

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 1 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

*PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA*

## METANODOTTO

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

**Relazione geotecnica (sintesi indagini eseguite)**

|             |                    |                  |                   |                  |             |
|-------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------|
|             |                    |                  |                   |                  |             |
|             |                    |                  |                   |                  |             |
|             |                    |                  |                   |                  |             |
|             |                    |                  |                   |                  |             |
|             |                    |                  |                   |                  |             |
| 0           | Emissione          | Mencucci         | Nisii             | Palozzo          | Feb.2023    |
| <b>Rev.</b> | <b>Descrizione</b> | <b>Elaborato</b> | <b>Verificato</b> | <b>Approvato</b> | <b>Data</b> |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 2 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

## INDICE

|          |                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>                         | <b>3</b>  |
| 1.1      | Inquadramento territoriale                              | 5         |
| 1.2      | Documenti di Riferimento                                | 6         |
| <b>2</b> | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE</b>                    | <b>7</b>  |
| 2.1      | Sondaggi a carotaggio continuo                          | 9         |
| 2.2      | Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)                  | 11        |
| 2.3      | Prove di laboratorio                                    | 12        |
| 2.4      | Indagini geomeccaniche                                  | 24        |
| <b>3</b> | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE</b>                  | <b>29</b> |
| 3.1      | Indagini MASW                                           | 30        |
| 3.2      | Indagini sismiche a rifrazione e indagini geoelettriche | 31        |
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>                        | <b>34</b> |

## ALLEGATI

Allegato 1: Indagini geognostiche dirette

Allegato 2: Prove di laboratorio

Allegato 3: Indagini geognostiche indirette

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 3 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

## 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<br>(mm) | DP<br>(bar) | Lunghezza<br>(km) |
|------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------|
| <b>Linea principale</b>                              |            |             |                   |
| Rifacimento Derivazione per Sestri Levante           | 400        | 75          | 36,755*           |
| <b>Linee secondarie</b>                              |            |             |                   |
| 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:

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 4 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

- “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 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<br>(mm) | MOP<br>(bar) | Lunghezza<br>(km) |
|----------------------------------------------------|------------|--------------|-------------------|
| <b>Linea principale</b>                            |            |              |                   |
| Derivazione per Sestri Levante                     | 400/250    | 70           | 27,590            |
| <b>Linee secondarie</b>                            |            |              |                   |
| 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             |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 5 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

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;
- 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

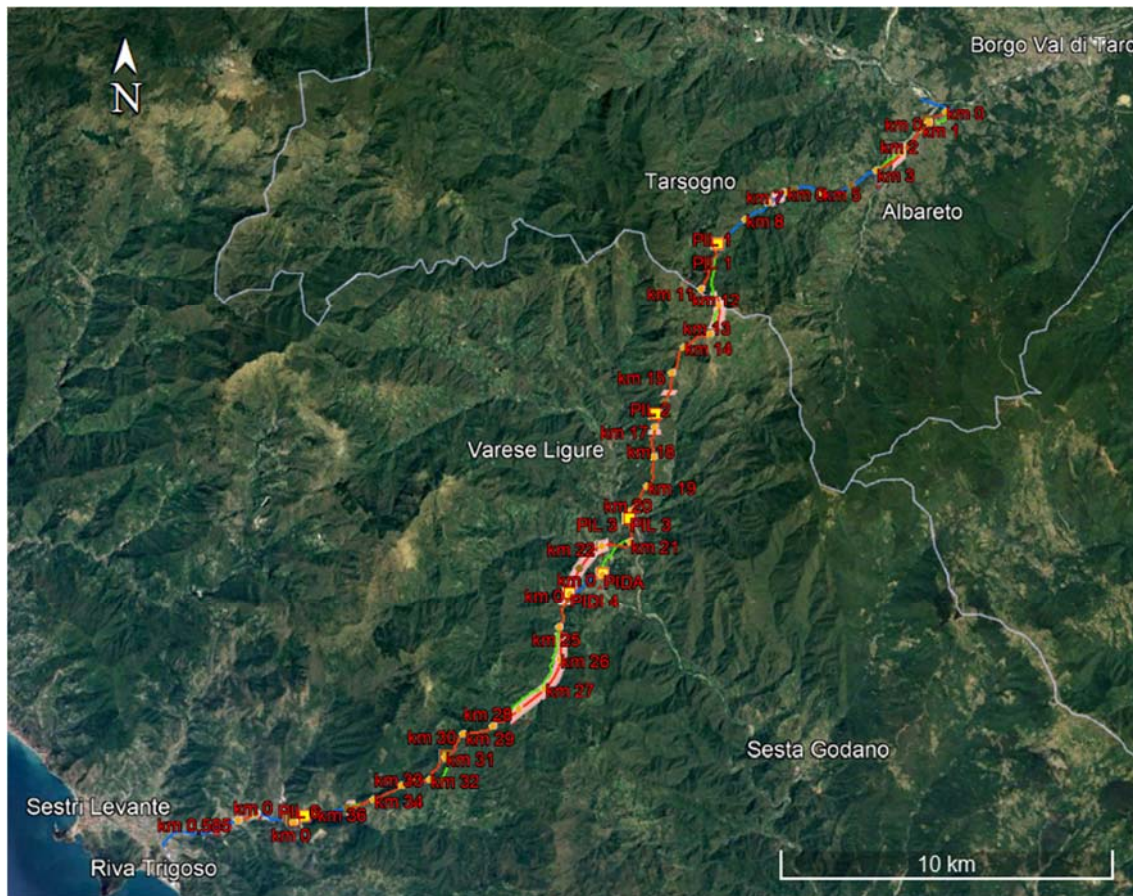
L'intervento si localizza maggiormente, nella porzione orientale della Regione Liguria, interessando i territori della Città Metropolitana di Genova e della provincia di La Spezia e la parte montana della Provincia di Parma, in Emilia Romagna, per i primi 10 km circa della condotta in progetto.

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/A).

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 6 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024



**Fig. 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                                               |
| [2] REL-SIS-E-13025 | Analisi areale della stabilità dei pendii                         |
| [3] REL-SIS-E-13026 | Relazione sismica + Verifica strutturale allo scuotimento sismico |
| [4] REL-GEO-E-13046 | Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI (P2)              |
| [5] REL-GEO-E-13027 | Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI (P3 e P4)         |
| [6] REL- CI-E-13029 | Relazione idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti             |
| [7] REL-GEO-E-13036 | Verifica di stabilità in versanti potenzialmente critici          |
| [8] PG-TPSO-D-13221 | Planimetria tracciato di progetto con Indagini geognostiche       |
| [9] PG-DRIF-D-13207 | Aree a pericolosità da frana (PAI e IFFI) e idraulica             |
| [10] PG-CGD-D-13208 | Geologia e Geomorfologia in scala 1:10000                         |
| [11] PG-CI-D-13209  | Idrogeologia                                                      |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 7 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

## 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

Sulla base del quadro delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dal progetto della nuova condotta, dei dati di letteratura e dei sopralluoghi eseguiti, è stato individuato un insieme di siti nei quali si è ritenuto opportuno approfondire l'indagine tramite apposite campagne geognostiche.

Le indagini geognostiche sono state commissionate alla ditta L&R (Laboratori e Ricerche) di Catania che ha operato lungo tutto il tracciato a partire da fine marzo 2022 fino al 30 novembre 2022.

La documentazione relativa alle indagini geognostiche, comprendente le attrezzature utilizzate, l'ubicazione, la stratigrafia e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici è raccolta nell'Allegato 1.

Le indagini geognostiche dirette sono state eseguite:

- in corrispondenza degli attraversamenti dei maggiori corsi d'acqua per definire lo spessore e le caratteristiche dello strato di alluvioni;
- in corrispondenza delle opere trenchless per definire in particolare la stratigrafia lungo gli imbocchi nell'ambito della sezione di progetto;
- in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante o in aree censite nei Piani di Assetto Idrogeologico allo scopo di ottimizzare il tracciato e di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti;
- in corrispondenza delle opere di sostegno e/o di prevenzione in c.a talvolta realizzate con fondazioni profonde (palificate) che sono state previste nelle situazioni di maggiore criticità geomorfologica quali i tratti di versante di dubbia stabilità a lungo termine o i tratti in cui il tracciato percorre creste molto strette e sarà quindi necessario ricavare gli spazi minimi per consentire la realizzazione della pista di lavoro e/o sarà necessario stabilizzare a lungo termine una fascia di sicurezza attorno alla condotta situata in prossimità di fenomeni di erosione o di instabilità di versante potenzialmente regressivi.

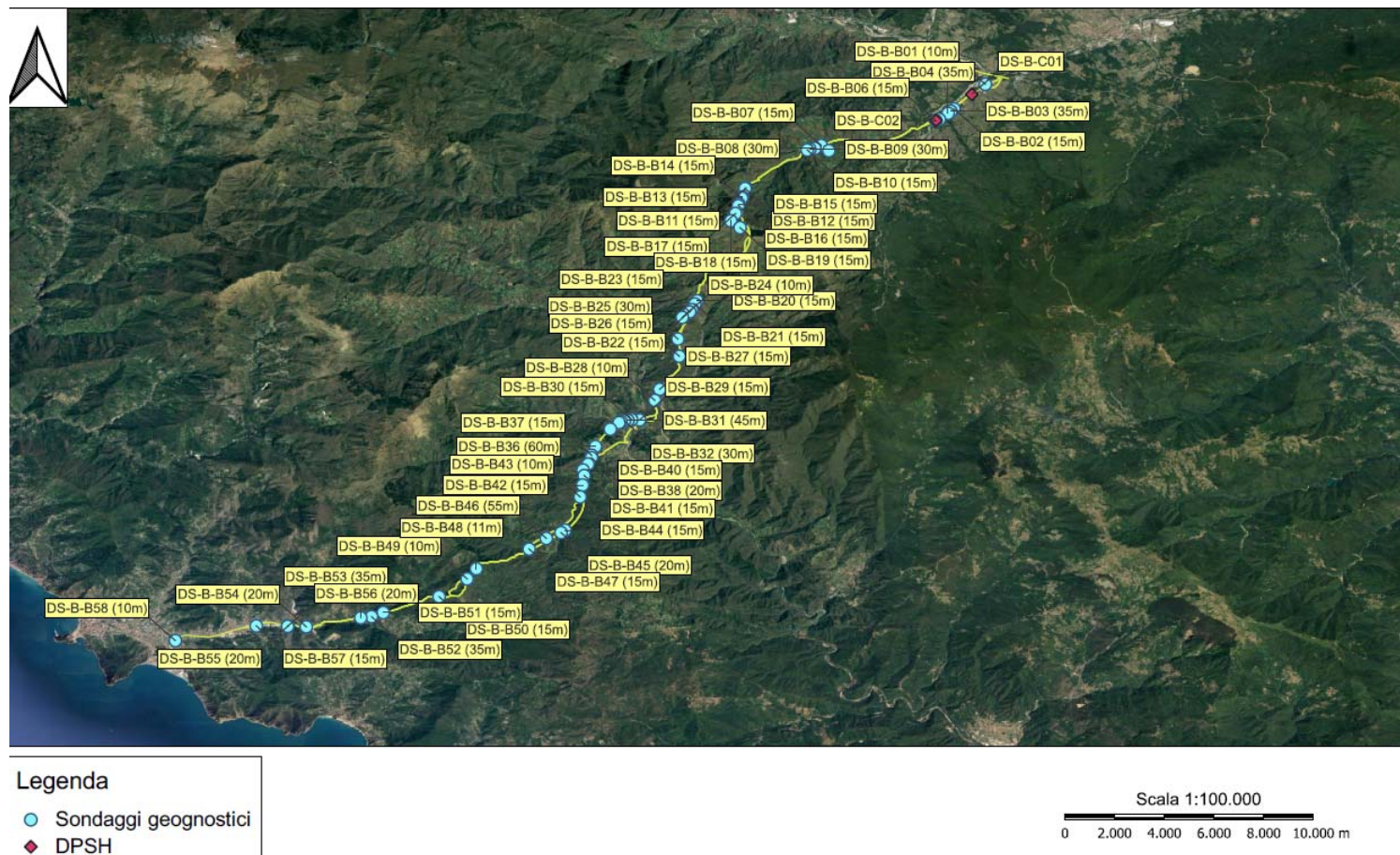
La campagna di indagini è stata eseguita per buona parte dell'anno 2022 (da fine marzo a fine novembre) ed è consistita nella realizzazione di 57 sondaggi a carotaggio continuo e 2 prove penetrometriche dinamiche (

In totale, nell'ambito della campagna geognostica programmata per il presente progetto (Rif. PG-TPSO-D-13221), sono stati eseguiti:

- n. 57 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH).

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 8 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024



**Fig. 1/B: Planimetria delle indagini dirette realizzate**

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 9 di 35                        | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

I sondaggi geognostici hanno raggiunto profondità variabili in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche riscontrate e delle caratteristiche dello specifico intervento da realizzare.

Si conferma che tre siti di indagine (DS-B-B13, DS-B-B14 e DS-B-B42) erano difficilmente raggiungibili. Per l'accesso di queste postazioni è stato necessario realizzare alcune piste temporanee tali da permettere il transito della sonda e dei mezzi destinati allo svolgimento delle indagini di campo.

La tabellaseguente illustra la lunghezza di ciascuna pista temporanea realizzata:

**Tab. 2.1/A: Lunghezza di piste temporanee per accesso ad alcuni siti**

| Sito di indagine | Lunghezza pista temporanea di accesso (m) |
|------------------|-------------------------------------------|
| DS-B-B13         | 450                                       |
| DS-B-B14         |                                           |
| DS-B-B42         | 300                                       |

L'Allegato 1 riporta la documentazione fotografica a corredo del lavoro svolto. Le piste sono state visionate e verificate in campo.

## 2.1 Sondaggi a carotaggio continuo

La seguente tabella 2.1/B elenca le indagini geognostiche a carotaggio continuo complessivamente realizzate lungo il tracciato di progetto del metanodotto oggetto di studio (n° 57) specificandone il nome assegnato, la profondità raggiunta, le coordinate geografiche in UTM 32, la località ed orientativamente il km di tracciato a cui fa riferimento.

L'Allegato 1 riporta le metodologie di indagine e le attrezzature utilizzate per la campagna di sondaggi elencati nella tabella seguente.

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 10 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

**Tab. 2.1/B: Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti sulla linea in progetto**

| Progr. chilometrica | ID. Sondaggio | Profondità sondaggio (m) | N° SPT e/o Camp. disturbato/indisturbato | Finalità                         | Coordinata X-UTM 32N | Coordinata Y-UTM 32N |
|---------------------|---------------|--------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 0,4                 | DS-B-B01      | 10                       | 6 / 4                                    | Attr. Rio Sorba, PIDS            | 557313.30            | 4924175.05           |
| 1,7                 | DS-B-B02      | 15                       | 4 / 7                                    | MT Le Moie e area PAI            | 556415.64            | 4923218.97           |
| 1,8                 | DS-B-B03      | 25                       | 6 / 6                                    | MT Le Moie e area PAI            | 556350.22            | 4923117.50           |
| 2,0                 | DS-B-B04      | 30                       | 8 / 8                                    | MT Le Moie                       | 556240.27            | 4923054.83           |
| 2,3                 | DS-B-B05      | 15                       | 2 / 5                                    | MT Le Moie                       | 555999.57            | 4922775.05           |
| 2,5                 | DS-B-B06      | 15                       | 5 / 5                                    | Attr. T. Gotra                   | 555911.71            | 4922712.58           |
| 6,3                 | DS-B-B07      | 15                       | 5 / 5                                    | MT Codogno - Variante T. Arcina  | 552626.00            | 4921697.00           |
| 6,3                 | DS-B-B07a     | 15                       | 4 / 6                                    | Strada accesso MT Codogno        | 552852.27            | 4921507.99           |
| 6,5                 | DS-B-B08      | 30                       | 10 / 11                                  | MT Codogno - Variante T. Arcina  | 552451.03            | 4921572.93           |
| 6,7                 | DS-B-B09      | 30                       | 8 / 10                                   | MT Codogno - Variante T. Arcina  | 552296.56            | 4921540.83           |
| 6,8                 | DS-B-B10      | 15                       | 5 / 5                                    | MT Codogno - Variante T. Arcina  | 552230.25            | 4921540.30           |
| 9,3                 | DS-B-B11      | 15                       | 4 / 5                                    | Area PAI, P4                     | 550516.06            | 4920054.30           |
| 9,3                 | DS-B-B12      | 15                       | 3 / 6                                    | Area PAI, P4                     | 550455.42            | 4919975.46           |
| 9,7                 | DS-B-B13      | 15                       | 5 / 6                                    | Area PAI, P2                     | 550378.48            | 4919632.97           |
| 9,8                 | DS-B-B14      | 15                       | 3 / 5                                    | Area PAI, P2                     | 550362.23            | 4919589.65           |
| 10,0                | DS-B-B15      | 15                       | 4 / 5                                    | Area PAI, P2                     | 550281.16            | 4919350.19           |
| 10,1                | DS-B-B16      | 15                       | 5 / 5                                    | Area PAI, P2                     | 550264.43            | 4919283.41           |
| 10,5                | DS-B-B17      | 15                       | 5 / 5                                    | Area PAI, P2                     | 550237.88            | 4919056.11           |
| 11,3                | DS-B-B19      | 15                       | 5 / 5                                    | MT Eolo                          | 550320.98            | 4918402.90           |
| 15,4                | DS-B-B20      | 12,5                     | 1 / 2                                    | MT Ex Albergo                    | 549112.02            | 4915455.87           |
| 15,5                | DS-B-B21      | 13,5                     | 2 / 3                                    | MT Ex Albergo                    | 549043.97            | 4915325.14           |
| 15,8                | DS-B-B22      | 15                       | 3 / 4                                    | Paratia pali                     | 548958.47            | 4915102.33           |
| 18,9                | DS-B-B23      | 15                       | 2 / 4                                    | Paratia pali                     | 548899.41            | 4915011.17           |
| 16,3                | DS-B-B24      | 8,6                      | 1 / 4                                    | PIL 2                            | 548670.13            | 4914779.89           |
| 17,0                | DS-B-B25      | 15                       | 4 / 5                                    | tracciato                        | 548566.79            | 4913918.00           |
| 18,0                | DS-B-B26      | 20                       | 4 / 8                                    | Tracciato mezzacosta             | 548657.30            | 4913222.80           |
| 19,6                | DS-B-B27      | 15                       | 5 / 7                                    | Prossimità con area PAI, P2      | 548058.04            | 4911899.59           |
| 20,1                | DS-B-B28      | 10                       | 5 / 5                                    | PIL 3                            | 547905.74            | 4911417.12           |
| 21,4                | DS-B-B29      | 15                       | 3 / 5                                    | Attraversamento Vara             | 547487.00            | 4910664.00           |
| 21,6                | DS-B-B30      | 15                       | 3 / 6                                    | MT Cembrano                      | 547269.11            | 4910671.94           |
| 21,7                | DS-B-B31      | 45                       | 1 / 7                                    | MT Cembrano                      | 547153.09            | 4910640.86           |
| 21,8                | DS-B-B32      | 30                       | 8 / 7                                    | MT Cembrano                      | 547050.26            | 4910622.84           |
| 21,9                | DS-B-B33      | 15                       | 4 / 5                                    | MT Cembrano                      | 546951.95            | 4910592.20           |
| 22,0                | DS-B-B34      | 15                       | 4 / 5                                    | Attraversamento T. Borsa         | 546897.31            | 4910554.48           |
| 22,4                | DS-B-B35      | 35                       | 1 / 6                                    | MT San Pietro Vara, area PAI, P3 | 546647.03            | 4910287.02           |
| 23,2                | DS-B-B36      | 60                       | 0 / 7                                    | MT San Pietro Vara               | 546225.07            | 4909587.92           |

File dati: rel-geo-e-13024\_r0

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 11 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| Progr. chilometrica | ID. Sondaggio | Profondità sondaggio (m) | N° SPT e/o Camp. disturbato/indisturbato | Finalità                                | Coordinata X-UTM 32N | Coordinata Y-UTM 32N |
|---------------------|---------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 23,5                | DS-B-B37      | 15                       | 0 / 4                                    | MT San Pietro Vara, PIDI 4              | 546113.04            | 4909239.38           |
| 23,7                | DS-B-B38      | 20                       | 5 / 7                                    | MT Torza                                | 546112.19            | 4909138.79           |
| 23,9                | DS-B-B39      | 20                       | 5 / 8                                    | MT Torza                                | 546013.69            | 4908880.14           |
| 24,2                | DS-B-B40      | 15                       | 3 / 5                                    | 1° Attraversamento Torza                | 545870.74            | 4908642.78           |
| 24,5                | DS-B-B41      | 15                       | 1 / 3                                    | 2° Attraversamento Torza                | 545906.85            | 4908420.57           |
| 24,9                | DS-B-B42      | 10                       | 1 / 2                                    | MT Meghi                                | 545862.57            | 4908038.27           |
| 25,0                | DS-B-B43      | 10                       | 0 / 3                                    | MT Meghi                                | 545795.68            | 4907564.17           |
| 26,8                | DS-B-B44      | 15                       | 2 / 4                                    | MT del Merciaio                         | 545371.02            | 4906224.86           |
| 27,0                | DS-B-B45      | 17,2                     | 3 / 4                                    | MT Tavarone, - Attraversamento T. Torza | 545256.05            | 4906125.94           |
| 27,5                | DS-B-B46      | 55                       | 0 / 3                                    | MT Tavarone                             | 544832.90            | 4905893.47           |
| 30,1                | DS-B-B48      | 11                       | 1 / 3                                    | AREA PAI - P2                           | 542822.00            | 4904659.98           |
| 30,7                | DS-B-B49      | 10                       | 0 / 3                                    | PIL 5                                   | 542560.06            | 4904251.30           |
| 32,1                | DS-B-B50      | 15                       | 4 / 4                                    | Area PAI, P2                            | 541684.86            | 4903518.72           |
| 33,9                | DS-B-B51      | 15                       | 4 / 4                                    | parallelismo                            | 540154.32            | 4902874.78           |
| 34,4                | DS-B-B52      | 35                       | 1 / 8                                    | RB Casali                               | 539873.74            | 4902720.33           |
| 34,7                | DS-B-B53      | 15                       | 1 / 3                                    | RB Casali                               | 539502.27            | 4902673.34           |
| Casarza             | DS-B-B54      | 20                       | 3 / 4                                    | HPRS - pos. 1                           | 537930.29            | 4902302.43           |
| Casarza             | DS-B-B55      | 20                       | 5 / 5                                    | HPRS - pos. 3                           | 537405.61            | 4902329.34           |
| Casarza             | DS-B-B56      | 20                       | 6 / 6                                    | HPRS - pos. 3                           | 537338.51            | 4902317.85           |
| Sestri              | DS-B-B57      | 15                       | 4 / 4                                    | Scogliera Petronio                      | 536490.03            | 4902330.97           |
| Sestri              | DS-B-B58      | 10                       | 2 / 2                                    | HPRS 768, Sestri                        | 534158.37            | 4901727.22           |

## 2.2 Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

La seguente tabella 2.2/A elenca le indagini DPSH realizzate lungo il tracciato di progetto del metanodotto oggetto di studio (n° 2) specificandone il nome assegnato, la profondità raggiunta, le coordinate geografiche in UTM 32, la località ed orientativamente il km di tracciato a cui fa riferimento.

**Tab. 2.2/A: Ubicazione delle indagini DPSH**

| Progr. chilometrica | ID. DPSH | Profondità (m) | Finalità                          | Coordinata X-UTM 32N | Coordinata Y-UTM 32N |
|---------------------|----------|----------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1,0                 | DS-B-C01 | 1,4            | parallelismo lungo torrente Gotra | 556936.00            | 4923792.00           |
| 2,4                 | DS-B-C02 | 1,2            | attraversamento torrente Gotra    | 555923.00            | 4922747.00           |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 12 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

L'Allegato 1 riporta le metodologie di indagine e le attrezzature utilizzate per la realizzazione delle due prove sopra citate.

### 2.3 Prove di laboratorio

La seguente tabella (Tab. 2.3/A) riporta i campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso dei carotaggi ed inviati al laboratorio (Laboratorio Geomeccanico - Orazi, Pesaro) e le prove eseguite per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni interessati.

I certificati delle prove di laboratorio, con i risultati ottenuti sono presentati in Allegato 2.

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 13 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

Tab. 2.3/A – Elenco dei campioni prelevati e prove di laboratorio eseguite (piano delle analisi)

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO           |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 | ROCCE  |    |   |   |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----|---|---|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ' <sub>picco</sub><br>° | C'<br>kPa | σ' <sub>1</sub> | σ' <sub>2</sub> | σ' <sub>3</sub> | τ <sub>1</sub> | τ <sub>2</sub> | τ <sub>3</sub> | φ' <sub>residuo</sub><br>° | C' <sub>residuo</sub><br>kPa | τ <sub>r1</sub> | τ <sub>r2</sub> | τ <sub>r3</sub> | P.Load | qu |   |   |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    | % | - |
| DS-B-B01        | CR1            | 2,50       | 2,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B01        | CR2            | 5,70       | 5,90  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B01        | CR3            | 8,40       | 8,60  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B01        | CR4            | 9,75       | 10,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CR1            | 4,20       | 4,40  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CR2            | 6,70       | 7,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CR3            | 9,05       | 9,25  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CR4            | 10,00      | 10,25 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CR5            | 12,55      | 12,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B02        | CL1            | 13,60      | 14,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 | X      |    |   |   |
| DS-B-B02        | CL2            | 14,30      | 14,80 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 | X      |    |   |   |
| DS-B-B03        | CR1            | 9,60       | 10,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B03        | CR2            | 13,75      | 14,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B03        | CR3            | 16,60      | 16,90 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B03        | CI1            | 18,40      | 18,80 | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B03        | CR4            | 22,00      | 22,40 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B03        | CR5            | 24,30      | 24,50 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR1            | 8,00       | 8,40  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              | X                          | X                            | X               | X               |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR2            | 12,50      | 12,90 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              | X                          | X                            | X               | X               |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR3            | 16,00      | 16,28 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR4            | 18,70      | 19,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR5            | 21,30      | 21,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CL1            | 23,00      | 23,40 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 | X      |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR6            | 26,00      | 26,30 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B04        | CR7            | 29,35      | 29,85 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B05        | CR1            | 4,00       | 4,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                          |           |                 |                 |                 |                |                |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B05        | CR2            | 6,45       | 6,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              | X              |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |
| DS-B-B05        | CI1            | 9,10       | 9,55  | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     | X                        | X         | X               | X               | X               | X              | X              |                |                            |                              |                 |                 |                 |        |    |   |   |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 14 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE                |                  |                              | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO                |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | ROCCE            |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|------------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>$\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup> | w <sub>n</sub> % | Peso<br>grani $\gamma_s$ (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | $\phi'$ <sub>picco</sub><br>° | C'<br>kPa | $\sigma'1$ | $\sigma'2$ | $\sigma'3$ | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | $\phi'$ <sub>residuo</sub><br>° | C' <sub>residuo</sub><br>kPa | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                                |                  |                              | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                               |           | kPa        | kPa        | kPa        | kPa     | kPa     | kPa     |                                 |                              | kPa     | kPa     | kPa     | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B05        | CI2            | 12,00      | 12,40 | X                                              | X                |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B05        | CI3            | 14,65      | 15,00 | X                                              | X                |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B06        | CR1            | 3,40       | 3,80  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B06        | CR2            | 6,65       | 7,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B06        | CR3            | 9,50       | 9,90  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B06        | CR4            | 12,45      | 12,80 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B06        | CR5            | 14,45      | 14,80 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B07        | CR1            | 3,50       | 3,70  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B07        | CR2            | 6,45       | 6,75  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             |           | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B07        | CR3            | 9,55       | 9,75  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B07        | CR4            | 12,80      | 13,00 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B07        | CR5            | 14,70      | 15,00 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR1            | 1,00       | 1,25  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       | X                               | X                            | X       | X       | X       |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR2            | 3,50       | 3,80  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       | X                               | X                            | X       | X       | X       |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR3            | 6,10       | 6,50  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR4            | 9,50       | 9,90  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR5            | 12,65      | 13,00 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B7a        | CR6            | 14,00      | 14,25 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B08        | CR1            | 2,35       | 2,65  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 15 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | ROCCE  |                  |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------------------|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'<br>1 | σ'<br>2 | σ'<br>3 | τ <sub>1</sub> | τ <sub>2</sub> | τ <sub>3</sub> | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r1</sub> | τ <sub>r2</sub> | τ <sub>r3</sub> | P.Load | qu               |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa     | kPa     | kPa     | kPa            | kPa            | kPa            |                    |                      |                 | kPa             | kPa             | kPa    | I <sub>s50</sub> |
| DS-B-B09        | CR1            | 3,45       | 3,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR2            | 6,40       | 6,90  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR3            | 7,80       | 8,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR4            | 9,50       | 9,70  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR5            | 12,65      | 13,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR6            | 15,65      | 15,90 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                |           | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR7            | 18,45      | 18,80 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CR8            | 21,25      | 21,55 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CL1            | 24,40      | 24,60 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B09        | CL2            | 29,40      | 29,65 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B10        | CR1            | 3,38       | 3,60  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B10        | CR2            | 5,80       | 6,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B10        | CR3            | 8,50       | 8,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B10        | CR4            | 9,50       | 9,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                |           | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B10        | CR5            | 12,50      | 12,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B11        | CR1            | 3,20       | 3,50  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |
| DS-B-B11        | CR2            | 6,50       | 6,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |
| DS-B-B11        | CL1            | 9,00       | 9,35  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |
| DS-B-B11        | CR3            | 12,30      | 12,60 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B11        | CR4            | 14,20      | 14,50 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B12        | CR1            | 3,10       | 3,35  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |
| DS-B-B12        | CR2            | 6,40       | 6,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |
| DS-B-B12        | CI1            | 9,40       | 9,75  | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B12        | CR3            | 12,55      | 12,85 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B12        | CL1            | 13,50      | 13,70 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |
| DS-B-B12        | CR4            | 14,50      | 14,85 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B13        | CR1            | 2,00       | 2,20  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |
| DS-B-B13        | CR2            | 3,40       | 3,70  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |
| DS-B-B13        | CR3            | 6,70       | 7,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |        |                  |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 16 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | ROCCE            |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'<br>1 | σ'<br>2 | σ'<br>3 | τ <sub>1</sub> | τ <sub>2</sub> | τ <sub>3</sub> | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r1</sub> | τ <sub>r2</sub> | τ <sub>r3</sub> | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa     | kPa     | kPa     | kPa            | kPa            | kPa            |                    |                      | kPa             | kPa             | kPa             | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B13        | CR4            | 9,70       | 10,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B13        | CR5            | 12,50      | 12,75 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B13        | CR6            | 14,80      | 15,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B14        | CR1            | 1,70       | 2,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B14        | CR2            | 3,70       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B14        | CR3            | 7,00       | 7,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B14        | CR4            | 12,50      | 12,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B14        | CR5            | 14,70      | 15,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B15        | CR1            | 3,45       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B15        | CR2            | 6,70       | 7,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B15        | CR3            | 9,60       | 10,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B15        | CR4            | 13,10      | 13,50 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B15        | CR5            | 14,50      | 15,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B16        | CR1            | 4,50       | 4,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B16        | CR2            | 7,00       | 7,45  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B16        | CR3            | 10,00      | 10,40 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B16        | CR4            | 12,70      | 13,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B16        | CR5            | 14,10      | 14,50 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B17        | CL1            | 3,20       | 3,55  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 | X               |                  |     |
| DS-B-B17        | CR1            | 7,00       | 7,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              | X                  | X                    | X               | X               | X               |                  |     |
| DS-B-B17        | CR2            | 8,00       | 8,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B17        | CR3            | 12,40      | 12,80 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B17        | CR4            | 13,30      | 13,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B19        | CR1            | 3,50       | 3,90  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B19        | CR2            | 7,00       | 7,35  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B19        | CR3            | 9,50       | 9,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B19        | CR4            | 12,30      | 12,60 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B19        | CR5            | 14,30      | 14,60 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |
| DS-B-B20        | CR1            | 2,70       | 3,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 17 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | ROCCE            |                  |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'1 | σ'2 | σ'3 | τ1  | τ2  | τ3  | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r</sub> 1 | τ <sub>r</sub> 2 | τ <sub>r</sub> 3 | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa | kPa | kPa | kPa | kPa | kPa |                    |                      | kPa              | kPa              | kPa              | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B20        | CL1            | 9,70       | 10,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B21        | CR1            | 3,70       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B21        | CR2            | 6,25       | 6,50  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B21        | CL1            | 9,55       | 10,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B22        | CR1            | 3,49       | 3,70  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B22        | CR2            | 6,14       | 6,39  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B22        | CR3            | 9,45       | 9,79  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B22        | CL1            | 13,40      | 14,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B23        | CR1            | 4,25       | 4,60  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B23        | CR2            | 6,29       | 6,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B23        | CL1            | 13,60      | 13,90 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B23        | CL2            | 14,00      | 14,35 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B24        | CR1            | 1,20       | 1,40  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B24        | CL1            | 4,40       | 4,60  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B24        | CL2            | 5,80       | 6,00  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B24        | CL3            | 8,05       | 8,55  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B25        | CR1            | 3,70       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B25        | CR2            | 5,60       | 5,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B25        | CL1            | 9,30       | 9,70  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B25        | CR3            | 12,00      | 12,30 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B25        | CR4            | 14,70      | 15,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CI1            | 2,90       | 3,20  | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X                  | X                    | X                | X                |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CI2            | 5,80       | 6,20  | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X                  | X                    | X                | X                |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CR1            | 7,20       | 7,50  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CR2            | 8,80       | 9,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CR3            | 12,15      | 12,35 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CL1            | 14,00      | 14,30 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B26        | CR4            | 17,10      | 17,45 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B26        | CR5            | 19,20      | 19,50 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 18 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | ROCCE            |                  |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'1 | σ'2 | σ'3 | τ1  | τ2  | τ3  | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r</sub> 1 | τ <sub>r</sub> 2 | τ <sub>r</sub> 3 | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa | kPa | kPa | kPa | kPa | kPa |                    |                      | kPa              | kPa              | kPa              | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B27        | CR1            | 2,15       | 2,55  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B27        | CR2            | 4,60       | 5,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B27        | CR3            | 7,00       | 7,50  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B27        | CR4            | 9,50       | 9,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B27        | CR5            | 11,50      | 11,80 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B27        | CL1            | 12,75      | 12,90 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B27        | CR6            | 14,60      | 15,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B28        | CL1            | 2,15       | 2,30  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B28        | CR1            | 2,70       | 3,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B28        | CR2            | 3,65       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X   | X   | X   | X   | X   |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B28        | CR3            | 5,45       | 5,70  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B28        | CR4            | 9,47       | 9,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CR1            | 1,70       | 2,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CR2            | 2,60       | 2,90  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CR3            | 4,80       | 5,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CR4            | 7,00       | 7,25  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CR5            | 8,10       | 8,50  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B29        | CL1            | 11,55      | 11,85 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B30        | CR1            | 2,00       | 2,20  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B30        | CR2            | 3,70       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B30        | CR3            | 5,10       | 5,45  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B30        | CR4            | 7,10       | 7,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B30        | CL1            | 11,10      | 11,40 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B30        | CL2            | 12,00      | 12,15 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |
| DS-B-B31        | CL1            | 26,55      | 26,70 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B31        | CL2            | 33,00      | 33,30 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B31        | CL3            | 34,40      | 34,60 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B31        | CL4            | 35,05      | 35,25 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |
| DS-B-B31        | CL5            | 39,35      | 39,60 |                                        |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |     |     |     |     |     |     |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 19 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE    |                  |                              | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO                |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | ROCCE            |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>$\gamma_n$ Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>grani $\gamma_s$ (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | $\phi'$ <sub>picco</sub><br>° | C'<br>kPa | $\sigma'1$ | $\sigma'2$ | $\sigma'3$ | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | $\phi'$ <sub>residuo</sub><br>° | C' <sub>residuo</sub><br>kPa | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                    |                  |                              | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                               |           | kPa        | kPa        | kPa        | kPa     | kPa     | kPa     |                                 |                              | kPa     | kPa     | kPa     | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B31        | CL6            | 43,40      | 43,90 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B32        | CR1            | 2,00       | 2,20  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B32        | CR2            | 3,75       | 4,00  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B32        | CR3            | 8,70       | 9,00  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B32        | CR4            | 12,80      | 13,00 |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B32        | CL1            | 18,00      | 18,15 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B32        | CR5            | 23,60      | 23,80 |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B32        | CR6            | 25,00      | 25,20 |                                    |                  |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B33        | CR1            | 1,15       | 1,30  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B33        | CR2            | 2,00       | 2,25  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B33        | CR3            | 3,75       | 4,00  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B33        | CR4            | 9,75       | 10,00 |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B33        | CR5            | 13,70      | 14,00 |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B34        | CR1            | 2,40       | 2,60  |                                    |                  |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B34        | CR2            | 3,45       | 3,70  |                                    |                  |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B34        | CR3            | 7,70       | 7,90  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B34        | CR4            | 9,30       | 9,50  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B34        | CR5            | 13,10      | 13,40 |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B35        | CR1            | 6,00       | 6,25  |                                    |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B35        | CL1            | 10,75      | 11,00 |                                    |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B35        | CL2            | 17,40      | 17,70 |                                    |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B35        | CL3            | 20,00      | 20,35 |                                    |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B35        | CL4            | 29,45      | 29,70 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B35        | CL5            | 30,30      | 30,60 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B36        | CL1            | 41,00      | 41,20 |                                    |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B36        | CL2            | 41,75      | 42,00 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B36        | CL3            | 42,60      | 42,85 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B36        | CL4            | 50,00      | 50,20 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |
| DS-B-B36        | CL5            | 53,85      | 54,00 | X                                  |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         | X                |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 20 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     | ROCCE |  |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-------|--|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'<br>1 | σ'<br>2 | σ'<br>3 | τ <sub>1</sub> | τ <sub>2</sub> | τ <sub>3</sub> | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r</sub> 1 | τ <sub>r</sub> 2 | τ <sub>r</sub> 3 | P.Load           | qu  |       |  |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa     | kPa     | kPa     | kPa            | kPa            | kPa            |                    |                      | kPa              | kPa              | kPa              | I <sub>s50</sub> | MPa |       |  |
| DS-B-B36        | CL6            | 56,30      | 56,65 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B36        | CL7            | 59,65      | 60,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B37        | CL1            | 1,85       | 2,00  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B37        | CR1            | 4,80       | 5,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B37        | CL2            | 7,80       | 8,00  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B37        | CL3            | 11,00      | 11,45 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CR1            | 1,70       | 2,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      | X                                   | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CI1            | 3,40       | 3,95  | X                                      | X                | X                               | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      | X                                   | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              | X              |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CR2            | 4,80       | 5,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CR3            | 6,80       | 7,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CR4            | 10,50      | 10,70 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CL1            | 11,00      | 11,15 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B38        | CR5            | 17,60      | 18,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR1            | 1,00       | 1,25  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR2            | 3,50       | 3,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CL1            | 4,60       | 4,80  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR3            | 7,20       | 7,40  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR4            | 9,40       | 9,70  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR5            | 12,40      | 12,60 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CR6            | 16,05      | 16,30 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B39        | CL2            | 18,10      | 18,30 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B40        | CR1            | 1,00       | 1,25  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B40        | CR2            | 3,35       | 3,60  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      | X                                   | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B40        | CR3            | 6,50       | 6,75  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B40        | CL1            | 8,15       | 8,55  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  | X                |                  |     |       |  |
| DS-B-B40        | CR4            | 13,00      | 13,30 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B41        | CR1            | 0,75       | 1,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B41        | CR2            | 3,70       | 4,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |
| DS-B-B41        | CL1            | 7,10       | 7,35  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                  |                  |                  |                  |     |       |  |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 21 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE                |                  |                              | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO                |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | ROCCE   |                  |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|------------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>$\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup> | w <sub>n</sub> % | Peso<br>grani $\gamma_s$ (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | $\phi'$ <sub>picco</sub><br>° | C'<br>kPa | $\sigma'1$ | $\sigma'2$ | $\sigma'3$ | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | $\phi'$ <sub>residuo</sub><br>° | C' <sub>residuo</sub><br>kPa | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | P.Load           | qu  |
|                 |                | m          | m     |                                                |                  |                              | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                               |           | kPa        | kPa        | kPa        | kPa     | kPa     | kPa     |                                 |                              | kPa     | kPa     | kPa     | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B42        | CR1            | 2,70       | 3,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B42        | CL1            | 6,70       | 7,00  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B43        | CL1            | 3,30       | 3,60  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B43        | CL2            | 8,00       | 8,30  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B43        | CL3            | 9,85       | 10,00 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B44        | CR1            | 4,00       | 4,20  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B44        | CL1            | 7,40       | 7,55  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B44        | CR2            | 10,20      | 10,50 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B44        | CL2            | 13,55      | 13,95 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B45        | CR1            | 4,80       | 5,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B45        | CR2            | 6,70       | 7,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B45        | CR3            | 11,00      | 11,20 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B45        | CL1            | 13,60      | 14,00 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B46        | CL1            | 35,80      | 36,00 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B46        | CL2            | 42,10      | 42,30 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B46        | CL3            | 54,85      | 54,95 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B48        | CR1            | 2,55       | 2,75  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B48        | CL1            | 6,55       | 7,00  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B48        | CL2            | 11,60      | 11,75 | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B49        | CL1            | 3,25       | 3,60  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B49        | CL2            | 5,35       | 5,55  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B49        | CL3            | 8,05       | 8,25  | X                                              |                  |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         | X       |                  |     |
| DS-B-B50        | CR1            | 3,30       | 3,75  |                                                |                  |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B50        | CI1            | 6,40       | 6,60  |                                                | X                |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B50        | CR2            | 10,60      | 10,80 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B50        | CR3            | 14,60      | 14,80 |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B51        | CR1            | 3,55       | 4,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B51        | CR2            | 7,80       | 8,00  |                                                |                  |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                               |           |            |            |            |         |         |         |                                 |                              |         |         |         |                  |     |
| DS-B-B51        | CI1            | 10,20      | 10,60 | X                                              | X                |                              | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     | X                             | X         | X          | X          | X          | X       | X       | X       |                                 |                              |         |         |         |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 22 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE        |                  |                                 | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA                          | TAGLIO DIRETTO   |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 | ROCCE           |        |                  |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|-------------------------------------|------------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------------------|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>γ <sub>n</sub> Mg/m³ | w <sub>n</sub> % | Peso<br>graniγ <sub>s</sub> (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | E <sub>ed</sub> (100-<br>200kPa)MPa | φ'<br>picco<br>° | C'<br>kPa | σ'<br>1 | σ'<br>2 | σ'<br>3 | τ <sub>1</sub> | τ <sub>2</sub> | τ <sub>3</sub> | φ'<br>residuo<br>° | C'<br>residuo<br>kPa | τ <sub>r1</sub> | τ <sub>r2</sub> | τ <sub>r3</sub> | P.Load | qu               |     |
|                 |                | m          | m     |                                        |                  |                                 | %                      | -  |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                                     |                  |           | kPa     | kPa     | kPa     | kPa            | kPa            | kPa            |                    |                      |                 | kPa             | kPa             | kPa    | I <sub>s50</sub> | MPa |
| DS-B-B51        | CI2            | 13,40      | 13,70 | X                                      | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B52        | CI1            | 3,20       | 3,45  |                                        | X                |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     | X                | X         | X       | X       | X       | X              | X              |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B52        | CL1            | 7,60       | 7,95  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL2            | 11,60      | 12,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL3            | 15,30      | 15,60 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL4            | 19,00      | 19,30 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL5            | 23,30      | 23,65 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL6            | 29,00      | 29,50 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B52        | CL7            | 32,40      | 32,60 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B53        | CR1            | 3,40       | 3,60  |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B53        | CL1            | 8,25       | 8,50  | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B53        | CL2            | 12,75      | 13,00 | X                                      |                  |                                 |                        |    |                                 |        |      |         |       |      |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 | X      |                  |     |
| DS-B-B54        | CR1            | 4,00       | 4,20  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B54        | CR2            | 7,70       | 8,00  |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B54        | CR3            | 9,80       | 10,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B54        | CR4            | 16,50      | 16,80 |                                        |                  |                                 | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B55        | CR1            | 3,30       | 3,60  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B55        | CR2            | 6,00       | 6,20  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B55        | CR3            | 8,00       | 8,20  |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B55        | CR4            | 13,00      | 13,20 |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B55        | CR5            | 15,80      | 16,00 |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR1            | 2,60       | 2,80  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR2            | 7,00       | 7,20  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR3            | 10,50      | 10,70 |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR4            | 13,65      | 13,85 |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR5            | 16,00      | 16,20 |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B56        | CR6            | 18,80      | 19,00 |                                        |                  |                                 |                        |    | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B57        | CR1            | 4,00       | 4,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |
| DS-B-B57        | CR2            | 8,10       | 8,30  |                                        |                  |                                 | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                                     |                  |           |         |         |         |                |                |                |                    |                      |                 |                 |                 |        |                  |     |

|                                                                                   |                                                                                                                         |                      |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA<br>                         | COMMESSA<br>NR/20045 | UNITÀ<br>000 |
|                                                                                   | LOCALITÀ<br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | REL-GEO-E-13024      |              |
|                                                                                   | PROGETTO/IMPIANTO<br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 23 di 35         | Rev.<br>0    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID<br>Sondaggio | ID<br>Campione | Profondità |       | CARATTERISTICHE<br>VOLUMETRICHE    |         |                              | LIMITI DI<br>ATTERBERG |    | CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE |        |      |         |       |      | ELL | TXUU | EDOMETRICA               | TAGLIO DIRETTO    |          |            |            |            |         |         |         |                     |                    |         |         |         | ROCCE  |     |     |
|-----------------|----------------|------------|-------|------------------------------------|---------|------------------------------|------------------------|----|---------------------------------|--------|------|---------|-------|------|-----|------|--------------------------|-------------------|----------|------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|-----|-----|
|                 |                | da         | a     | Peso<br>volume<br>$\gamma_n$ Mg/m³ | $w_n$ % | Peso<br>grani $\gamma_s$ (-) | LL                     | IP | Ghiaia                          | Sabbia | Limo | Argilla | %#200 | USCS | qu  | cu   | $E_{ed(100-200kPa)}$ MPa | $\phi'_{picco}$ ° | $C'$ kPa | $\sigma'1$ | $\sigma'2$ | $\sigma'3$ | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | $\phi'_{residuo}$ ° | $C'_{residuo}$ kPa | $\tau1$ | $\tau2$ | $\tau3$ | P.Load | qu  |     |
|                 |                | m          | m     |                                    |         |                              |                        |    |                                 |        |      |         |       |      | kPa | kPa  |                          |                   |          | kPa        | kPa        | kPa        | kPa     | kPa     | kPa     |                     |                    | kPa     | kPa     | kPa     | kPa    | kPa | kPa |
| DS-B-B57        | CR3            | 11,20      | 11,35 |                                    |         |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                          |                   |          |            |            |            |         |         |         |                     |                    |         |         |         |        |     |     |
| DS-B-B57        | CR4            | 14,45      | 14,65 |                                    |         |                              | X                      | X  | X                               | X      |      |         | X     | X    |     |      |                          |                   |          |            |            |            |         |         |         |                     |                    |         |         |         |        |     |     |
| DS-B-B58        | CI1            | 3,40       | 3,90  | X                                  | X       | X                            | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      | X                        | X                 | X        | X          | X          | X          | X       | X       |         |                     |                    |         |         |         |        |     |     |
| DS-B-B58        | CI2            | 8,75       | 9,00  | X                                  | X       | X                            | X                      | X  |                                 |        |      |         | X     | X    | X   |      | X                        | X                 | X        | X          | X          | X          | X       | X       |         |                     |                    |         |         |         |        |     |     |

Legenda sigle prove di laboratorio:

- TX: Prova triassiale UU
- EDO: Prova edometrica
- TD: Prova di taglio diretto (\*campione ricostituito)
- ELL: Prova di espansione laterale libera
- PLT Point Load Test
- qu Compressione Monoassiale (rocce)

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 24 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

## 2.4 Indagini geomeccaniche

Dove è stato possibile, in contesti di cresta, crinale e roccia esposta, sono state realizzate, unitamente al rilevamento geologico e geomorfologico, indagini geomeccaniche che hanno permesso la classificazione degli ammassi rocciosi.

### 2.4.1 Classificazione degli ammassi rocciosi

#### Classificazione RMR

È stata applicata la classificazione RMR di Bieniawski nelle due formulazioni: RMR di base (RMRb), basata sulla valutazione di 5 parametri (resistenza alla compressione monoassiale, RQD, spaziatura e condizioni di alterazione delle discontinuità, condizioni idrauliche) e RMR corretta (RMRc), che tiene conto anche dell'orientamento delle discontinuità rispetto alla direzione dei fronti di scavo. Ottenuti i coefficienti numerici dei singoli parametri si calcola la somma e si ottengono i valori di RMRb e RMRc. RMRb consente una stima della qualità dell'ammasso roccioso e delle sue caratteristiche di resistenza, applicando le equazioni suggerite da Bieniawski, generalmente considerate come conservative:

$$c \text{ (kPa)} = 5 \text{ RMRb}$$

$$\varphi \text{ (}^\circ\text{)} = 5 + (0.5 \text{ RMRb})$$

In cui  $c$  è la coesione dell'ammasso roccioso,  $\varphi$  l'angolo d'attrito. Per il calcolo del valore di RMRc si è tenuto conto, per le formazioni flyschoidi, dell'orientazione della stratificazione rispetto alla direzione di avanzamento.

Una stima della deformabilità dell'ammasso roccioso è stata calcolata con la relazione di Frolid e Lunardi (1994) elaborata per le formazioni marnoso-argillose appenniniche:

$$E = 0.0013 \text{ RMRb}^{4.129}$$

basata sul valore di RMRb della classificazione di Bieniawski.

I valori del parametro relativo alla resistenza alla compressione monoassiale sono stati stimati sulla base dei dati ricavati dalle misure sclerometriche eseguite in sito, applicando le correlazioni di Irfan e Dearman e del National Japanese Council (Bruschi, 2004).

Il valore di RQD è stato calcolato mediante la relazione empirica proposta da Paelstrom (2005):

$$\text{RQD} = 110 - 2.5J_v$$

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 25 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

con  $J_v$  somma del numero di discontinuità per metro cubo di roccia, calcolato secondo le indicazioni di ISRM (2007).

I parametri relativi alla spaziatura, alle condizioni di alterazione delle discontinuità e alle condizioni idrauliche sono stati stimati direttamente in base ai risultati del rilievo geomeccanico. Si è tenuto conto, secondo le indicazioni di Bieniawski stesso, dei valori tipici (sovente i valori della superficie più significativa, nel caso delle litologie flyschoidi la stratificazione o la scistosità) e non dei peggiori valori attribuiti ai parametri di base.

C. Rock mass classes determined from total ratings

| Rating      | 100 ← 81       | 80 ← 61   | 60 ← 41   | 40 ← 21   | < 20           |
|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| Class No.   | I              | II        | III       | IV        | V              |
| Description | Very good rock | Good rock | Fair rock | Poor rock | Very poor rock |

D. Meaning of rock mass classes

| Class No                        | I                      | II                    | III                 | IV                      | V                       |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Average stand-up time           | 10 years for 15 m span | 6 months for 8 m span | 1 week for 5 m span | 10 hours for 2,5 m span | 30 minutes for 1 m span |
| Cohesion of the rock mass       | > 400 kPa              | 300 - 400 kPa         | 200 - 300 kPa       | 100 - 200 kPa           | < 100 kPa               |
| Friction angle of the rock mass | < 45°                  | 35° - 45°             | 25° - 35°           | 15° - 25°               | < 15°                   |

**Fig. 2.4/A: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo Bieniawski (1989)**

#### Indice di qualità del NGI

L'indice di qualità degli ammassi rocciosi del NGI (Norwegian Geotechnical Institute), chiamato sistema Q (Barton et al., 1974), si ottiene dalla valutazione di sei parametri di base ( $RQD$ ,  $J_r$  che tiene conto della rugosità della superficie di discontinuità,  $J_w$  che dipende dalle condizioni idrauliche,  $J_n$  che dipende dal numero di sistemi di discontinuità,  $J_a$  che dipende dal grado di alterazione delle discontinuità,  $SRF$ , funzione dello stato tensionale e del disturbo tettonico).

$J_r$  e  $J_a$  si riferiscono alle condizioni del meno favorevole dei diversi sistemi di discontinuità rilevati.

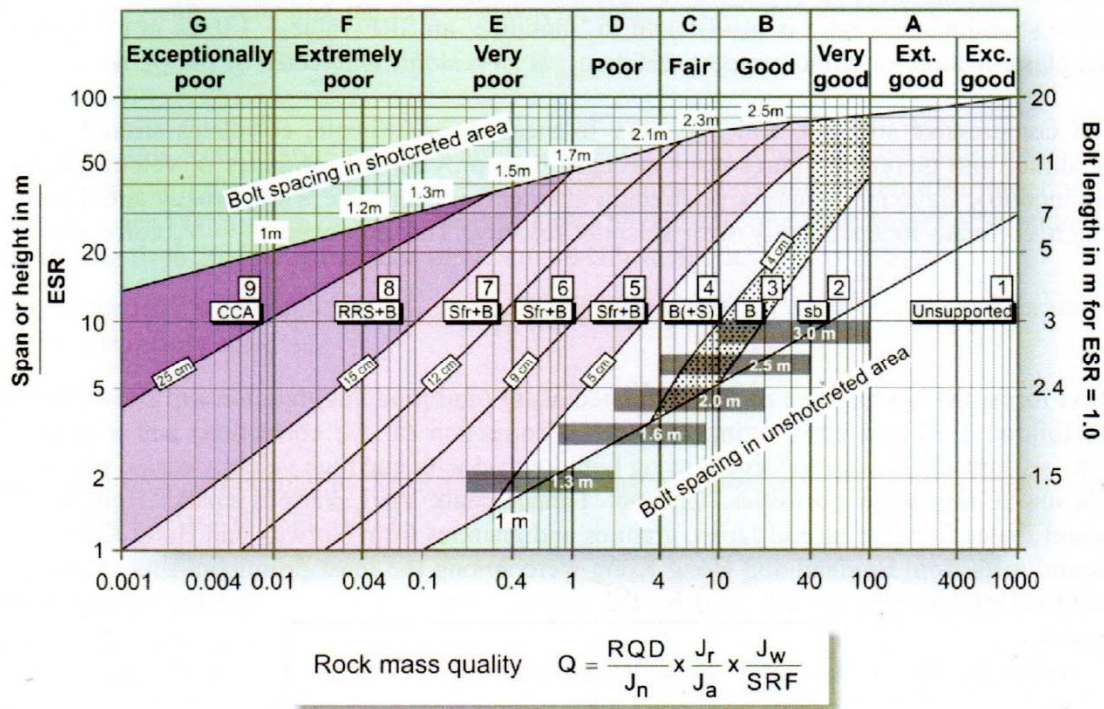
L'indice Q è ottenuto applicando l'espressione di Barton riportata di seguito:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

L'intervallo dei valori di Q (0.001 – 1000) è suddiviso in nove classi di qualità dell'ammasso roccioso, che sono messe in relazione da Barton con le dimensioni massime di un cavo stabile senza l'impiego di interventi di sostegno e con le opere di rinforzo e sostegno previste per la costruzione permanente.

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 26 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024



**Fig. 2.4/B: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo l'NGI di Barton (1989)**

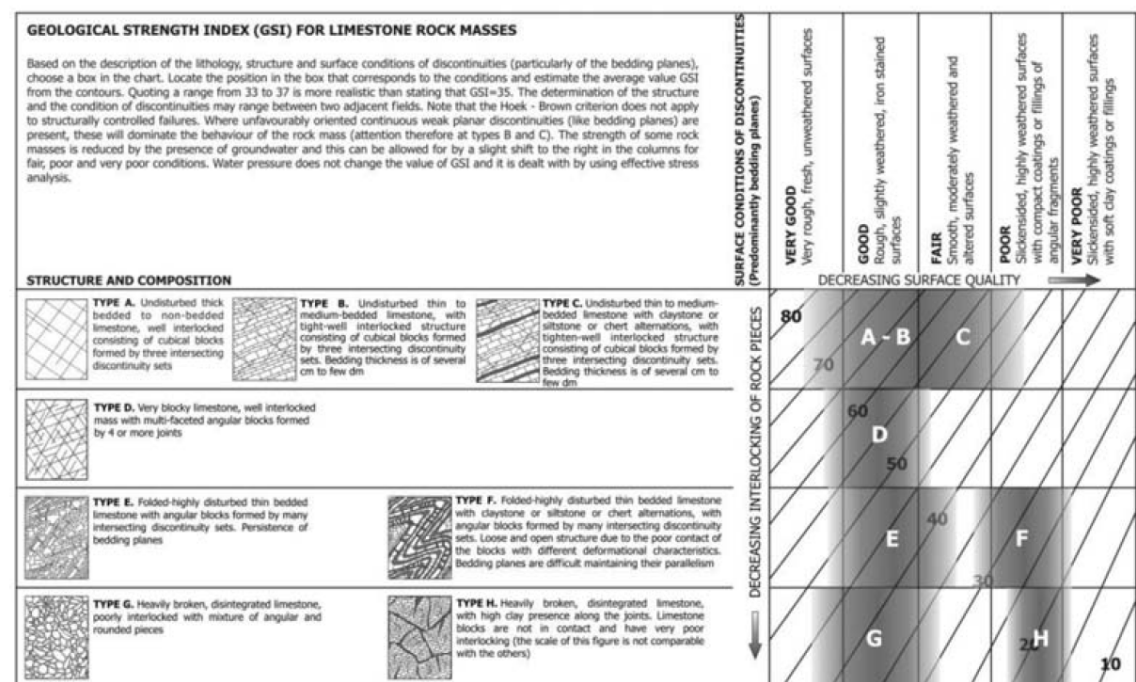
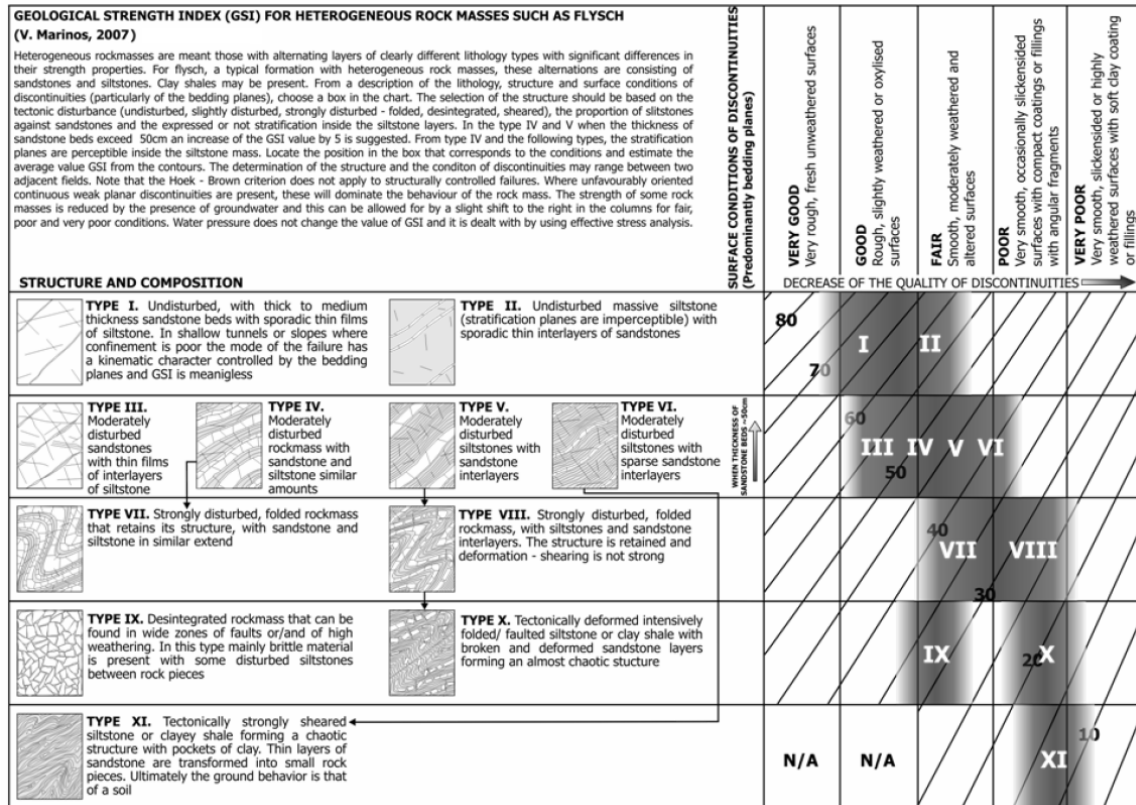
### Classificazione GSI

Il GSI (Geological Strength Index – GSI, Marinos and Hoek [2005]) è un sistema di classificazione degli ammassi rocciosi, funzione dei parametri geologico-strutturali e del grado di alterazione e rugosità dei sistemi di discontinuità, utilizzabile anche nel caso delle formazioni complesse, caratterizzate da significative eterogeneità litologico-strutturali, che consente anche una valutazione numerica dei parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi. Esistono diverse tabelle per la valutazione del GSI. Di seguito sono riportate quelle relative alle rocce flyschoidi ed alle rocce carbonatiche.

I parametri di resistenza dell'ammasso roccioso possono essere determinati, definite le condizioni al contorno (spessore della copertura del tunnel) e le condizioni di disturbo dell'ammasso roccioso (dipendenti dal metodo di scavo), con l'ausilio del software RocLab di Rocscience Inc. (Toronto, Canada), che applica le equazioni di Hoek, impiegando i valori dell'indice GSI, della resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta  $\sigma_c$  e di  $m_i$  (parametro dipendente dalle caratteristiche litologiche). Questi ultimi due parametri possono essere definiti utilizzando delle tabelle di valutazione di Hoek fornite dal software stesso. Per le motivazioni anzidette (variabilità delle condizioni di carico e di disturbo) nelle tabelle che riassumono i valori dei diversi parametri geomeccanici di base (GSI,  $\sigma_c$ , e  $m_i$ ) non sono stati riportati i valori di resistenza dell'ammasso roccioso.

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 27 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024



**Fig. 2.4/C: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo il GSI, nella versione di Marinos (2017)**

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 28 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

La caratterizzazione degli ammassi rocciosi è stata realizzata in corrispondenza di alcune opere trenchless. I risultati di tale caratterizzazione sono illustrati nelle schede contenute nella relazione di riferimento "Schede trenchless" - MI-TRH-E-13038).

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 29 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

### 3 INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE

Così come avvenuto per le indagini dirette, i punti di investigazione e gli stendimenti sono stati definiti sulla base dei dati riguardanti il territorio disponibili in letteratura e dei sopralluoghi realizzati.

In particolare, sono state eseguite indagini MASW per la caratterizzazione delle categorie di sottosuolo, indagini geoelettriche e sismiche per la definizione della stratigrafia delle aree interessate dai lavori (Allegato 3).

Le indagini geognostiche indirette sono state eseguite:

- in corrispondenza delle opere trenchless per definire la stratigrafia lungo il profilo di perforazione e valutarne il livello di criticità;
- in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante allo scopo di ottimizzare il tracciato e definire gli interventi di mitigazione da adottare;
- in corrispondenza degli impianti di linea.

In totale, nell'ambito della campagna geognostica programmata per il presente progetto (Rif. PG-TPSO-D-13206), sono state eseguite:

- n. 22 indagini MASW;
- n. 27 stendimenti per indagini di sismica a rifrazione;
- n. 27 stendimenti per indagini geoelettriche (ERT).

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 30 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

### 3.1 Indagini MASW

In accordo alle nuove norme NTC 2018, la caratterizzazione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ). Per tale motivo, sono state eseguite una serie di prove indirette di tipo MASW (n° 22 indagini).

L'indagine consiste nella realizzazione di una sezione sismica a 24 canali che consente la determinazione delle  $V_{s,eq}$  nell'area in oggetto e la definizione dell'assetto sismo-stratigrafico del sito.

Il sistema MASW misura le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione le misure permettono di determinare il profilo verticale delle  $V_{s,eq}$  che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S entro i metri considerati. Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 24 geofoni posti a distanza di 3.0 m o 2.0 m (in relazione alle condizioni logistiche del sito), con frequenza 4,5 Hz, per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde, e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati. La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 10 kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione.

I risultati della prova consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede varie fasi di lavoro tra cui il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) e l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  da cui si risale al modello e alla classificazione del modello di suolo.

La tabella seguente (3.1/A) illustra il dettaglio delle indagini MASW realizzate, la profondità alla quale si individua il substrato con  $V_s$  maggiore di 800m/s e la categoria del sottosuolo secondo la normativa.

**Tab. 3.1/A: Elenco delle indagini MASW eseguite**

| ID MASW  | Prof. Substrato (m) con $V_s \geq 800$ m/s |     | Categoria | Coordinate inizio UTM |            | Coordinate fine UTM |            | Progressive km (indicative) |
|----------|--------------------------------------------|-----|-----------|-----------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------------|
|          |                                            |     |           | E                     | N          | E                   | N          |                             |
| DS-B-M01 | 30                                         | 529 | B         | 557696.19             | 4924385.29 | 557656.89           | 4924409.07 | 0                           |
| DS-B-M02 | VS 30                                      | 420 | B         | 557310.85             | 4924213.92 | 557285.60           | 4924176.71 | 0,5                         |
| DS-B-M03 | VS 30                                      | 431 | B         | 555950.03             | 4922743.72 | 555935.53           | 4922700.04 | 2,5                         |
| DS-B-M04 | VS 25                                      | 499 | B         | 550540.74             | 4920000.11 | 550526.61           | 4920043.36 | 9,3                         |
| DS-B-M05 | VS 30                                      | 473 | B         | 550189.07             | 4918955.77 | 550144.13           | 4918952.58 | 10,5                        |
| DS-B-M06 | VS 6.6                                     | 425 | B         | 550070.07             | 4918569.77 | 550111.82           | 4918550.34 | 11                          |
| DS-B-M07 | VS 6                                       | 381 | B         | 550360.43             | 4917268.83 | 550336.33           | 4917230.01 | 12,9                        |
| DS-B-M08 | VS 18,3                                    | 462 | B         | 549258.04             | 4916614.35 | 549286.93           | 4916576.93 | 14                          |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 31 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| ID MASW  | Prof. Substrato (m) con $V_s \geq 800$ m/s |     | Categoria | Coordinate inizio UTM |            | Coordinate fine UTM |            | Progressive km (indicative) |
|----------|--------------------------------------------|-----|-----------|-----------------------|------------|---------------------|------------|-----------------------------|
|          |                                            |     |           | E                     | N          | E                   | N          |                             |
| DS-B-M09 | VS 7                                       | 501 | B         | 548958,21             | 4915101,34 | 548922,75           | 4915069,00 | 15,9                        |
| DS-B-M10 | VS 16.5                                    | 499 | B         | 548618,99             | 4913654,68 | 548613,99           | 4913609,22 | 17,3                        |
| DS-B-M11 | VS 30                                      | 538 | B         | 547923,13             | 4911459,25 | 547901,70           | 4911416,33 | 20,1                        |
| DS-B-M12 | VS 30                                      | 550 | B         | 547728,01             | 4910716,24 | 547682,00           | 4910723,50 | 20,9                        |
| DS-B-M13 | VS 12.6                                    | 415 | B         | 547361,68             | 4910670,03 | 547374,60           | 4910716,24 | 21,5                        |
| DS-B-M14 | VS 11.8                                    | 491 | B         | 546916,04             | 4910538,36 | 546875,72           | 4910563,47 | 22                          |
| DS-B-M15 | VS 7                                       | 389 | B         | 545882,03             | 4908692,60 | 545875,00           | 4908645,00 | 24,2                        |
| DS-B-M16 | VS 4                                       | 670 | B         | 545877,00             | 4908089,00 | 545848,00           | 4908049,00 | 24,9                        |
| DS-B-M17 | VS 8.2                                     | 680 | B         | 544315,04             | 4905459,32 | 544319,08           | 4905507,26 | 28,2                        |
| DS-B-M18 | VS 1                                       | 688 | A         | 542800,34             | 4904648,91 | 542784,44           | 4904603,40 | 30,2                        |
| DS-B-M19 | VS 12.4                                    | 444 | B         | 541994,01             | 4903692,35 | 541957,16           | 4903657,91 | 31,7                        |
| DS-B-M20 | VS 30                                      | 493 | B         | 537396,98             | 4902347,58 | 537352,57           | 4902334,78 | /                           |
| DS-B-M21 | VS 31                                      | 389 | B         | 536517,35             | 4902352,23 | 536474,85           | 4902336,48 | /                           |
| DS-B-M22 | VS 10                                      | 285 | E         | 534155,72             | 4901702,25 | 534168,13           | 4901746,04 | /                           |

I diagrammi di rappresentazione e i report di dettaglio sono illustrati nell'Allegato 3.

### 3.2 Indagini sismiche a rifrazione e indagini geoelettriche

#### Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde P, rifratte in corrispondenza di una serie di geofoni disposti secondo allineamenti con interasse tra i geofoni e lunghezza totale degli stendimenti, in funzione della profondità d'indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità dei vari rifrattori presenti e permette di determinare la velocità degli stessi.

Gli stendimenti sismici utilizzano sismografi a 24 o 48 canali con l'ausilio di sensori geofonici opportunamente spazati tra di loro, dai quali si ricavano indicazioni sui caratteri elasto-dinamici dell'ammasso e, quindi, sugli aspetti geomeccanici degli orizzonti sismostratigrafici presenti.

#### Indagine geoelettrica

La metodologia di indagine consiste nella determinazione della resistenza elettrica specifica (resistività) dei terreni presenti nel sottosuolo, per mezzo di particolari dispositivi di acquisizione dati che permettono l'interpretazione dei risultati delle misure in termini di stratigrafia del sottosuolo stesso o l'individuazione di discontinuità laterali.

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 32 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

L'interpretazione geologica dei risultati geofisici non può essere univoca; valori di resistività simili, infatti, possono afferire a litologie differenti, ma la conoscenza del contesto geologico locale e l'interpolazione con le stratigrafie acquisite attraverso i sondaggi porta a ridurre al minimo tale possibilità di errore.

L'esecuzione delle misure di resistività avviene attraverso vari dispositivi, tutti con 4 elettrodi infissi nel terreno: attraverso 2 di questi, infissi in posizioni note, si invia una corrente elettrica nel sottosuolo mentre con gli altri 2 si determina il gradiente di potenziale che si instaura tra 2 punti, in altrettante posizioni note, durante la circolazione di corrente nel terreno.

Dalle misure con il dispositivo Polo-Dipolo o con altri dispositivi quali il Dipolo-Dipolo, si ottengono files di dati che permettono la successiva elaborazione tomografica e ricostruzione di sezioni che rappresentano la distribuzione della resistività nel sottosuolo. L'elaborazione dei dati di questo tipo di indagine è finalizzata alla rappresentazione dei risultati in forma di sezione del sottosuolo (Tomografie Elettriche) mediante linee isovalore che suggeriscono la posizione e l'andamento delle discontinuità geologiche.

La tabella seguente 3.2/A elenca le indagini svolte, il loro posizionamento e la finalità per cui sono state eseguite, mentre i risultati con le ricostruzioni dei profili che derivano dalla loro interpretazione sono riportati nell'Allegato 3.

**Tab. 3.2/A: Elenco delle indagini sismiche a rifrazione e geoelettriche eseguite**

| #ID         | UTM Coord Inizio (E) | UTM Coord Inizio (N) | UTM Coord Fine (E) | UTM Coord Fine (N) | Finalità           |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| DS-B-R/E01  | 556461,42            | 4923227,19           | 556006,37          | 4922782,78         | MT Le Moie         |
| DS-B-R/E01A | 555828,52            | 4922675,57           | 555522,29          | 4922500,66         | MT Le Moie         |
| DS-B-R7E01B | 555743,40            | 4922555,86           | 555668,40          | 4922656,86         | MT Le Moie         |
| DS-B-R/E01C | 555647,22            | 4922500,90           | 555588,22          | 4922606,90         | MT Le Moie         |
| DS-B-R/E03  | 550518,30            | 4920020,01           | 550433,05          | 4919947,35         | Area PAI           |
| DS-B-R/E04  | 550347,63            | 4919647,83           | 550315,75          | 4919543,24         | Area PAI           |
| DS-B-R/E05  | 550275,62            | 4919380,74           | 550247,14          | 4919276,45         | Area PAI           |
| DSB-R/E06   | 550291,92            | 4918399,35           | 550572,43          | 4918434,18         | MT Eolo            |
| DS-B-R/E07  | 548664,72            | 4914317,98           | 548637,20          | 4914085,35         | MT I Fieschi       |
| DS-B-R/E07a | 548709,68            | 4914120,86           | 548595,42          | 4914117,75         | MT I Fieschi       |
| DS-B-R/E08A | 547349,88            | 4910711,18           | 547245,91          | 4910666,66         | MT Cembrano        |
| DS-B-R/E08B | 547197,11            | 4910651,46           | 546928,30          | 4910561,59         | MT Cembrano        |
| DS-B-R/E09  | 546865,07            | 4910542,90           | 546104,59          | 4909206,34         | MT San Pietro Vara |
| DS-B-R/E10  | 546138,83            | 4909137,20           | 545983,84          | 4908820,75         | MT Torza           |
| DS-B-R/E11  | 545891,34            | 4907873,40           | 545898,86          | 4907442,32         | MT Meghi           |
| DS-B-R/E12  | 545897,57            | 4907407,79           | 545334,28          | 4906152,16         | MT Merciaio        |
| DS-B-R/E13  | 545331,37            | 4906174,47           | 544316,18          | 4905383,31         | MT Tavarone        |
| DS-B-R/E14  | 542480,12            | 4904225,18           | 542369,19          | 4904202,67         | Area PAI           |
| DS-B-R/E15  | 542412,65            | 4904146,11           | 542401,70          | 4904251,38         | Area PAI           |
| DS-B-R/E16  | 541439,36            | 4903522,74           | 541272,52          | 4903357,29         | Area PAI           |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 33 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

| #ID         | UTM Coord Inizio (E) | UTM Coord Inizio (N) | UTM Coord Fine (E) | UTM Coord Fine (N) | Finalità  |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| DS-B-R/E17  | 541360,00            | 4903373,00           | 541301,61          | 4903463,45         | Area PAI  |
| DS-B-R/E18A | 539818,95            | 4902731,32           | 539597,59          | 4902734,85         | RB Casali |
| DS-B-R/E18B | 539542,55            | 4902646,29           | 539546,00          | 4902759,53         | RB Casali |
| DS-B-R/E18C | 539601,26            | 4902656,71           | 539577,42          | 4902763,70         | RB Casali |
| DS-B-R/E22  | 552894,95            | 4921460,31           | 552666,57          | 4921727,62         | Area PAI  |
| DS-B-R/E23  | 552906,07            | 4921540,11           | 552799,02          | 4921500,28         | Area PAI  |
| DS-B-R/E24  | 552774,66            | 4921680,45           | 552674,92          | 4921626,68         | Area PAI  |

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 34 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

#### 4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione elenca tutte le indagini che sono state realizzate ai fini della conoscenza approfondita dell'area interessata dal progetto denominato "Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar e opere connesse" ().

Le indagini sono state realizzate attraverso campagne geognostiche e geofisiche che sono iniziate nell'ultima settimana del mese di Marzo 2022 e sono terminate il 25 Novembre 2022, con arrivo dell'ultima parte dei campioni in laboratorio geotecnico (Orazi, Pesaro) in data 30 Novembre 2022.

In particolare, le indagini geognostiche dirette (sondaggi) e indirette (profili di sismica a rifrazione e indagini MASW) sono state eseguite:

- in corrispondenza degli attraversamenti dei maggiori corsi d'acqua;
- in corrispondenza delle opere trenchless;
- in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante o in aree censite nei Piani di Assetto Idrogeologico;
- in corrispondenza delle opere di sostegno e/o di prevenzione in c.a talvolta realizzate con fondazioni profonde (palificate) che sono state previste al termine della prima fase di verifica di fattibilità del progetto.

Alla luce di quanto sopra sono stati realizzati:

- n° 57 sondaggi a carotaggio continuo;
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n° 27 prospezioni di sismica a rifrazione;
- n° 27 prospezioni di geoelettrica;
- n° 22 indagini MASW.

I risultati ottenuti con le indagini eseguite e con le analisi di laboratorio, sono raccolti ed allegati alla presente relazione e costituiscono un elemento indispensabile per l'elaborazione di tutte le relazioni e gli elaborati di progetto che necessitano delle informazioni geotecniche in essa contenute.

Nell'ambito di ciascuna relazione, sarà definito il modello geotecnico del sottosuolo, con identificazione del volume significativo e degli specifici parametri geotecnici ad esso associati, dedotti dall'interpretazione delle prove di laboratorio e dalle misure in sito (Rif. NTC18 – §6.2.2).

Da un punto di vista litologico, il tracciato di progetto, nella prima parte in partenza dalla trappola di Albareto, attraversa depositi alluvionali del torrente Gotra, fatta eccezione per la località le Moie in cui la linea attraversa e supera l'abitato in sotterraneo.

Dopo l'attraversamento del torrente Arcina in sotterraneo in località Codogno, la linea in progetto percorre ancora la valle dell'Arcina e attraversa depositi alluvionali e detritici di versante, sino ad incontrare litologie calcareo-argillose sui versanti (Argille e calcari di Canetolo), interessati in parte da corpi di frane quiescenti.

In prossimità del crinale del passo Cento Croci la linea attraversa litologie prettamente calcaree (Flysch di Ottone) e di nuovo argilloso-calcaree-arenacee (Argille e calcari di Canetolo e Arenarie di Ponte Bratica) in contatto per sovrascorrimento.

|                                                                                   |                                                                                                                                |                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br>                         | <b>COMMESSA</b><br><b>NR/20045</b> | <b>UNITÀ</b><br><b>000</b> |
|                                                                                   | <b>LOCALITÀ</b><br>Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria                                                                    | <b>REL-GEO-E-13024</b>             |                            |
|                                                                                   | <b>PROGETTO/IMPIANTO</b><br>Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante<br>DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse | Fg. 35 di 35                       | <b>Rev.</b><br><b>0</b>    |

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83024

Successivamente il tracciato di progetto, in stretto parallelismo con la linea in dismissione, segue il crinale della dorsale Monte del Laghetto – I Groppini – Monte Tanano – Costa Meeia in cui si alternano litologie calcaree (Flysch di Ottone) e argillose (Complesso di Monte Veri) che si alternano più volte lungo il tracciato a causa di complessi rapporti stratigrafici di eteropia di facies.

Qualche centinaio di metri a Nord del Monte Tanano, la linea di progetto attraversa il contatto con le Liguridi Interne, rappresentate dall'unità Colli-Tavarone, definita da litologie marnoso-argillose.

Da Costa Meeia il tracciato scende lungo la massima pendenza verso il fondovalle e nuovamente attraversa depositi alluvionali del fiume Vara. Dopo tale attraversamento e fino alle valli del torrente Borsa e del torrente Torza, la linea attraversa depositi scistosi e argillitici (Formazione di Tavarone). Seguono i depositi alluvionali della valle del torrente Torza, dopodiché il tracciato di progetto entra in sotterraneo, percorrendo la base del versante destro della valle all'interno di litologie argillitiche e calcaree prevalenti (Argille a palombini) e in minor misura argillitici e siltitici (Scisti zonati).

Risalito il versante destro della valletta lungo Costa Fascette, la linea segue successivamente per un tratto di oltre 5 km il crinale della dorsale Monte Fascette – Monte Bastia - Il Poggio – Monte Tassea – Monte Frascati. Lungo questo tratto affiorano principalmente depositi argillitici-calcarei (Argille a palombini).

Nell'ultima parte del tracciato, la linea attraversa depositi conglomeratici cementati (Brecce di Monte Zenone) e poi rocce basaltiche. Il tratto finale del tracciato, che si raccorda con la linea esistente nella valle del rio Frascaiese, attraversa nuovamente depositi conglomeratici (Brecce di Monte Zenone) e poi litologie argillitiche-calcaree (Argille a palombini).