

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

METANODOTTO

**Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16"), DP 75 bar
e opere connesse**

Attraversamenti con metodologie Trenchless

Schede tecniche di progetto

0	Emissione	Mencucci	Nisii	Palozzo	Feb.2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

INDICE

1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
1.1	Inquadramento territoriale	6
1.2	Documenti di Riferimento	7
2	GENERALITA'	8
2.1	Premessa	8
2.2	Scopo e contenuti del documento	8
2.3	Abbreviazioni	8
2.4	Elaborati di progetto di riferimento	8
3	CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEL TRACCIATO E DEGLI ATTRAVERSAMENTI IN TRENCHLESS	10
4	DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE TRENCHLESS	14
4.1	Generalità	14
4.2	Metodologia "Microtunnel"	14
4.2.1	Fasi di costruzione	14
4.2.2	Metodo costruttivo	15
4.2.3	Installazione della condotta	17
4.3	Metodologia "Raise Boring"	17
4.3.1	Fasi di costruzione	17
4.3.2	Metodo costruttivo	18
4.3.3	Installazione della condotta	20
5	CARATTERISTICHE DI PROGETTO DELLE OPERE TRENCHLESS	22
5.1	Sintesi delle caratteristiche di progetto	22
5.2	Schede riassuntive	26
5.2.1	Microtunnel LE MOIE	27
5.2.2	Microtunnel EOLO	29
5.2.3	Raise Boring LA ROCCA	31
5.2.4	Microtunnel EX ALBERGO	33
5.2.5	Microtunnel FIESCHI	35

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.6	Microtunnel CEMBRANO	37
5.2.7	Microtunnel SAN PIETRO VARA	39
5.2.8	Microtunnel TORZA	41
5.2.9	Microtunnel MEGHI	43
5.2.10	Microtunnel DEL MERCIAIO	45
5.2.11	Microtunnel TAVARONE	47
5.2.12	Raise Boring CASALI	49
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	51

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto denominato “Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”), DP 75 bar e opere connesse” prevede, come intervento principale, la messa in opera di una nuova condotta DN 400 (16”) di lunghezza complessiva pari a 36,755 km che sostituirà alcuni tratti del metanodotto “Derivazione per Sestri Levante DN 400/250 (16”/10”), MOP 70 bar” attualmente in esercizio, che verrà dismesso, allo scopo di incrementare l'affidabilità e la flessibilità della rete di trasporto.

Il progetto prevede la realizzazione di alcuni tratti in sostituzione della linea esistente, che sarà dismessa e rimossa solamente in corrispondenza delle percorrenze di nuova progettazione, nonché l'adeguamento di alcune linee secondarie di vario diametro che prendono origine dalla linea principale, al fine di garantire la fornitura del servizio al bacino delle utenze presenti nell'area.

Nel complesso la nuova linea avrà la lunghezza di 36,755 km di cui 7,745 km già esistenti e 29,010 km di nuova realizzazione.

Il territorio interessato dall'opera è compreso nelle Regioni Emilia-Romagna, Comune di Albareto (PR) e Liguria, Comuni di Varese Ligure, Carro, Maissana in Provincia della Spezia e Castiglione Chiavarese, Casarza Ligure e Sestri Levante nell'ambito della Città Metropolitana di Genova.

Più in dettaglio l'intervento prevede le seguenti opere in progetto (Tab. 1.1/A) e dismissione (Tab. 1.1/B).

Tab. 1.1/A Linea principale e linee secondarie in progetto

Denominazione metanodotto	DN (mm)	DP (bar)	Lunghezza (km)
Linea principale			
Rifacimento Derivazione per Sestri Levante	400	75	36,755*
Linee secondarie			
Ricollegamento al Comune di Albareto	100	75	0,095
Allacciamento al Comune di Varese Ligure	100	75	0,045
Ricollegamento All. Comune di Varese Ligure	250	75	0,060
Collegamento Area Trappole ad HPRS1 Casarza Ligure	400	75	0,085
Ricollegamento a Der. per Sestri Levante	250	24	0,035
Tubazioni di servizio per Isolation System (3 linee)	50	24	0,090
Variante Torrente Petronio	250	24	0,585
Ricollegamento al Comune di Sestri Levante	200	24	0,020
Adeguamento cabina HPRS 768/A	400	24	0,045

* di cui 7,745 km già esistenti e 29,010 km di nuova realizzazione

Oltre alle linee sopra elencate, da progetto è prevista la posa delle seguenti condotte provvisorie:

- “Variante Provvisoria Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10”), DP 75 bar”, in località Pezze del Comune di Casarza Ligure (GE) della lunghezza di circa

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

0,165 km che servirà a garantire il flusso di gas durante la realizzazione dei nuovi tratti e degli impianti in progetto e che sarà rimossa una volta che il nuovo metanodotto DN 400 sarà in esercizio;

- in corrispondenza del punto di linea PIL n. 3, in progetto, un'Interconnessione di monte DN 250 (10"), DP 75 bar", in località Casa Storta, Comune di Varese Ligure, della lunghezza di circa 0,010 km;
- in corrispondenza del punto di linea PIL n. 3, in progetto, un'Interconnessione di valle DN 250 (10"), DP 75 bar", in località Casa Storta, Comune di Varese Ligure, della lunghezza di circa 0,010 km.

Oltre alle linee in progetto si prevede la dismissione e la rimozione della linea esistente, in corrispondenza dei tratti di nuova progettazione. La dismissione riguarda pertanto 27,590 km e comporta anche l'adeguamento (rifacimento e ricollegamento) di alcune linee secondarie di vario diametro che, prendendo origine dalla linea principale, garantiscono la fornitura del servizio al bacino di utenze dell'area. Tale adeguamento si attua attraverso la contestuale realizzazione di 9 nuove linee secondarie e la dismissione di 4 tubazioni secondarie esistenti.

Inoltre, è previsto l'ampliamento dell'area trappole di Albareto con la realizzazione dell'impianto di riduzione della pressione HPRS-100 in corrispondenza del punto di partenza del tracciato, che terminerà nell'area trappole di Casarza Ligure di nuova realizzazione. In prossimità di quest'ultimo sarà realizzato anche l'impianto di riduzione della pressione HPRS-50 per consentire il "Ricollegamento alla Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10"), DP 75 bar".

Tab. 1.1/B Linea principale e linee secondarie in dismissione

Denominazione metanodotto	DN (mm)	MOP (bar)	Lunghezza (km)
Linea principale			
Derivazione per Sestri Levante	400/250	70	27,590
Linee secondarie			
Allacciamento al Comune di Albareto	100	70	0,090
Allacciamento Varese Ligure	100	70	0,080
Derivazione per Sestri Levante – Variante Petronio	250	70	0,595
Allacciamento al Comune di Sestri Levante	200	70	0,020

Oltre alla costruzione delle nuove linee è prevista la realizzazione di n. 12 punti di linea in progetto:

- n. 1 punto di intercettazione di derivazione semplice (PIDS);
- n. 5 punto di intercettazione di linea (PIL) dislocati lungo la linea principale;
- n. 1 punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI);
- n. 1 punto di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDA), ubicato sulla linea secondaria All. Com. Varese Ligure;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

- n. 1 area trappole di partenza con impianto di riduzione HPRS-100, Comune di Albareto (PR);
- n. 1 area trappole di arrivo, Comune di Casarza Ligure (GE);
- n. 1 impianto di riduzione della pressione HPRS-50 ubicato lungo la linea principale nel Comune di Casarza Ligure (GE);
- n. 1 ampliamento impianto HPRS 768/A nel Comune di Sestri Levante (GE);

e la dismissione di n. 6 punti di linea:

- n. 1 punto di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDA);
- n. 4 punti di intercettazione di linea (PIL);
- n. 1 punti di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDI + PIDA).

Il progetto della Derivazione per Sestri Levante DN400, in continuità con la linea esistente, si sviluppa lungo la direttrice nord-est / sud-ovest. L'intervento parte dalla Regione Emilia – Romagna, nell'Alta Val di Taro, interessando il territorio del Comune di Albareto (PR) per poi valicare la dorsale appenninica ligure, discendere lungo l'Alta Val di Vara, interessando i territori dei Comuni di Varese Ligure, Maissana e Carro afferenti alla provincia della Spezia, fino a terminare nel Genovesato, attraversando in successione il Comune di Castiglione Chiavarese e quello di Casarza Ligure e Sestri Levante, con un intervento puntuale.

1.1 Inquadramento territoriale

L'intervento si localizza maggiormente, nella porzione orientale della Regione Liguria, interessando i territori della Città Metropolitana di Genova e della provincia di La Spezia e la parte montana della Provincia di Parma, in Emilia Romagna, per i primi 10 km circa della condotta in progetto.

I territori attraversati presentano una morfologia prevalentemente montana con alcuni tratti di fondovalle caratterizzati da piccoli comparti agricoli prevalentemente destinati a prati e pascoli e sporadici appezzamenti ad olivo in Liguria.

In figura si riporta l'inquadramento territoriale dell'opera in progetto (Fig. 1.1/A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

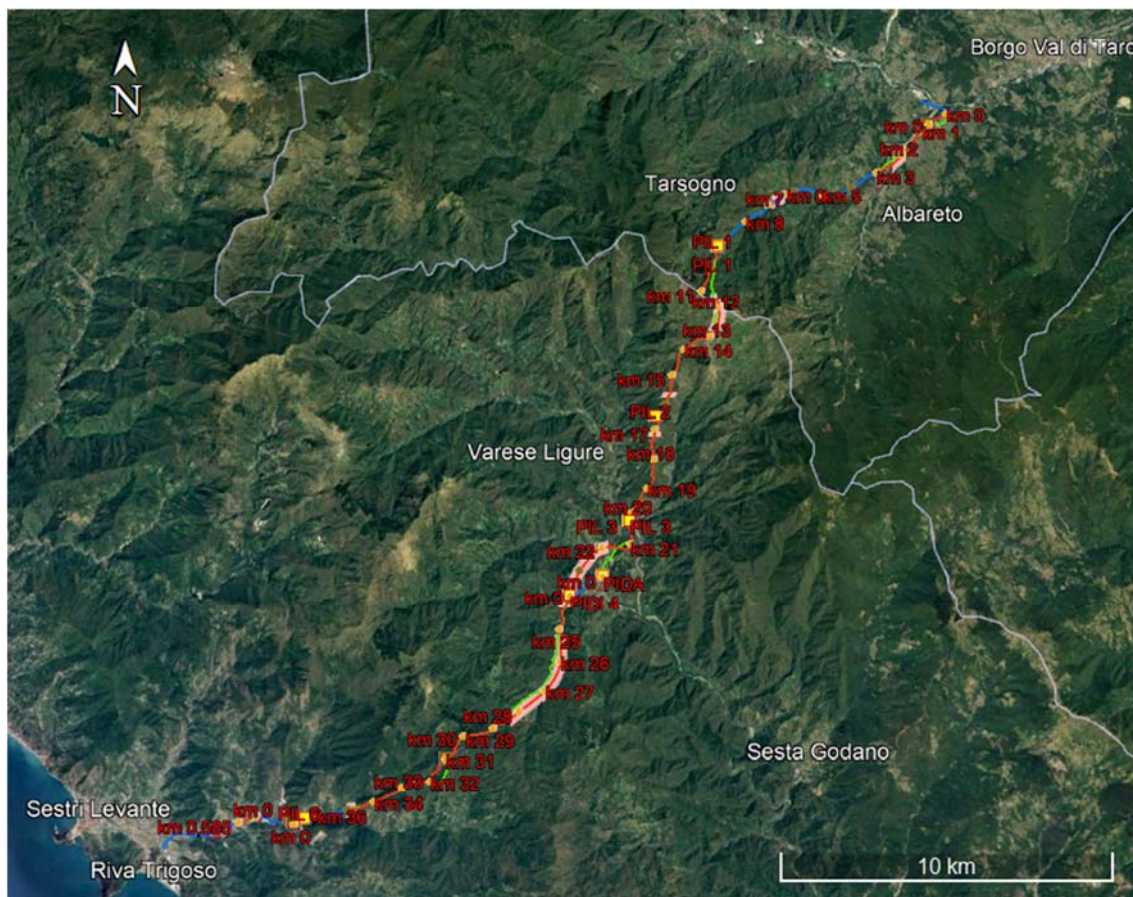


Figura 1.1/A Inquadramento territoriale dell'opera in progetto (linea continua rossa); in blu i tratti che resteranno in esercizio; in verde i tratti in dismissione

1.2 Documenti di Riferimento

- | | |
|----------------------|--|
| [1] REL-CGD-E-13022 | Relazione geologica-geomorfologica |
| [2] REL- GEO-E-13024 | Relazione geotecnica (sintesi delle indagini eseguite) |
| [3] REL-GEO-E-13027 | Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI |
| [4] REL-CI-E-13029 | Relazione idrogeologica |

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

2 GENERALITA'

2.1 Premessa

Nell'ambito della progettazione del "Rifacimento del Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse", sono previsti 12 attraversamenti da costruire utilizzando le metodologie Trenchless.

Nello specifico, le metodologie costruttive previste sono quelle del *Microtunnelling* (MT) e del *Raise Boring* (RB).

2.2 Scopo e contenuti del documento

Lo scopo del presente documento è fornire per mezzo di schede tecniche, un quadro sintetico delle caratteristiche geometriche delle opere Trenchless e delle caratteristiche geologiche dei terreni interessati dai lavori di costruzione.

Le schede individuano anche le interferenze con le aree censite all'interno dei Piani per l'Assetto Idrogeologico sviluppati dalle Autorità di Bacino competenti. Inoltre, a ciascun attraversamento, è attribuito un livello di complessità di costruzione, definito in funzione delle caratteristiche geometriche dell'attraversamento e da quelle geologiche dei terreni interessati. Tuttavia, il livello indicato non può essere ritenuto esaustivo in quanto un giudizio definitivo sarà definito in fase di elaborazione della documentazione di progetto di dettaglio.

2.3 Abbreviazioni

CARG	Cartografia Geologica
CTR	Carta Tecnica Regionale
DI	Diametro Interno
TOC	Trivellazione orizzontale Controllata
IFFI	Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia
MT	MicroTunnelling
PAI	Piano per l'Assetto Idrogeologico
RB	Raise Boring

2.4 Elaborati di progetto di riferimento

Il presente documento fa riferimento agli elaborati di progetto elencati nelle successive Tabelle 2.4/A e 2.4/B.

Per ogni attraversamento, la Tabella 2.4/B elenca:

- le progressive chilometriche dei tratti di attraversamento,
- il territorio comunale in cui ricade l'attraversamento,
- la metodologia costruttiva prevista,
- l'elaborato grafico di riferimento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Tab. 2.4/A – Elaborato grafico di riferimento del tracciato di progetto

Rif. Met. Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar		
1	Tracciato di progetto a scala 1:10000	PG-TPSO-D-13206

Tabella 2.4/B – Metodologia costruttiva degli attraversamenti ed elaborati grafici di riferimento

ID	Metodologia costruttiva	Denominazione dell'attraversamento	Progressiva imbocco monte s.g (km)	Progressiva imbocco valle s.g (km)	Comune	Rif. Elaborato grafico
Rif. Met. Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar						
1	MT	Le Moie	1,820	2,400	Albareto	DIS-ST-D-13350 / DI-AT-4B-11113
2	MT	Eolo	11,460	11,675	Albareto / Varese Ligure	DIS-ST-D-13151 / DIS-AT-6B-11116
3	RB	La Rocca	11,715	12,770	Albareto / Varese Ligure	DIS-ST-D-13151 / DIS-AT-6B-11116
4	MT	Ex Albergo	15,550	15,720	Varese Ligure	DIS-ST-D-13250 / DIS-AT-4B-11211
5	MT	Fieschi	17,010	17,180	Varese Ligure	DIS-ST-D-13251 / DIS-AT-7E-11212
6	MT	Cembrano	21,790	22,135	Maissana	DIS-ST-D-13252 / DIS-AT-5B-11222
7	MT	San Pietro Vara	22,160	23,750	Varese Ligure / Maissana	DIS-ST-D-13252 / DIS-AT-5B-11222
8	MT	Torza	23,900	24,195	Varese Ligure	DIS-ST-D-13253 / DIS-AT-5B-11223
9	MT	Meghi	25,140	25,700	Varese Ligure	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311
10	MT	Del Merciaio	25,710	27,115	Varese Ligure / Carro	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311
11	MT	Tavarone	27,175	28,330	Carro / Maissana	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311
12	RB	Casali	34,620	34,920	Castiglione Chiavarese	DIS-ST-D-13351 / DIS-AT-2B-11315

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

3 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEL TRACCIATO E DEGLI ATTRAVERSAMENTI IN TRENCHLESS

Nelle fasi preliminari di fattibilità del tracciato del Rif. Met. Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse sono stati raccolti e utilizzati i dati geologici e la cartografia al fine di individuare i possibili corridoi per il tracciato in progetto.

In particolare, è stata utilizzata la seguente documentazione:

- CTR in scala 1:10 000.
- Carta Geologica d'Italia. scala 1:100 000.
- Progetto CARG. Carta geologica d' Italia. Scala 1.50 000
- Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) dell'ISPRA (Servizio Geologico d'Italia).
- PAI del distretto Appennino Settentrionale, a valle della "Variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno e del fiume Serchio e dei bacini regionali toscani.

Sulla base di tale documentazione si è proceduto all'individuazione sulla carta di uno o più corridoi. Successivamente i corridoi così individuati, sono stati verificati con appositi sopralluoghi e riscontri sullo stato reale dei luoghi (presenza di dissesti idrogeologici, presenza di aree urbanizzate e infrastrutture, aree potenzialmente urbanizzabili, ecc.), che hanno consentito la definizione del tracciato di progetto (linea di fattibilità più idonea).

La scelta del tracciato di progetto è stata eseguita secondo i seguenti criteri:

- scelta delle aree geologicamente più idonee, evitando, per quanto possibile, ambiti caratterizzati da rischio geologico e con dissesti in atto;
- evitare, per quanto possibile, aree protette quali parchi naturali, aree naturalistiche, aree archeologiche;
- evitare, dove possibile, le aree di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile;
- assenza di urbanizzazioni già realizzate, o in corso di attuazione;
- assenza di aree turistiche e/o di importanti attività produttive;
- minimizzazione, per quanto possibile, dell'impatto ambientale, limitando al minimo le interferenze con aree ad interesse ambientale.

L'obiettivo di progetto è stato quindi, quello di individuare un tracciato della condotta che eviti per quanto possibile l'attraversamento di aree geologicamente instabili.

Tuttavia, nel contesto di diffusa instabilità geologica che caratterizza il territorio attraversato, in alcuni casi è risultato inevitabile l'attraversamento di aree soggette a dissesti gravitativi e/o potenziali instabilità. Queste aree sono state quindi identificate e caratterizzate dal punto di vista della pericolosità.

In particolare, sono stati considerati gli attraversamenti delle aree classificate dal PAI secondo i diversi piani di Bacino che ricoprono il territorio interessato dalla linea in progetto, vale a dire il Piano di bacino del fiume Po, il Piano di bacino del fiume Magra e il piano di bacino del torrente Petronio (Ambito 17) che vengono sintetizzati nei

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

paragrafi seguenti (vedi “Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI”, REL-GEO-E-13027).

Piano di bacino del fiume Po

L’Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici dell’Autorità di bacino del fiume Po, in cui sono delimitate le aree in dissesto, prevedeva per le aree di versante tre classi di pericolosità:

- Aree di frana attiva
- Aree di frana quiescente
- Aree di frana stabilizzata

La cartografia dell’Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (scala 1:25.000) del 2001 è stata successivamente aggiornata ed integrata dalla Carta del dissesto a scala 1:10.000 (2007) del PTCP della provincia di Parma, che ha conservato la classificazione in tre classi, approfondendo ed arricchendo la casistica di ciascuna di esse.

Nei nuovi documenti cartografici vengono distinte aree a pericolosità molto elevata, classificate come P4 (frane attive, aree soggette a decorticamento superficiale e/o soliflusso), le aree a pericolosità geomorfologica elevata, P3 (frane quiescenti, parti di versante inglobati in corpi di frana quiescente, aree Eb del PAI), le aree a pericolosità moderata, P2 (versanti interessati da scivolamenti planari o rotazionali in massa, frane relitte, DGPV, detrito di versante, conoidi alluvionali, depositi alluvionali).

Le Norme di Attuazione del PTCP (Art. 21, 22, 22bis, 24bis) regolano le attività di trasformazione ed uso del territorio e prescrivono le modalità ed i contenuti delle verifiche di compatibilità di eventuali interventi all’interno di tali aree.

Piano di bacino del fiume Magra

Nelle Norme di Attuazione (Variante CI_20160620) sono definite tre classi di pericolosità per le aree di versante:

a) aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (PG4) – Frane attive e zone di pertinenza;

b) aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG3) – Frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili, per grado di pericolosità, a frane quiescenti;

c) aree a pericolosità geomorfologica media (PG2) – Frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche ed eventualmente altri elementi geomorfologici elencati nella TAV. 3 – Carta della Pericolosità Geomorfologica - allegata alle Norme di Attuazione.

Per quanto riguarda gli interventi relativi a nuove infrastrutture e reti pubbliche dei servizi nelle aree PG4 e PG3, le Norme di Attuazione richiedono l’esecuzione di indagini geologico-tecniche secondo i criteri dell’allegato 7 delle norme medesime.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Piano di Bacino dell'Ambito 17, torrente Petronio

Secondo la definizione fornita dall'Autorità di Bacino Regionale della Liguria, la Carta della Suscettività al Dissesto costituisce la sintesi cartografica della Pericolosità, ovvero un'indicazione della probabilità che un certo fenomeno idrogeologico o geomorfologico si verifichi nel bacino. Dal punto di vista geologico-geomorfologico, le indicazioni relative alla predisposizione della Carta di Suscettività al Dissesto dei Versanti hanno suggerito l'utilizzo di uno schema operativo basato sull'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

- Acclività
- Litologia
- Geomorfologia
- Carta di dettaglio dei movimenti franosi (o franosità reale)
- Uso del suolo
- Idrogeologica

Il metodo, così come descritto nella Linea Guida 2-2000 della Regione Liguria, consiste nella generazione di elementi poligonali elementari ottenuti tramite l'incrocio dei diversi tematismi, ad ognuno dei quali viene attribuito un peso. La metodologia consente eventuali integrazioni o aggiornamenti successivi, sulla base, anche, di nuove conoscenze tecniche.

Per il superamento di queste aree, si è ricorsi all'adozione di soluzioni di progetto che prevedono opere Trenchless; cioè, il movimento franoso (potenziale o attivo) è attraversato sottopassando la superficie di scivolamento per mezzo di uno dei metodi costruttivi disponibili.

I metodi Trenchless utilizzati nel progetto, sono il Microtunnelling (MT) e il Raise Boring (RB). In funzione del metodo utilizzato la condotta è installata all'interno di un tunnel provvisto di una struttura di rivestimento in c.a. oppure in una galleria di base e un pozzo sub-verticale nel caso sia necessario attraversare rilievi caratterizzati da elevati dislivelli di quota lungo il tracciato in progetto.

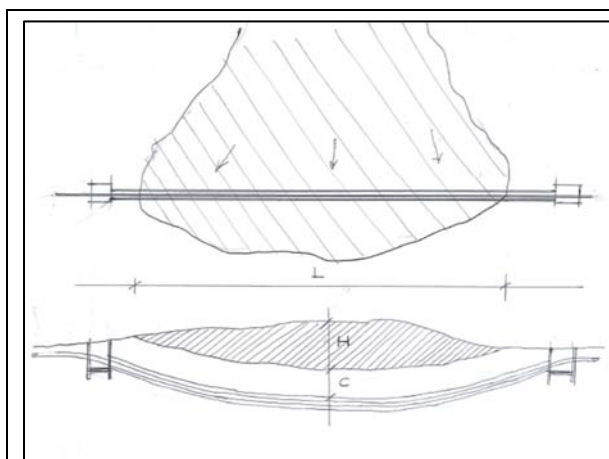


Figura 3.1/A – Esempio schematico di un attraversamento “Trenchless” sotto la superficie di scorrimento di un movimento franosi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Le configurazioni geometriche dei profili Trenchless, illustrate negli elaborati grafici di riferimento (l'elenco è riportato in Tabella 2.4/B), sono state definite in base alla condizione inderogabile di progetto che la condotta, o il tunnel in cui essa sia installata, non possa essere interessata dai potenziali movimenti gravitativi del terreno; escludendo, quindi, la possibilità che il tunnel o la condotta possano interferire, in qualche tratto lungo il profilo dell'attraversamento, con il corpo di frana (Figura 3.1/A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

4 DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE TRENCHLESS

4.1 Generalità

In aree che presentano specifiche caratteristiche morfologiche o in corrispondenza di determinate interferenze con elementi del territorio o con strutture esistenti, il metodo costruttivo *Trenchless* e la configurazione geometrica dell'attraversamento devono essere individuati con lo scopo di:

- garantire la massima sicurezza sia per la condotta che per l'area di lavoro attraversata, nei confronti delle sollecitazioni indotte da una potenziale deformazione del terreno di fondazione, durante le fasi di realizzazione dei lavori e a lungo termine.
- avere il minimo livello di potenziali criticità di costruzione.

Nei paragrafi seguenti sono descritte le due metodologie *Trenchless* del *Microtunnel* (MT) e del *Raise Boring* adottate nel caso specifico del progetto d'interesse. La precedente Tabella 2.4/B elenca gli attraversamenti e le rispettive metodologie di costruzione.

4.2 Metodologia "Microtunnel"

4.2.1 Fasi di costruzione

Il metodo costruttivo prevede la costruzione di un tunnel e l'installazione al suo interno, della condotta e dalla polifora in progetto.

Tipicamente le fasi di lavoro per la costruzione di un attraversamento con MT si articolano nella seguente sequenza temporale:

- Preparazione delle strade di accesso e delle aree cantiere
 - Preparazione delle strade di accesso
 - Accantonamento dell'humus, recinzioni e calpestio
 - Stoccaggio dei materiali e delle attrezzature
- Costruzione delle postazioni di spinta e di recupero
 - Eventuali drenaggi delle aree e scavi di pre-sbancamento
 - Realizzazione delle strutture di contenimento e di fondo pozzo
 - Realizzazione del muro reggispinga nella postazione di spinta
- Installazione delle attrezzature nella postazione di spinta
 - Rotaie guida
 - Sistema per l'allontanamento del terreno di scavo
 - Stazione di spinta principale
 - Testata di perforazione
 - Strumentazione di controllo della direzionalità
- Produzione dei fanghi bentonitici
 - Installazione dell'impianto di produzione dei fanghi
 - Installazione dei silos di stoccaggio
 - Installazione dell'impianto di trattamento dello slurry
 - Circuito idraulico per la mandata e il recupero dei fanghi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

- e. Installazione delle attrezzature per la fornitura di energia elettrica e oleodinamica
- f. Approvvigionamento dei tubi di rivestimento
 - Stoccaggio in area cantiere dei tubi di rivestimento in c.a. prodotti in stabilimento
- g. Operazioni di tunnelling
 - Scavo e rimozione del terreno
 - Posa in avanzamento dei tubi di protezione ed eventuali iniezioni lubrificanti
 - Installazione di stazioni di spinta intermedie
 - Controlli di direzionalità dello scavo
- h. Operazioni di intasamento, sigillatura ed impermeabilizzazione
 - Iniezioni di intasamento nel terreno di trivellazione
 - Sigillatura ed impermeabilizzazione dei giunti nel tubo di protezione
- i. Recupero delle attrezzature a fine trivellazione e pulizia del MT
- j. Installazione della condotta nel microtunnel
 - Installazione dei tubi portacavi per cavi telecomando
 - Installazione di tubi in PEAD per l'intasamento del MT
 - Collaudo idraulico della stringa (se prevista)
 - Opere accessorie per l'installazione della condotta nel MT
 - Installazione della condotta (saldature, controlli, sabbiatura, rivestimento di protezione catodica, etc.)
 - Installazione del sistema di protezione catodica
 - Collaudo idraulico post-installazione della condotta per la sezione in tunnel e nei pozzi
 - Collegamenti della condotta con la linea
- k. Intasamento del MT con miscele autolivellanti
- l. Riempimento pozzi di trivellazione
- m. Ripristini e recupero ambientale
 - Smobilitazione cantiere e rinterro delle postazioni di trivellazione
 - Ripristino morfologico delle aree in prossimità delle due postazioni
 - Ripristini ambientali.

4.2.2 Metodo costruttivo

Il metodo costruttivo MT prevede che l'azione di avanzamento dello scudo, esercitata da una stazione di spinta ubicata ad una delle estremità della trivellazione, sia trasmessa mediante i tubi di rivestimento in c.a. inseriti progressivamente dietro lo scudo (Fig. 4.2.2/A).

L'azione di avanzamento della macchina, esercitata da una stazione di spinta principale ubicata nel punto di partenza della trivellazione, è trasmessa mediante tubi di rivestimento in c.a. del tunnel, inseriti progressivamente sul fronte della stazione di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

spinta. In associazione alla stazione di spinta principale sono usualmente utilizzate anche stazioni di spinta intermedie posizionate progressivamente durante l'avanzamento. I diametri esterni dei tubi di rivestimento in c.a. raggiungono tipicamente valori massimi del diametro di 3000mm. La configurazione geometrica di attraversamento può essere rettilinea o curvilinea.

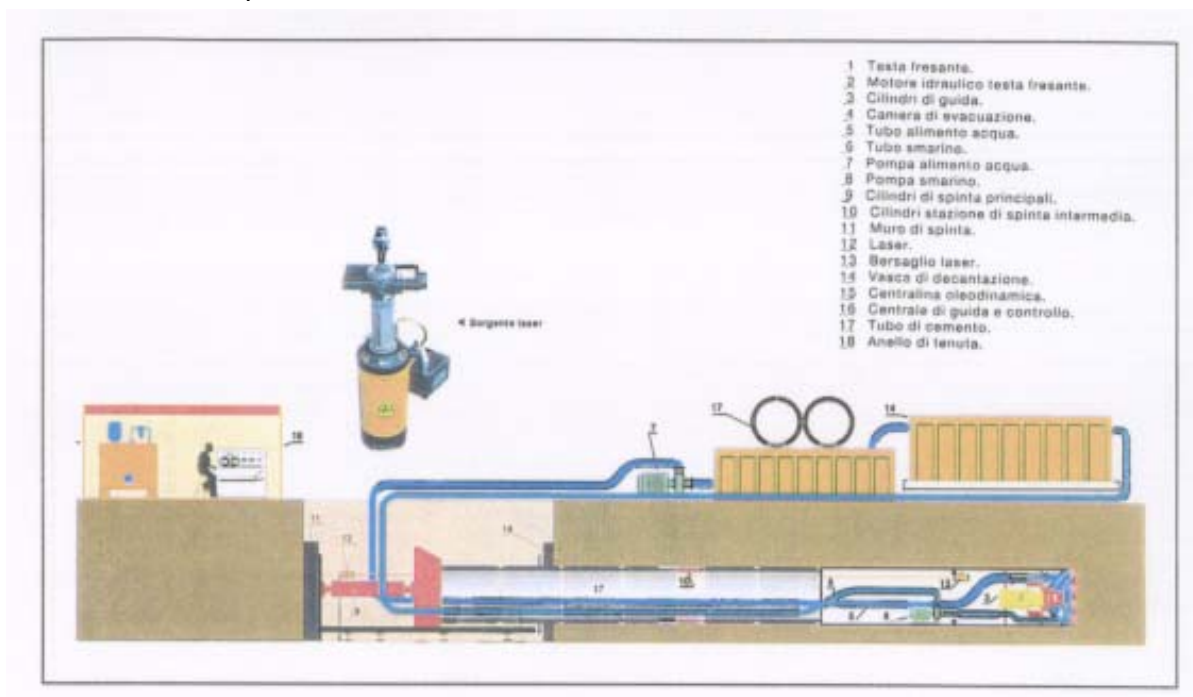


Figura 4.2.2/A - Schema costruttivo della metodologia Microtunnel

Il sistema di costruzione MT è costituito dai seguenti principali mezzi d'opera:

- testa fresante;
- sistema di spinta principale ed intermedio;
- tubi di rivestimento prefabbricati in c.a.;
- sistema di guida (cabina controllo e softwares);
- sistema di controllo della direzionalità (sistema a raggi laser);
- sistema per la riduzione degli attriti e sostegno del fronte scavo;
- impianto di produzione dei fanghi;
- impianto di trattamento del fango di perforazione;
- pompe e circuiti idraulici per i fanghi di perforazione;
- silos di stoccaggio dei materiali;
- sistema di rimozione del terreno di scavo (nastri trasportatori, slurry);
- pompe e circuito idraulico per la lubrificazione durante la perforazione;
- power pack;
- mezzi per la movimentazione dei materiali e delle attrezzature.

La metodologia richiede la realizzazione di due postazioni di trivellazione: il pozzo di spinta in corrispondenza di un'estremità dell'attraversamento e un pozzo di recupero della fresa, posizionato sull'estremità opposta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

4.2.3 Installazione della condotta

Per l'installazione della condotta nel MT è utilizzato un sistema di tiro. All'estremità del MT opposta a quella della via a rulli è posizionato un argano, mentre sulla prima sezione della condotta viene saldata una testa di tiro. Quest'ultima è costituita da un pezzo speciale di forma conica sulla cui estremità è fissato un anello a cui è agganciata la fune di tiro collegata all'argano.

Nell'ultima fase la condotta viene tirata all'interno del tunnel.

Il sistema d'installazione della condotta è costituito dai seguenti principali mezzi d'opera:

- argano, fune di tiro e testa di tiro;
- via a rulli o in alternativa, per la movimentazione della stringa, possono essere utilizzati side-booms (nel caso di installazione di una stringa);
- collari distanziatori o selle di scorrimento da installare sulla condotta che sarà installata all'interno del MT;
- impianto per la produzione della miscela autolivellante per l'intasamento finale del tunnel;
- pompe, circuiti idraulici e tubi per l'intasamento del MT.

4.3 Metodologia "Raise Boring"

4.3.1 Fasi di costruzione

La sequenza operativa di un RB non è propriamente standard, di solito è definita in base alla configurazione geometrica, al contesto geologico e alle esperienze e capacità costruttive del Costruttore.

Un esempio tipo delle fasi di lavoro per la costruzione di un attraversamento con RB è il seguente:

- Preparazione delle strade di accesso e delle aree cantiere
 - Preparazione delle strade di accesso
 - Accantonamento dell'humus, recinzioni e calpestio
 - Stoccaggio dei materiali e delle attrezzature
- Preparazione del fronte della galleria
 - Eventuali opere di stabilizzazione della parete di imbocco della galleria ed eventuali scavi di pre-sbancamento
 - Realizzazione di eventuali opere di drenaggio della parete di imbocco della galleria
- Scavo della galleria di base e del camerone
 - Scavo del portale di imbocco della galleria
 - Scavo della galleria con frese puntuali, martelloni o esplosivo
 - Realizzazione delle opere di consolidamento di prima fase
 - Realizzazione opere di impermeabilizzazione o drenaggi, se richieste
 - Realizzazione di opere di consolidamento di seconda fase al termine dello scavo
 - Realizzazione del camerone al termine della galleria

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

- Realizzazione della sella di appoggio per la curva a caldo
- d. Scavo del pozzo sub-verticale
 - Esecuzione del foro pilota fino al camerone
 - Alesatura del foro al diametro di progetto
 - Stabilizzazione e pulizia del foro alesato, se necessaria
 - Installazione del lamierino di protezione, se necessaria
 - Intasamento intercapedine lamierino/terreno mediante miscele di cemento autolivellanti, se necessaria
- e. Installazione della condotta nel pozzo sub-verticale e nella galleria
 - Installazione di tubi in PEAD per l'intasamento della galleria, se richiesto
 - Installazione dei tubi portacavi per cavi telecomando sulla condotta da installare nel pozzo
 - Collaudo idraulico della stringa pre-installazione nel pozzo (se prevista)
 - Installazione della condotta nel pozzo sub-verticale
 - Installazione della curva a caldo nel camerone
 - Collegamento tra la curva a caldo e la stringa posata nel pozzo sub-verticale
 - Collaudo idraulico della stringa pre-installazione nella galleria (se prevista)
 - Installazione della condotta in galleria (saldature, controlli, sabbiatura, rivestimento di protezione catodica, etc.) e collegamento alla curva a caldo nel camerone
 - Installazione del sistema di protezione catodica
 - Collaudo idraulico post-installazione della condotta per la sezione in galleria e nel pozzo
 - Collegamenti della condotta
- f. Intasamento della galleria
- g. Intasamento del pozzo sub-verticale
- h. Ripristini e recupero ambientale
 - Smobilitazione cantiere e rinterro delle postazioni di scavo della galleria e di trivellazione del pozzo
 - Chiusura del portale di imbocco della galleria
 - Ripristino morfologico delle aree in prossimità delle due postazioni
 - Ripristini ambientali.

4.3.2 Metodo costruttivo

La tecnica del Raise Boring è un metodo trenchless utilizzato nella progettazione e costruzione di condotte a terra per superare significativi dislivelli morfologici, quali versanti con pareti ripide o scarpate con elevate differenze di quota (Fig. 4.3.2/A). La metodologia permette di realizzare un attraversamento in sotterraneo per collegare due punti a quote differenti mediante la realizzazione di una galleria di base e di un pozzo circolare sub-verticale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

La configurazione geometrica della galleria di base è in genere rettilinea ma può essere anche a configurazione curvilinea, con diametri massimi che raggiungono solitamente i 3000-4000mm.

Il metodo costruttivo in genere adottato per la galleria di base è lo scavo in tradizionale (Drill & Blast), in alternativa si utilizzano anche scavi con frese puntuali o martelloni.

Le sezioni di scavo della galleria (es: circolare, policentrica; etc.) e le opere di consolidamento sono definite in accordo alle condizioni geomeccaniche dei terreni e agli spazi necessari per le lavorazioni da realizzare all'interno. I lavori di scavo della galleria iniziano con la preparazione di un portale di ingresso, le cui dimensioni e tipologia sono definite in accordo alla sezione della galleria e alle condizioni di stabilità del pendio nel quale si imposta lo scavo.

Al completamento della galleria di base dovrà essere realizzato, in scavo tradizionale, un camerone di collegamento tra la galleria e il pozzo sub-verticale per la posa della curva di collegamento (curva stampata).

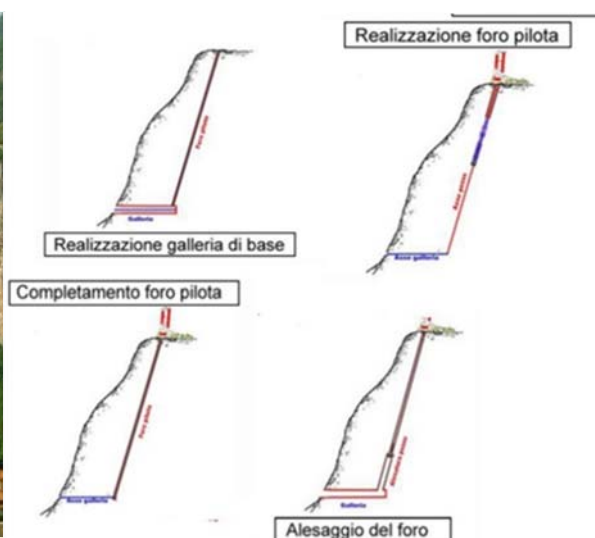


Figura 4.3.2/A – Esempio e schema costruttivo della metodologia Raise Boring.

Lo scavo del pozzo sub-verticale nel quale sarà installata la condotta è realizzato mediante una trivellazione controllata eseguita con un rig ancorato su una fondazione.

Il sistema costruttivo del pozzo di sviluppa nelle seguenti fasi:

- perforazione del foro pilota;
- alesaggio del foro;
- stabilizzazione del foro alesato (se richiesto).

Terminato il foro pilota, si sostituisce la testa di perforazione con un alesatore e si procede ad allargamento del diametro fino a raggiungere le dimensioni del pozzo definite in progetto. L'alesatore è montato alla base del foro ubicato all'interno del camerone di collegamento tra la galleria e il pozzo.

Prima dell'installazione della condotta è necessario verificare la stabilità e la scabrosità delle pareti del pozzo (es: video ispezione; etc.), per valutare la modalità di inserimento del tubo camicia in acciaio come protezione della condotta in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Nel complesso il sistema di costruzione del RB è costituito dai seguenti principali mezzi d'opera:

- Attrezzatura e mezzi per lo scavo della galleria di base;
- Attrezzatura e mezzi per la trivellazione e alesaggio del foro sub-verticale,
- Attrezzatura per la stabilità del fronte scavo;
- Opere di stabilizzazione durante lo scavo della galleria (opere di prima fase);
- Opere di stabilizzazione di lungo termine (opere di seconda fase, da realizzare successivamente allo scavo);
- Opere di impermeabilizzazione temporanee (se richieste);
- Sistema di drenaggio delle acque temporanee;
- Opere di impermeabilizzazione definitive (se richieste);
- Sistema di drenaggio definitivo delle acque (se richieste);
- Sistema di monitoraggio delle deformazioni;
- Sistema di monitoraggio sulla presenza di gas (se richiesto);
- Mezzi per la movimentazione, deposito temporaneo e definitivo dello smarino;
- Sistema di ventilazione;
- Sistema di illuminazione;
- Sistema di sicurezza per l'accesso in galleria;
- Controllo topografico in avanzamento;
- sistema di controllo della direzionalità e della verticalità del foro;
- impianto di produzione del calcestruzzo;
- silos di stoccaggio dei materiali;
- sistema di rimozione del terreno di scavo (es: nastri trasportatori, carrelli, etc.);
- generatori elettrici;
- mezzi per la movimentazione dei materiali e delle attrezzature.

4.3.3 Installazione della condotta

In generale, l'installazione della condotta nel pozzo sub-verticale è realizzata utilizzando una fune di varo passante per un sistema di rinvii costituiti da una puleggia in testa alla colonna di tubo e due carrucole posizionate sul telaio ai lati dell'imbocco del pozzo. La fune di varo che sostiene la testa della colonna è movimentata da un argano ed è ancorata, al lato opposto, ad un punto fisso (corpo morto).

Questo sistema consente di installare la condotta nel pozzo in modo controllato e sicuro.

Le operazioni di posa sono eseguite in sequenza, alternando la saldatura di una singola barra di tubo all'imbocco del pozzo e il varo della condotta, realizzato azionando l'argano e il sistema di funi e rinvii collegati alla testa di ritenuta della colonna.

Nell'area di imbocco del pozzo, le singole barre sono movimentate e sostenute dai side-boom o da autogrù durante la fase di collegamento alla colonna già varata (es: accoppiamento, saldatura, controlli non distruttivi e rivestimento del giunto).

Prima del varo della condotta sarà inserito il tubo camicia quale protezione della condotta. Successivamente, si procede con il varo della condotta nel pozzo sub-

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

verticale attorno alla quale saranno installati dei collari distanziatori per evitare il contatto con le pareti del pozzo e per ridurre, quindi, i fenomeni di abrasione.

Completato il varo della condotta nel pozzo sub-verticale, si procede con la movimentazione della curva stampata nella galleria fino al camerone. La curva stampata, posizionata su una sella è collegata alla base della condotta varata nel pozzo.

L'installazione della condotta in galleria può essere eseguita con diverse modalità costruttive. La scelta del metodo di montaggio è definita per singolo progetto in base ad una serie di criteri progettuali e operativi.

La condotta può essere inserita in galleria varando una colonna unica prefabbricata in esterno, oppure prevedendo il montaggio a piè d'opera, all'interno della galleria stesso, delle singole barre o di sezioni prefabbricate.

Ciascun metodo richiede specifiche procedure (es: varo con argano e rinvii; monorotaia; inserimento con mezzi a motore; etc.) e mezzi d'opera per il montaggio della condotta in galleria.

Durante l'installazione la condotta dovrà essere posizionata su supporti definiti in relazione alla configurazione di progetto della galleria e alle sollecitazioni a stress agenti sulla condotta, come ad esempio: collari distanziatori; supporto con rulli; carrelli; etc.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5 CARATTERISTICHE DI PROGETTO DELLE OPERE TRENCHLESS

5.1 Sintesi delle caratteristiche di progetto

Per facilitare la lettura di sintesi degli elementi di progetto, le seguenti tabelle riportano:

- L'elenco delle *Trenchless* e l'eventuale presenza di aree censite dal PAI dei Piani di bacino interessati (Piano di bacino del fiume Po, Piano di bacino del fiume Magra e Piano di Bacino del torrente Petronio – Ambito 17) (Tabella 5.1/A);
- Le principali caratteristiche geometriche (Tabella 5.1/B);
- Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni di trivellazione determinate sulla base delle indagini dirette e delle indagini geofisiche effettuate (Tabella 5.1/C).

Nel successivo Paragrafo 5.2 sono riportate le schede di inquadramento riferite a ciascun attraversamento in trenchless.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Tabella 5.1/A Aree censite nei piani di bacino per l'Assetto idrogeologico (Po, Magra e Petronio)

ID	Metodologia costruttiva	Denominazione dell'attraversamento	Progressiva imbocco monte s.g (km)	Progressiva imbocco valle s.g (km)	Lungh. (m)	Interferenze con aree PAI
Rif. Met. Livorno-Piombino DN 750 (30"), DP 75 bar						
1	MT	Le Moie	1,820	2,400	580	P2, Piano di bacino del fiume Po
2	MT	Eolo	11,460	11,675	215	/
3	RB	La Rocca	11,715	12,770	45 (pozzo)+ 1005 (galleria)	P2, Piano di bacino del fiume Magra
4	MT	Ex Albergo	15,550	15,720	170	P2, Piano di bacino del fiume Magra
5	MT	Fieschi	17,010	17,180	170	/
6	MT	Cembrano	21,790	22,135	345	P2, Piano di bacino del fiume Magra
7	MT	San Pietro Vara	22,160	23,750	1590	P3, Piano di bacino del fiume Magra
8	MT	Torza	23,900	24,195	295	/
9	MT	Meghi	25,140	25,700	560	/
10	MT	Del Merciaio	25,710	27,115	1405	/
11	MT	Tavarone	27,175	28,330	1155	/
12	RB	Casali	34,620	34,920	115 (pozzo)+ 267 (galleria)	P2, Piano di bacino del torrente petronio (Ambito 17)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Tabella 4.1/B - Principali caratteristiche geometriche delle Trenchless

ID	Metodologia costruttiva	Denominazione dell'attraversamento	Progress. imbocco monte s.g (km)	Progress. imbocco valle s.g (km)	Rif. Elaborato grafico	Lunghezza (m)	Diametro interno MT (mm)	inclinazione all'ingresso (°)	inclinazione all'uscita (°)	Raggio di curvatura minimo (m)
1	MT	Le Moie	1,820	2,400	DIS-ST-D-13350 / DI-AT-4B-11113	580	2000	6° 00'	3° 49'	2000
2	MT	Eolo	11,460	11,675	DIS-ST-D-13151 / DIS-AT-6B-11116	215	1600	01° 07'	1° 07'	-
3	RB	La Rocca	11,715	12,770	DIS-ST-D-13151 / DIS-AT-6B-11116	45 (pozzo) + 1005 (galleria)	650 (pozzo) / 3500 (galleria)	60° (pozzo) / 0° 08' (galleria)	-	1200 (galleria)
4	MT	Ex Albergo	15,550	15,720	DIS-ST-D-13250 / DIS-AT-4B-11211	170	1600	4° 02'	4° 02'	-
5	MT	Fieschi	17,010	17,180	DIS-ST-D-13251 / DIS-AT-7E-11212	170	1600	5°47'	5°47'	-
6	MT	Cembrano	21,790	22,135	DIS-ST-D-13252 / DIS-AT-5B-11222	345	1600	0° 07'	0° 07'	-
7	MT	San Pietro Vara	22,160	23,750	DIS-ST-D-13252 / DIS-AT-5B-11222	1590	2400	0° 02'	0° 02'	2800
8	MT	Torza	23,900	24,195	DIS-ST-D-13253 / DIS-AT-5B-11223	295	1600	7° 59'	6° 28'	1000
9	MT	Meghi	25,140	25,700	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311	560	2000	1° 27'	1° 27'	-
10	MT	Del Merciaio	25,710	27,115	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311	1405	2400	0° 51'	0° 51'	1600
11	MT	Tavarone	27,175	28,330	DIS-ST-D-13350 / DIS-AT-12B-11311	1155	2400	0° 02'	3° 56'	2000
12	RB	Casali	34,620	34920	DIS-ST-D-13351 / DIS-AT-2B-11315	115 (pozzo) + 267 (galleria)	800 (pozzo)/ 2600 (galleria)	75° (pozzo)	0°13'	480 (Orizz.)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 25 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Tabella 5.1/C - Caratteristiche geologiche e stratigrafiche di riferimento dei terreni di trivellazione

ID	Metodologia costruttiva	Denominazione dell'attraversamento	Indagini dirette	Indagini indirette	Litologie prevalenti	Condizioni idrogeologiche dei terreni di trivellazione
1	MT	Le Moie	DS-B-B02 (15m) DS-B-B03 (25m) DS-B-B04 (30m) DS-B-B05 (15m)	DS-B-R/E01 DS-B-R/E01A DS-B-R/E01B DS-B-R/E01C	Depositi alluvionali, formazione arenacea e argillosa	Probabile interferenza con falda acquifera
2	MT	Eolo	DS-B-B19 (15m)	DS-B-R/E06	Formazione arenacea, argillosa e calcarea	Nessuna interferenza significativa con la falda acquifera
3	RB	La Rocca	DS-A-B01 (20m) DS-A-B03 (45m) DS-A-B04 (40m)	DS-A-R/E01 DS-A-R/E02 DS-A-R/E03 DS-A-R/E04 DS-A-R/E05	Formazione argillosa e calcarea, formazione arenacea siltitica	Nessuna interferenza significativa con la falda acquifera
4	MT	Ex Albergo	DS-B-B20 (12.5m) DS-B-B21 (13.5m)	/	Depositi fini, formazione calcarea e argillosa	Probabile interferenza con falda acquifera
5	MT	Fieschi	/	DS-B-R/E07 DS-B-R/E07a	Formazione calcarea e argillitica	Nessuna interferenza significativa con la falda acquifera
6	MT	Cembrano	DS-B-B30 (15m) DS-B-B31 (45m) DS-B-B32 (30m) DS-B-B33 (15m)	DS-B-R/E08A DS-B-R/E08B	Formazione argillitica e calcarea	Probabile interferenza con falda acquifera
7	MT	San Pietro Vara	DS-B-B34 (15m) DS-B-B35 (35m) DS-B-B36 (60m) DS-B-B37 (15m)	DS-B-R/E09	Depositi alluvionali, formazione arenacea con breccie ofiolitiche	Probabile interferenza con falda acquifera
8	MT	Torza	DS-B-B38 (20m) DS-B-B39 (20m)	DS-B-R/E10	Depositi alluvionali	Probabile interferenza con falda acquifera
9	MT	Meghi	DS-B-B42 (10m) DS-B-B43 (10m)	DS-B-R/E11	formazione argillitica e calcarea, formazione arenacea	Probabile interferenza con falda acquifera
10	MT	Del Merciaio	DS-B-B44 (15m)	DS-B-R/E12	formazione argillitica e calcarea, formazione arenacea	Probabile interferenza con falda acquifera
11	MT	Tavarone	DS-B-B45 (17m) DS-B-B46 (55m)	DS-B-R/E13	formazione arenacea con breccie ofiolitiche	Probabile interferenza con falda acquifera
12	RB	Casali	DS-B-B52 (35m) DS-B-B53 (15m)	DS-B-R/E18A DS-B-R/E18B DS-B-R/E18C	Formazioni basaltiche, calcaree e argillose	Nessuna interferenza significativa con la falda acquifera

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2 Schede riassuntive

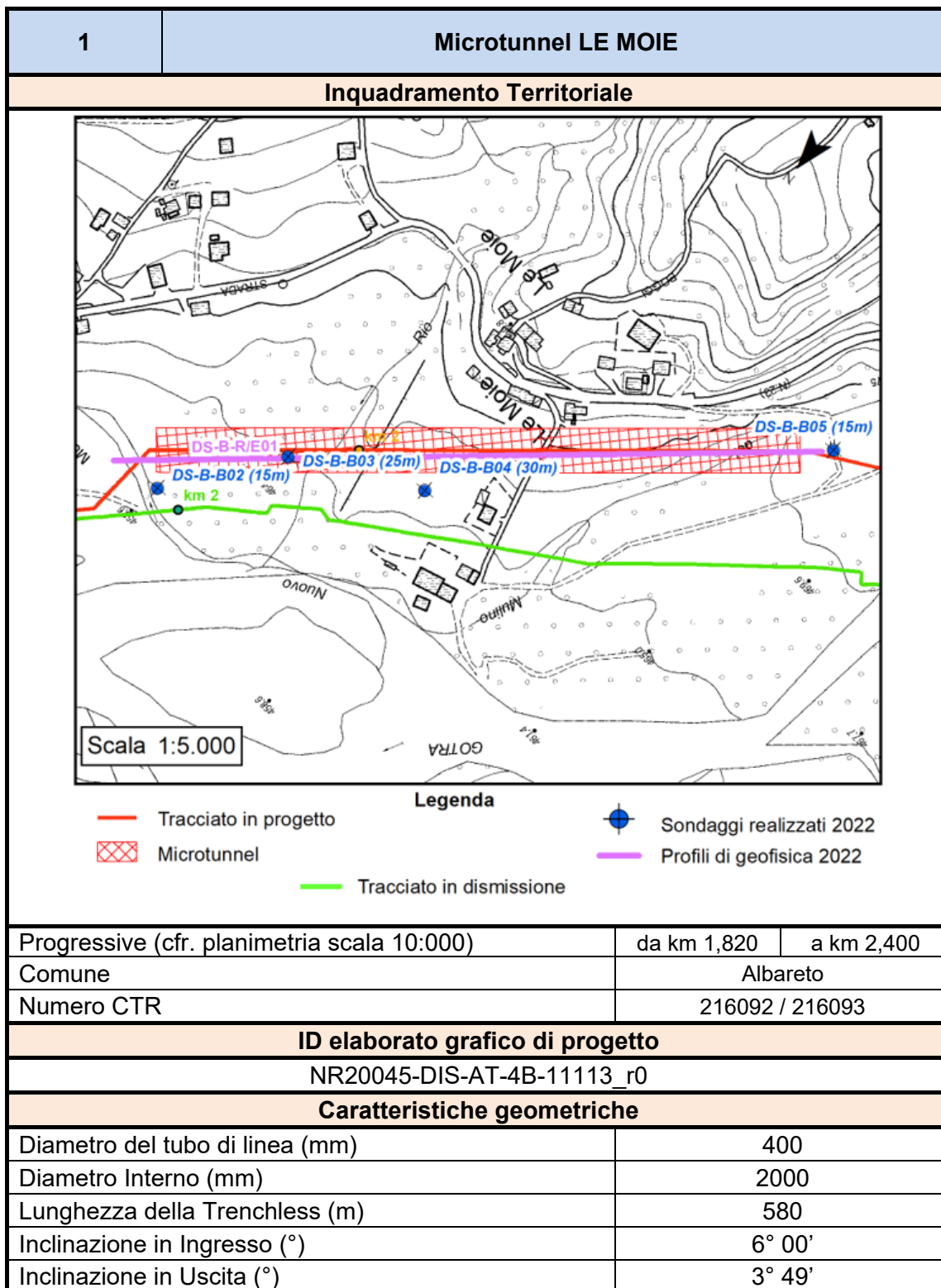
Nei successivi paragrafi, per ogni attraversamento, è fornita una scheda tecnica che contiene gli elementi per inquadrare l'opera dal punto di vista tecnico e progettuale. Ogni scheda elenca le seguenti informazioni:

- l'inquadramento territoriale nel quale è ubicato l'attraversamento;
- le principali caratteristiche geometriche dell'opera (lunghezza, inclinazione nelle estremità, raggio di curvatura elastico, ecc.);
- le caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni interessati dall'opera definite sulla base di indagini geologiche dirette e geofisiche;
- se presenti, il codice di identificazione e l'indice di pericolosità delle aree censite nel PAI dei Piani di bacino interessati (Piano di bacino del fiume Po, Piano di bacino del fiume Magra, piano di bacino del torrente petronio – Ambito 17)
- il grado di complessità costruttiva stimato per l'attraversamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.1 Microtunnel LE MOIE



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 28 di 51	Rev. 0

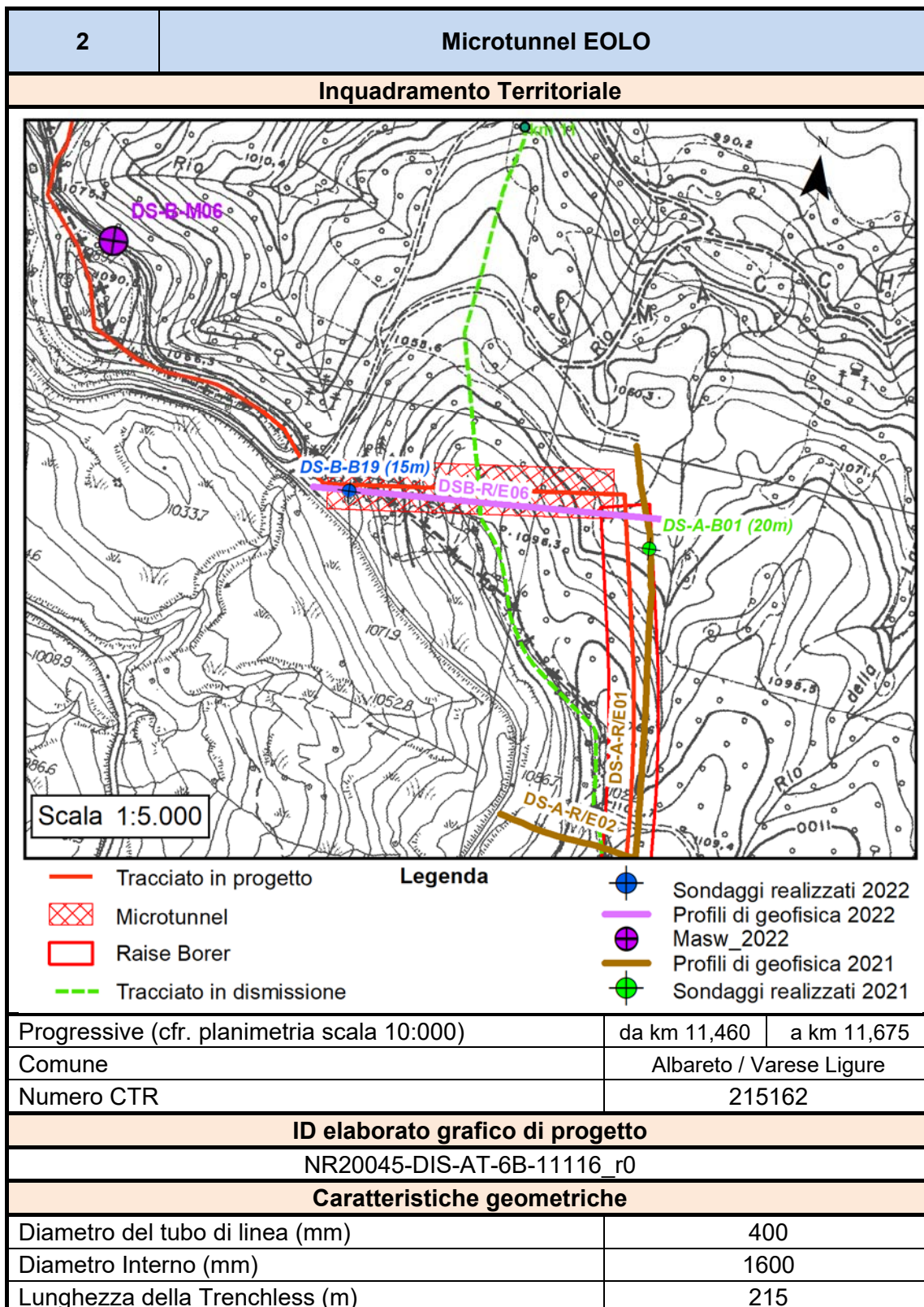
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B02 (15m) DS-B-B03 (25m) DS-B-B04 (30m) DS-B-B05 (15m)
Indagini indirette	DS-B-R/E01
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e dei profili geofisici (rif. REL-GEO-E-13024, Relazione geotecnica) evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa dapprima i depositi alluvionali che hanno uno spessore variabile tra 10 e 15 m nel settore NE e tra 5 e 10 m nel settore SO del tracciato. Al di sotto del materasso alluvionale l'interpretazione geologica dei profili geofisici individua una successione che comprende, dall'alto verso il basso, una facies argillitica attribuibile alle formazioni delle Arenarie di Campi / Scabiazza ed una sequenza arenacea di ridotto spessore (da 10 a 30 m) riferibile alle Arenarie di Campi / Scabiazza che ricopre le Argilliti di San Siro presenti sino alle quote più basse della sezione interpretativa (rif. PG-CGD-D-13208).	
Presenza Falda I depositi alluvionali, che occupano il fondovalle per uno spessore massimo che si aggira intorno a 10-12 m, sono caratterizzati da elevata permeabilità primaria per porosità. Le sequenze di argilliti marnose e arenarie sottostanti sono scarsamente permeabili per fratturazione. I depositi alluvionali sono sede di una falda freatica, la cui soggiacenza, misurata nei sondaggi geognostici della piana alluvionale terrazzata, si aggira intorno a 5 – 6 m da p.c. (dati di maggio 2022). Al contrario le sequenze argillitico-marnose delle Arenarie di Campi / Scabiazza rappresentano un acquitardo in cui la circolazione idrica è scarsa o assente. Nell'area non vi sono pozzi che sfruttino le risorse idriche sotterranee.	
Interferenze con aree PAI	
Nell'area oggetto di indagine è identificata un'area ad elevata pericolosità fluviale (P3) come descritta nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) - Distretto del Fiume Po. Nella prima parte del tracciato di progetto, inoltre, è presente un'area a media pericolosità P2 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Si tratta della conoide alluvionale del rio Barbigareccio, che confluisce nel rio del Mulino nei pressi di Le Moie. Ha una forma tipicamente triangolare in planimetria, caratterizzata da debole evidenza morfologica, specie nel settore distale. La conoide è coperta da vegetazione boschiva tranne che nel settore situato ad Ovest di un argine costruito in blocchi e in pietrame. La scelta di procedere durante la progettazione con la definizione di un tracciato in sotterraneo in questo tratto è dovuta anche al fatto di evitare questa interferenza con l'area PAI sopra descritta.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 29 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.2 Microtunnel EOLO



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 30 di 51	Rev. 0

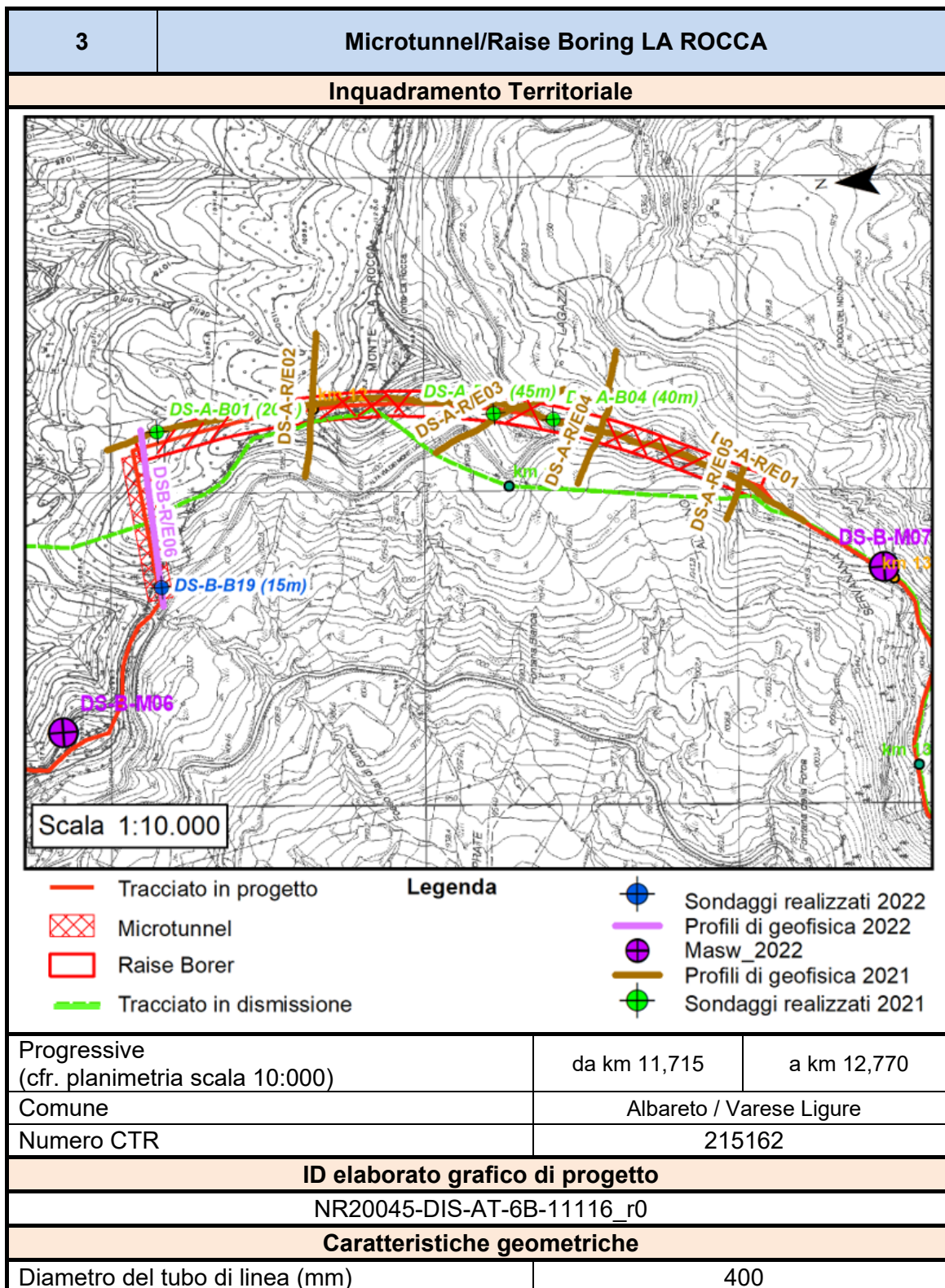
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	1° 07'
Inclinazione in Uscita (°)	1° 07'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B19 (15m)
Indagini indirette	DS-B-R/E06
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e dei profili geofisici evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa depositi e rocce competenti verosimilmente rappresentati nella prima parte dalle formazioni arenacee di Ponte Bratica e nella seconda parte del tracciato del MT dalla formazione delle argille e calcari di Canetolo. Relativamente alla caratterizzazione geomeccanica, alle Arenarie di Ponte Bratica possono essere attribuite due diverse classi del sistema RMR per l'ammasso roccioso allentato e compatto (rispettivamente IV e III classe) mentre per il sistema Q la stessa classe VI, tenuto conto che per l'ammasso roccioso compatto era stato ottenuto nel rilievo in superficie un valore vicino al limite superiore della classe. All'ammasso roccioso compatto delle Argille calcari di Canetolo può essere attribuita una classe RMR III, ed una classe VI del sistema Q.	
Presenza Falda Area di cresta. Nel corso dell'indagine non è stata rilevata la presenza della falda. Dal punto di vista idrogeologico il complesso litologico rientra nel complesso calcareo-marnoso, caratterizzato da permeabilità media, per fratturazione.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI).	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità BASSO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 31 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.3 Raise Boring LA ROCCA



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 32 di 51	Rev. 0

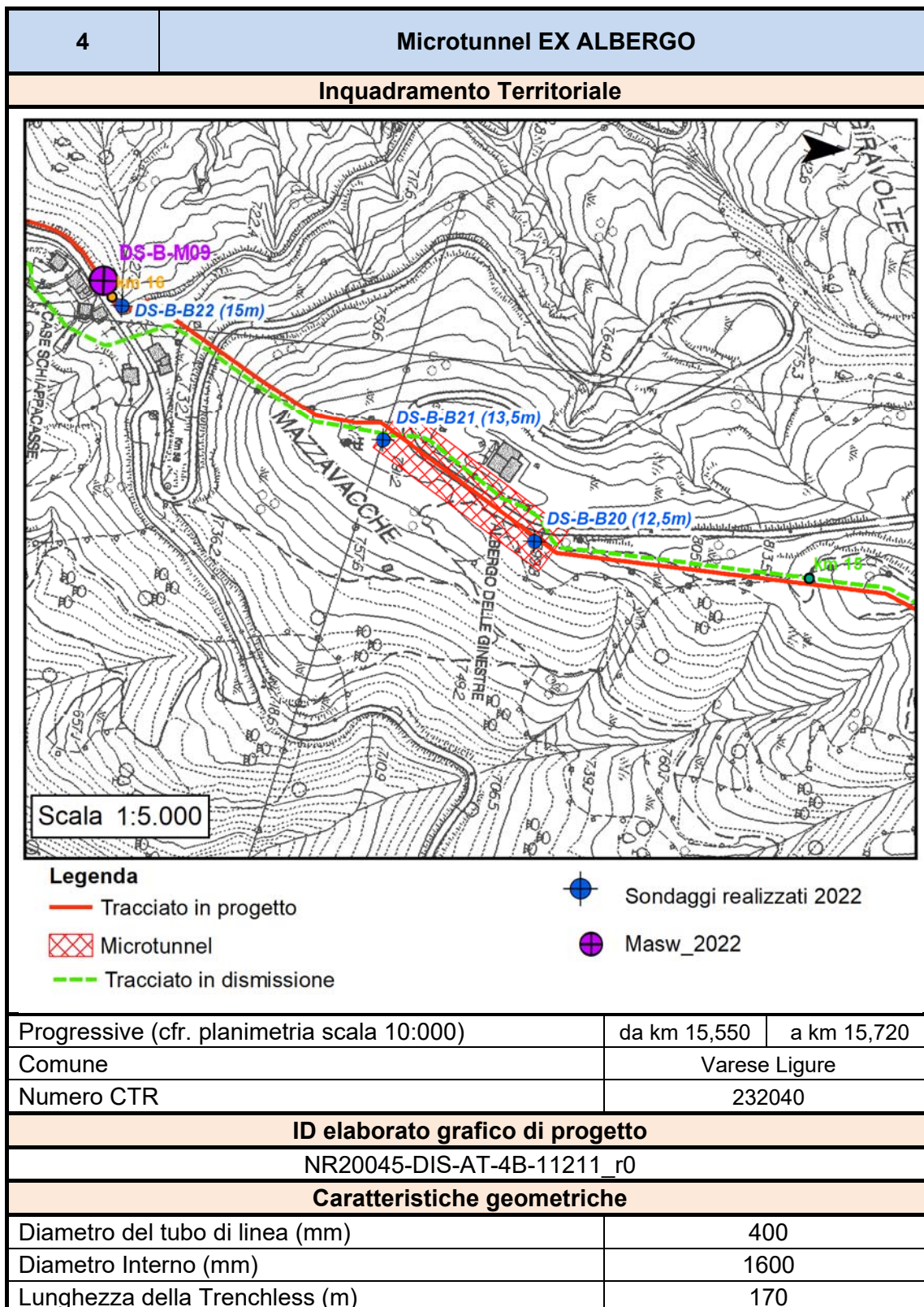
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Diametro Interno Galleria (mm)	3500
Lunghezza della Galleria (m)	1005
Inclinazione in Ingresso (°)	0° 08'
Diametro Interno Pozzo (mm)	800
Lunghezza della Pozzo (m)	40
Inclinazione Pozzo (°)	60°
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-A-B01 DS-A-B03 DS-A-B04
Indagini indirette	DS-A-R/E01 DS-A-R/E02 DS-A-R/E03 DS-A-R/E04 DS-A-R/E05
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e dei profili geofisici evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa depositi e rocce competenti rappresentati per quasi tutta la lunghezza del tracciato della trenchless dalla formazione delle argille e dei calcari di Canetolo che si alternano più volte per mezzo di probabili contatti tettonici, nella seconda parte, alle arenarie e siltiti di Ponte Bratica. Per quanto riguarda la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi, i risultati ottenuti nelle diverse stazioni per ciascuna unità litostratigrafica sono sufficientemente omogenei, con basso grado di variabilità, tra la III e la IV classe.	
Presenza Falda Area di cresta. Nel corso dell'indagine non è stata rilevata la presenza della falda. Dal punto di vista idrogeologico il complesso litologico rientra, nella prima parte, nel complesso calcareo-marnoso, caratterizzato da permeabilità media, per fratturazione, mentre nella seconda parte prevale il complesso marnoso-argilloso arenaceo, con bassa permeabilità solitamente per fratturazione.	
Interferenze con aree PAI	
Nell'area oggetto di indagine è identificata un'area a media pericolosità P2 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Magra. Il tracciato della trenchless è ubicato a profondità non interessate dai movimenti gravitativi che interessano la porzione più superficiale del versante.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 33 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.4 Microtunnel EX ALBERGO



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 34 di 51	Rev. 0

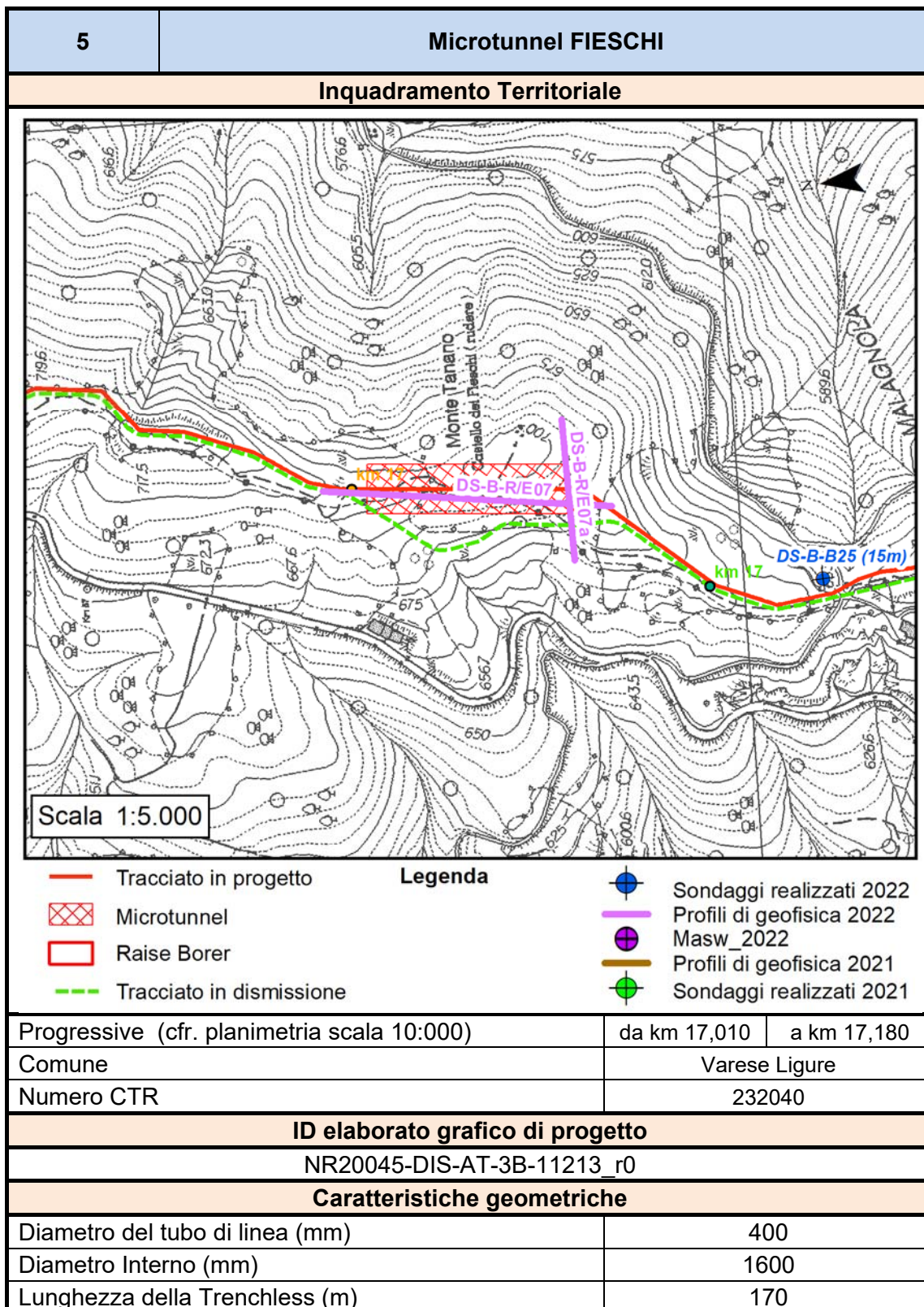
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	4° 02'
Inclinazione in Uscita (°)	4° 02'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B20 (12.5m) DS-B-B21 (13.5m)
Indagini indirette	/
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa per uno spessore limitato depositi di versante a granulometria fine che poi passano ad un flysch calcareo che si alterna con argilliti (formazione del Flysch di Ottone). Dal punto di vista geomeccanico, il microtunnel attraverserà per tutta la lunghezza dello scavo l'ammasso roccioso del Flysch di Ottone allentato, cui possono essere attribuite le condizioni più sfavorevoli rilevate nelle stazioni osservate, la classe IV di Beniaowski e, per il sistema Q, la classe VI.	
Presenza Falda Durante l'esecuzione dei 2 sondaggi è stata rilevata la presenza di acqua ad una profondità compresa tra 8 e 9 metri a partire dal piano campagna. Dal punto di vista idrogeologico il complesso detritico ha un'alta permeabilità per porosità, mentre il flysch di Ottone rientra nel complesso calcareo-marnoso a media permeabilità per fratturazione.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto interferisce, con un'area a media pericolosità P2 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Magra. L'area viene descritta litologicamente come un complesso detritico di versante. La scelta di procedere durante la progettazione con la definizione di un tracciato in sotterraneo in questo tratto è dovuta anche al fatto di evitare l'interferenza con l'area PAI sopra descritta.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità BASSO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 35 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.5 Microtunnel FIESCHI



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 36 di 51	Rev. 0

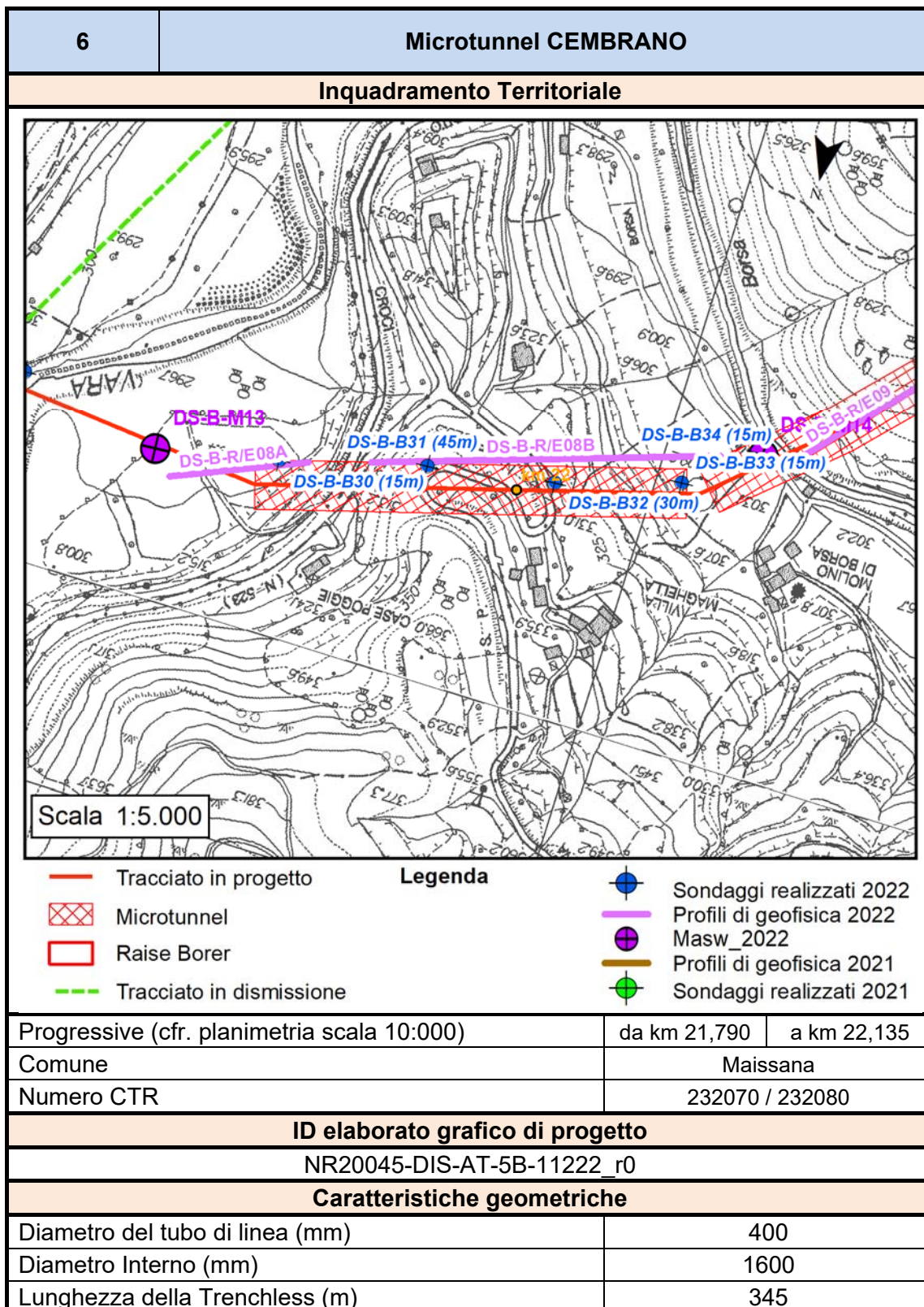
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	5° 47'
Inclinazione in Uscita (°)	5° 47'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	N.D.
Indagini indirette	DS-B-R/E07 DS-B-R/E07a
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa, al di sotto di uno strato superficiale di suolo e/o detrito, un contesto litologico caratterizzato da valori predominanti di resistività probabilmente associato alla formazione dei Calcari a Calpionelle (affioranti) sovrastanti le facies argillitiche e calcaree delle Argille a Palombini. Da quanto emerso dall'interpretazione dei profili di geofisica si ritiene che queste ultime rappresentino il substrato compatto che si colloca a profondità variabili, comprese tra 10 e 25m dal p.c., con V _P superiori a 2'000m/sec. Per quanto riguarda la classificazione degli ammassi rocciosi, in un primo tratto, della lunghezza di circa 70 metri, saranno attraversate le Arenarie del Monte Gottero, che poggiano per faglia diretta sulle Argille a palombini. In assenza di affioramenti rappresentativi, all'ammasso roccioso delle Arenarie del Monte Gottero sono state attribuite le condizioni rilevate per le sequenze a dominante argillitica delle Argille a palombini: la classe IV di Bieniawski e, per il sistema Q, la classe VI. Successivamente, nelle sequenze a dominante calcarea delle Argille a palombini si può stimare una classe III RMR e, per il sistema Q, le classi V-VI. Nel tratto finale il profilo corre al limite tra l'ammasso roccioso e la copertura detritica, caratterizzata da caratteristiche geotecniche proprie di un terreno granulare.	
Presenza Falda Non è stata rilevata la presenza di falda. Dal punto di vista idrogeologico, il tracciato della trenchless attraversa, nella parte intermedia un complesso prevalentemente carbonatico. Si tratta di calcari micritici con sottili intercalazioni di argilliti che hanno una permeabilità da media ad alta per fratturazione. La restante parte del tracciato attraversa un complesso argilloso-marnoso-arenaceo, caratterizzato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che hanno una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI / aree archeologiche	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani dell'Autorità di Bacino. La scelta di procedere durante la progettazione con la definizione di un tracciato in sotterraneo in questo tratto è dovuta anche al fatto di evitare l'interferenza con l'area archeologica relativa al Castello di Monte Tanano (VAL05) (Varese Ligure) (Vincolo L. 364/1909, DM 02/12/1934.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità BASSO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 37 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.6 Microtunnel CEMBRANO



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 38 di 51	Rev. 0

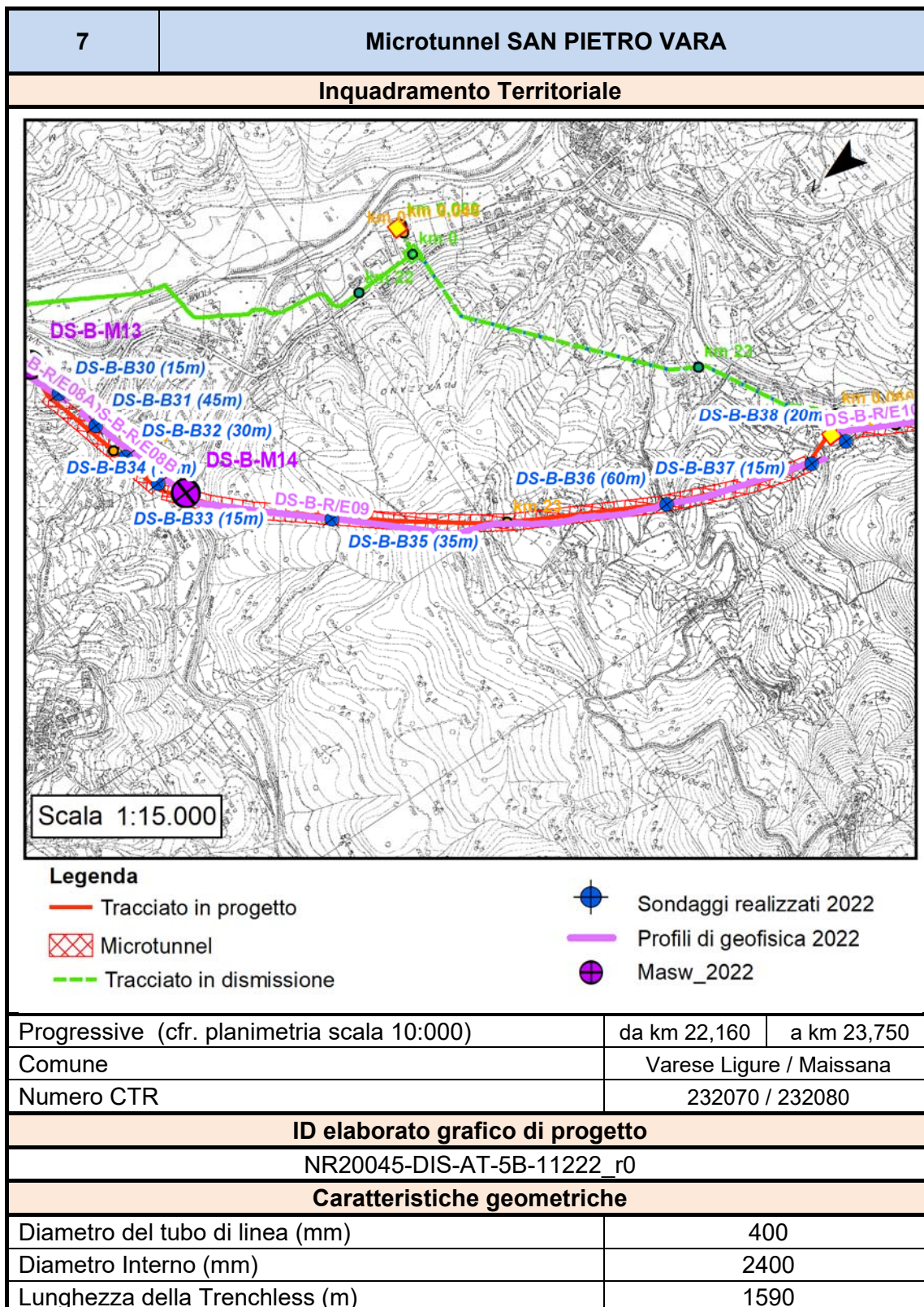
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	0° 07'
Inclinazione in Uscita (°)	0° 07'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B30 (15m) DS-B-B31 (45m) DS-B-B32 (30m) DS-B-B33 (15m)
Indagini indirette	DS-B-R/E08A DS-B-R/E08B
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici caratterizzati da valori variabili di resistività a partire da 60-80 Ohm*m fino a valori che superano i 200 Ohm*m, legati alla presenza delle formazioni degli Scisti zonati e delle Argille a Palombini, tra le quali si osservano contatti sia di natura tettonica che stratigrafica, come indicato dall'osservazione delle stratigrafie realizzate e dalla cartografia ufficiale (CARG).	
Presenza Falda Nel corso dell'indagine è stata rilevata la presenza della falda, spesso al contatto tra la coltre superficiale e il substrato argillitico-marnoso. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, il tracciato della trenchless attraversa il complesso argilloso-marnoso-arenaceo, rappresentato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che sono caratterizzati da una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI	
Nell'area oggetto di indagine è indicata un'area a media pericolosità P2 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Magra. L'area non viene indicata nella cartografia geologico-geomorfologica ufficiale (CARG). Il tracciato della trenchless è ubicato a profondità non interessate dai movimenti gravitativi che interessano la porzione più superficiale del versante.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 39 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.7 Microtunnel SAN PIETRO VARA



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 40 di 51	Rev. 0

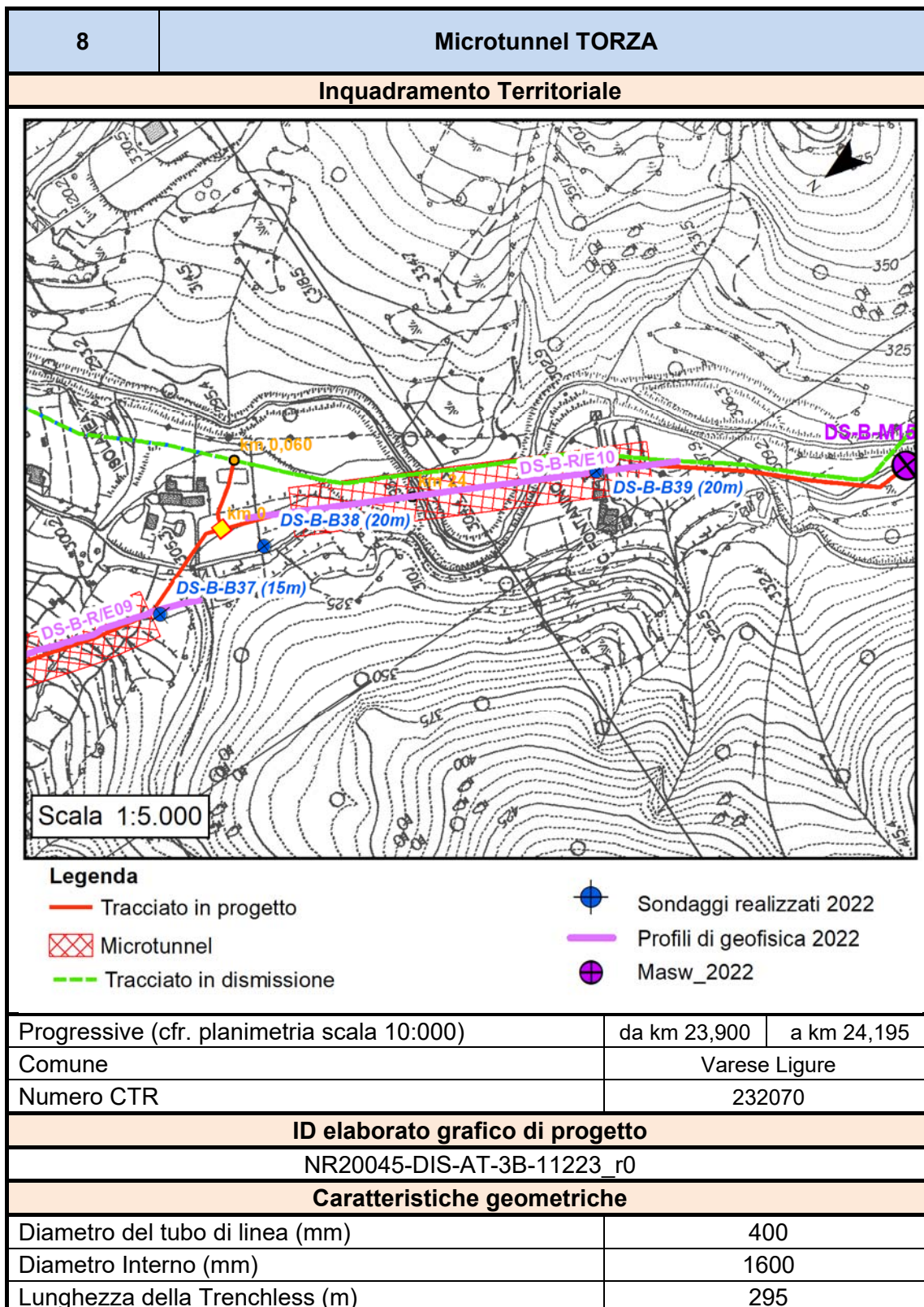
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	0° 02'
Inclinazione in Uscita (°)	0° 00'
Copertura minima sotto l'alveo (m) (T. Borsa)	4
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B34 (15m) DS-B-B35 (35m) DS-B-B36 (60m) DS-B-B37 (15m)
Indagini indirette	DS-B-R/E09
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici che, dopo un primo strato superficiale di copertura detritica e/o alluvionale, passano a sedimenti e rocce sia in facies prevalentemente arenacea contenente brecce ofiolitiche sia in facies a composizione marnoso-siltitica relativa agli olistoliti presenti. Tale contesto è relativo alla Formazione di Tavarone che affiora in alternanza con quella delle argille a Palombini per mezzo di contatti tettonici.	
Presenza Falda Durante l'esecuzione dei sondaggi è stata rilevata la presenza di falda solo in corrispondenza dei 2 realizzati in prossimità del torrente Borsa (DS-B-B34) e del torrente Torza (DS-B-B37) al contatto tra la coltre superficiale e il substrato argillitico-marnoso. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, il tracciato della trenchless attraversa il complesso argilloso-marnoso-arenaceo, rappresentato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che sono caratterizzati da una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI	
Nell'area oggetto di indagine è indicata un'area ad elevata pericolosità P3 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Magra. L'area è anche catalogata all'interno dell'inventario IFFI, in cui è interpretata come colamento lento quiescente. Il deposito franoso è situato nel settore centrale di un ampio impluvio appartenente al versante destro della valle del Borsa, in prossimità della sua confluenza con il Vara. Non si osservano indizi di attività recente. Il tracciato della trenchless è ubicato a profondità non interessate dai movimenti gravitativi che interessano la porzione più superficiale del versante.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità ALTO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 41 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.8 Microtunnel TORZA



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 42 di 51	Rev. 0

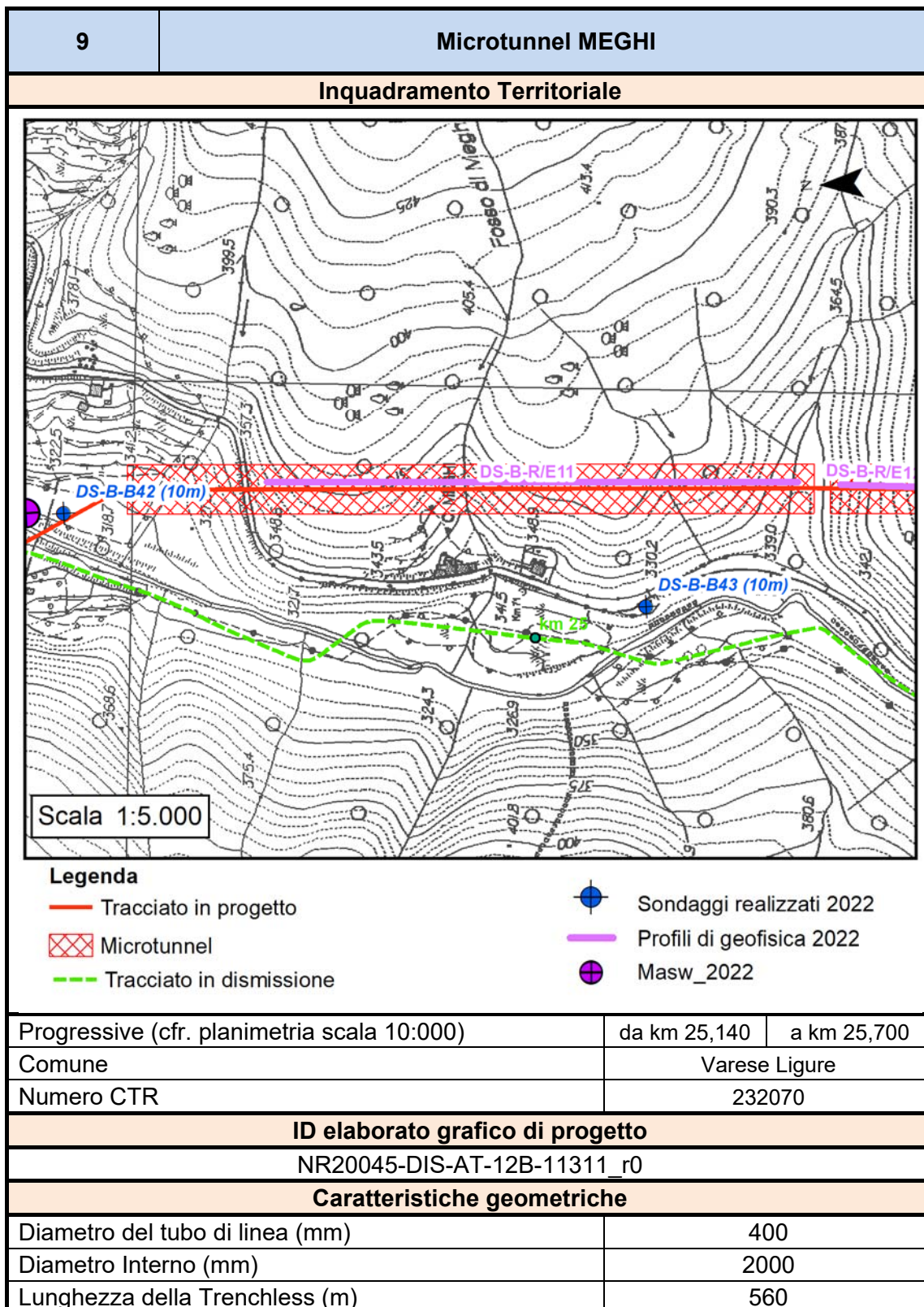
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Raggio tratto in curva	1000
Inclinazione in Ingresso (°)	7° 59'
Inclinazione in Uscita (°)	6° 28'
Copertura minima sotto l'alveo del Torza (m)	6
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B38 (20m) DS-B-B39 (20m)
Indagini indirette	DS-B-R/E10
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici principalmente caratterizzati da una copertura detritica e alluvionale che poi passano a sedimenti e rocce in facies prevalentemente arenacea contenente brecce ofiolitiche, appartenenti alla Formazione di Tavarone. Tale formazione affiora in alternanza con quella delle argille a Palombini per mezzo di contatti tettonici.	
Presenza Falda Durante l'esecuzione dei sondaggi è stata rilevata la presenza di falda al contatto tra la coltre superficiale e il substrato argillitico-marnoso. Dal punto di vista idrogeologico il tracciato della trenchless attraversa in massima parte il complesso detritico-alluvionale, caratterizzato da depositi alluvionali attuali e terrazzati con permeabilità da media ad alta per porosità.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani dell'Autorità di Bacino.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 43 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.9 Microtunnel MEGHI



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 44 di 51	Rev. 0

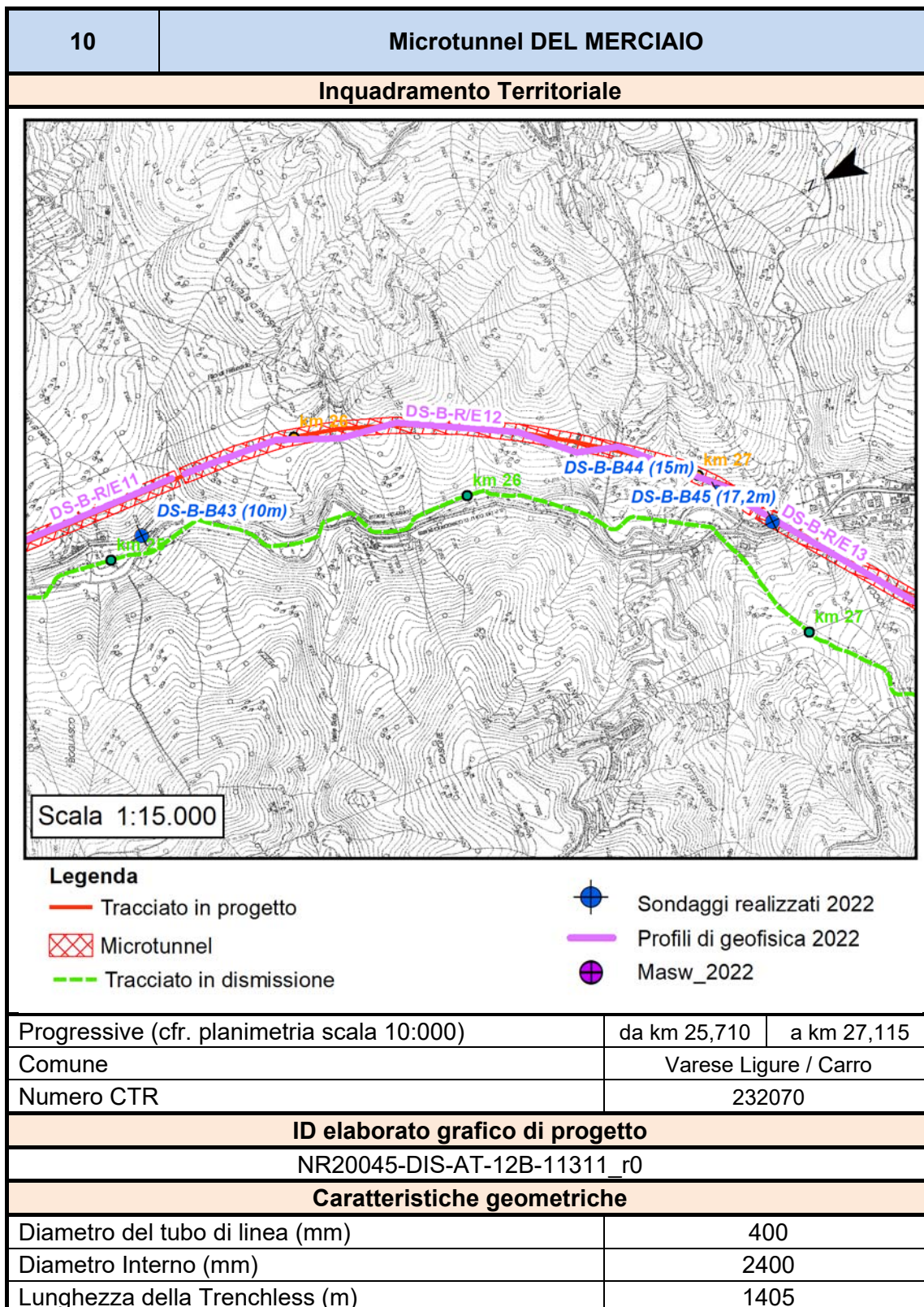
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	1° 27'
Inclinazione in Uscita (°)	1° 27'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B42 (10m) DS-B-B43 (10m)
Indagini indirette	DS-B-R/E11
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici principalmente caratterizzati da facies argillitiche in alternanza a facies calcaree appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini.	
Presenza Falda La presenza della falda è stata riscontrata solo in un sondaggio (DS-B-B42), al contatto tra i depositi alluvionali e il substrato rappresentato dalle argille a Palombini. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, il tracciato della trenchless attraversa il complesso argilloso-marnoso-arenaceo, rappresentato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che sono caratterizzati da una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani dell'Autorità di Bacino.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 45 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.10 Microtunnel DEL MERCIAIO



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 46 di 51	Rev. 0

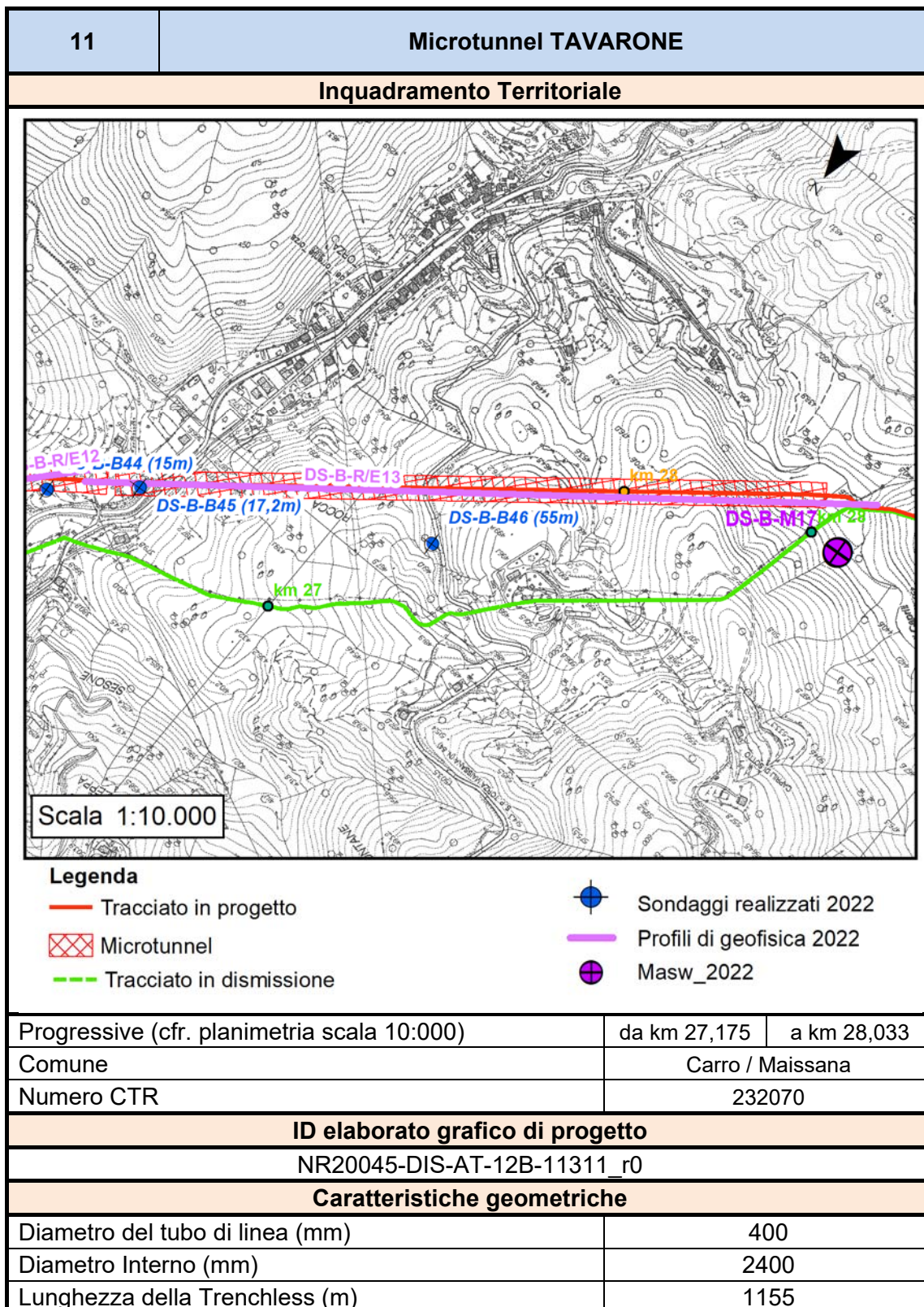
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	0° 51'
Inclinazione in Uscita (°)	0° 51'
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B44 (15m)
Indagini indirette	DS-B-R/E12
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici principalmente caratterizzati da facies argillitiche in alternanza a facies calcaree appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini separate da diverse discontinuità tettoniche sub-verticali che influiscono sulla continuità della stessa formazione. Questi lineamenti tettonici possono influire sulle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi attraversati dal tracciato stesso. Anche nella seconda parte del profilo di scavo, nella zona di passaggio tra la formazione delle argille a palombini e quella degli Scisti Zonati, si ha la presenza di diverse discontinuità tettoniche che sottolineano il passaggio dalle facies calcaree a quelle scistose e/o arenacee.	
Presenza Falda La presenza della falda è stata riscontrata nel complesso detritico-alluvionale al contatto tra i depositi alluvionali e il substrato rappresentato dalle argille a Palombini. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, il tracciato della trenchless attraversa il complesso argilloso-marnoso-arenaceo, rappresentato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che sono caratterizzati da una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani dell'Autorità di Bacino.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità ALTO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 47 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.11 Microtunnel TAVARONE



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 48 di 51	Rev. 0

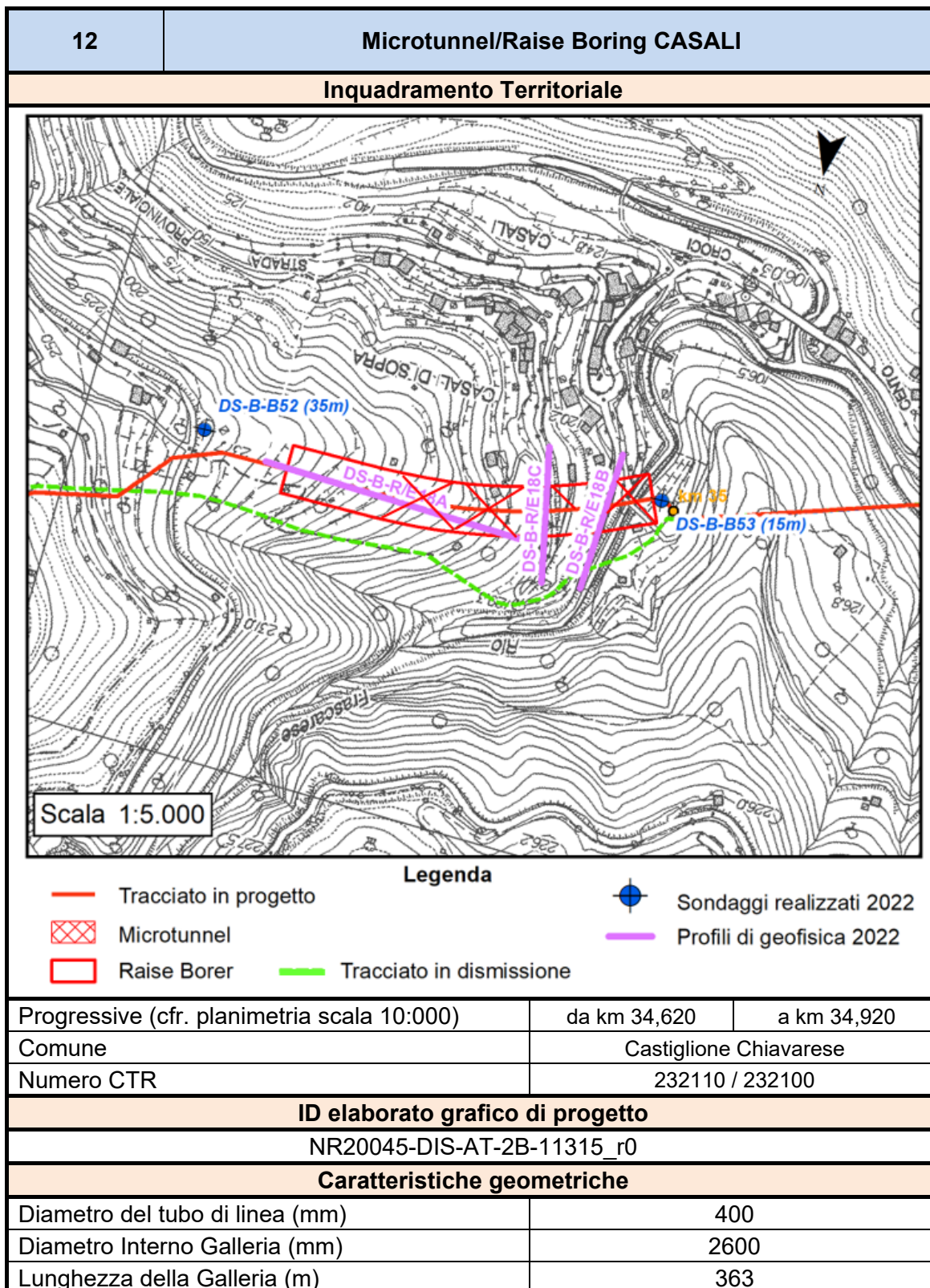
Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	0° 02'
Inclinazione in Uscita (°)	3° 56'
Copertura minima sotto l'alveo (m) (T. Torza 6° Attrav)	5
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B45 (17m) DS-B-B46 (55m)
Indagini indirette	DS-B-R/E13
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa nella parte iniziale e nella parte finale del profilo di scavo contesti litologici principalmente caratterizzati da facies argillitiche in alternanza a facies calcaree appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini. Nella parte centrale del tracciato si osserva il passaggio dalla formazione delle argille a palombini ad un olistolite di serpentiniti, caratterizzato da roccia molto competente con bassi valori di resistività. I contatti tra le due formazioni sono essenzialmente di tipo tettonico e possono essere marcati da una discreta concentrazione di materiali argillosi o di miloniti (presenza di zone conduttive). Tutto ciò determina una marcata eterogeneità delle litologie interessate dal profilo di scavo con brusche transizioni tra formazioni litoidi (olistolite di serpentini) e formazioni meno competenti, caratterizzate da alternanze di argilliti e calcari.	
Presenza Falda La presenza della falda è stata riscontrata in fase di esecuzione delle indagini dirette nel complesso detritico-alluvionale al contatto tra i depositi alluvionali e il substrato rappresentato dalle argille a Palombini. Dal punto di vista idrogeologico, infatti, il tracciato della trenchless attraversa il complesso argilloso-marnoso-arenaceo, rappresentato da argilliti e marne prevalenti, con intercalazioni di arenarie, siltiti e calcari che sono caratterizzati da una permeabilità generalmente bassa per fratturazione, localmente media.	
Interferenze con aree PAI	
Il MT in oggetto non interferisce con alcuna area censita nei Piani dell'Autorità di Bacino.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati (presenza dell'olistolite di serpentiniti con radice profonda interessato dal profilo di scavo), si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità ALTO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 49 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

5.2.12 Raise Boring CASALI



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 50 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

Inclinazione in Ingresso (°)	0° 13'
Diametro Interno Pozzo (mm)	800
Lunghezza della Pozzo (m)	114
Inclinazione Pozzo (°)	75°
Caratteristiche geologiche	
Indagini dirette	DS-B-B52 (35 m) DS-B-B53 (15 m)
Indagini indirette	DS-B-R/E18A DS-B-R/E18B DS-B-R/E18C
Caratteristiche litologiche Una sintesi dei risultati delle indagini dirette e indirette evidenzia che il tracciato della trenchless attraversa contesti litologici principalmente caratterizzati da valori prettamente resistivi in accordo con la presenza di formazioni lapidee riscontrate nei sondaggi. Nell'area oggetto di studio affiorano infatti i Basalti, in contatto con le Brecce di Monte Zenone e le Argille a Palombini. Queste ultime si trovano in contatto inconforme con i Basalti, e affioranti nella porzione finale del tracciato della trenchless.	
Presenza Falda Durante l'esecuzione delle indagini non è stata rilevata la presenza della falda. Dal punto di vista idrogeologico il percorso della trenchless attraversa il complesso ofiolitico e copertura silicoclastica, caratterizzata da serpentiniti, gabbri, basalti, depositi di brecce ofiolitiche e diaspri, con permeabilità media per fratturazione.	
Interferenze con aree PAI	
Nell'area oggetto di indagine è indicata un'area a media pericolosità P2 come identificata anche dalla mosaicatura nazionale ISPRA (v. 4.0, 2020-2021) delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del torrente Petronio (Ambito 17). L'area non viene indicata nella cartografia geologico-geomorfologica ufficiale (CARG). Il tracciato della trenchless è ubicato a profondità non interessate dai movimenti gravitativi che interessano la porzione più superficiale del versante.	
Complessità costruttiva	
In considerazione delle caratteristiche geometriche del tratto in trenchless e delle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, si ritiene che l'opera possa essere eseguita con un livello di criticità MEDIO.	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	MI-TRH-E-13038	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 51 di 51	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-MI-TRH-13038

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'obiettivo del presente documento è descrivere le caratteristiche geometriche delle opere Trenchless e le caratteristiche geologiche dei terreni interessati dalle opere stesse. Le configurazioni geometriche dei profili, illustrate negli elaborati grafici ai quali si fa riferimento, sono state definite in base alle condizioni geometriche e geomorfologiche delle aree interessate dalle opere.

Le opere trenchless sono state adottate con lo scopo di sottopassare le possibili superfici di scivolamento dei movimenti gravitativi individuati e evitare interferenze con corsi d'acqua. I metodi costruttivi trenchless previsti in progetto, sono il Microtunnelling (MT) e il Raise Boring (RB).

Dal punto di vista costruttivo, ognuno degli attraversamenti in progetto presenta delle complessità che sono dipendenti dalla natura dei terreni attraversati, dalla configurazione geometrica dell'attraversamento e dai limiti di applicabilità del metodo costruttivo previsto. La sottostante Tabella 6.1/A elenca, il livello di complessità costruttiva atteso.

Tabella 6.1/A - Attraversamenti Trenchless e livello di complessità costruttiva

ID	Metodologia costruttiva	Denominazione dell'attraversamento	Progress. imbocco monte s.g (km)	Progress. imbocco valle s.g (km)	Lunghezza (m)	Livello di criticità costruttiva della trenchless (Basso. Medio. Alto)
1	MT	Le Moie	1,820	2,400	580	MEDIO
2	RB	Eolo	11,460	11,675	215	BASSO
3	MT	La Rocca	11,715	12,770	45 (pozzo)+1005 (galleria)	MEDIO
4	MT	Ex Albergo	15,550	15,720	170	BASSO
5	MT	Fieschi	17,010	17,180	170	BASSO
6	MT	Cembrano	21,790	22,135	345	MEDIO
7	MT	San Pietro Vara	22,160	23,750	1590	ALTO
8	MT	Torza	23,900	24,195	295	MEDIO
9	MT	Meghi	25,140	25,700	560	MEDIO
10	MT	Del Merciaio	25,710	27,115	1405	ALTO
11	MT	Tavarone	27,175	28,330	1155	ALTO
12	RB	Casali	34,620	34,920	115 (pozzo)+ 267 (galleria)	ALTO

Si evidenzia che le metodologie costruttive e le configurazioni geometriche proposte per gli attraversamenti in sotterraneo sono considerate tecnicamente fattibili e in grado di garantire la sicurezza della condotta per l'intero periodo di esercizio dell'infrastruttura.