-	-	50 - 75	30 - 50

ALTA PIANA DI AREZZO

All - Alluvioni Depositi colluviali

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19.5	5 - 10	15 - 35	17 - 32	27 - 35	-	-	-

VILa - Conglomerati ciottolami poligenici,

VILg - Conglomerati e ciottolami ad elementi arenacei

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
18.5	-	24 - 30	25 - 30	-	-	-	-

VILh - Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
20	3 - 4	20 - 38	15 - 20	27 - 30	-	-	-

FAA - Argille Azzurre

γ	E _{edo}	CP'	$\varphi_{P'}$	$\varphi_{CV'}$	CR'	$\varphi_{R'}$	C _u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
20	-	35 - 45	20 - 25	27 - 30	-	-	-

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 49 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE

VILh - Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose

γ	E_{edo}	C_p'	φ_p'	φ_{CV}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19	-	10 - 40	20 - 32	27 - 33	0	10 - 15	-

VILe - Sabbie e conglomerati

γ	E_{edo}	C_p'	φ_p'	φ_{CV}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19.5	-	20 - 35	20 - 30	30 - 32	0	10 - 15	-

FAL3a - Arenarie di M. Falterona - Litofacies argillitica

γ	E_{edo}	C_p'	φ_p'	φ_{CV}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
19	-	20 - 35	18 - 22	28 - 29	0	10 - 15	-

BMSc - Breccie di Monte Senario (arenarie grossolane in strati spessi)

γ	E_{edo}	C_p'	φ_p'	φ_{CV}'	C_R'	φ_R'	C_u	UCS
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)	(MPa)
25	-	-	-	-	-	-	-	60 - 70

FAL1 - Arenarie di M. Falterona - Membro di Montefalco (arenarie grigie in strati spessi), FAL4 - Arenarie di M. Falterona - Membro di Lonnano (siltiti e arenarie)

γ	E_{edo}	C_p'	φ_p'	φ_{CV}'	C_R'	φ_R'	C_u
(kN/m ³)	(MPa)	(kN/m ²)	(°)	(°)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)
20	4 - 6	30 - 35	20 - 26	28 - 32	-	-	-

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17143	CODICE TECNICO -
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30''), DP 75 bar ed opere connesse	Pag. 50 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3220-030

13 CONCLUSIONI

Gli interventi in progetto si sviluppano nella regione Toscana in provincia di Arezzo su un'area estesa, da nord verso sud, per circa 45 km, lungo i quali si possono osservare caratteristiche geologiche e morfologiche differenti.

Da un punto di vista geomorfologico, il tracciato del metanodotto attraversa 4 differenti zone: la piana alluvionale del Tevere (pk 0.00 – 9.00), la dorsale Alpe Senna – Alpe di Poti (pk 9.00 - 19.00), la Piana di Arezzo (pk 19.00 - 28.00) e il bacino del Valdarno Superiore (pk 28.00 - 45.621).

Le piane fluviali sono caratterizzate dalla presenza di depositi fortemente eterogenei, comunque caratterizzati da buone caratteristiche meccaniche. Il tratto della dorsale Alpe Senna – Alpe di Poti è dominato dalla presenza di argille scagliettate, areniti e siltiti.

La superficie piezometrica segue l'andamento altimetrico del tracciato, con profondità mediamente compresa entro i primi 10 m da p.c.