

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 1 di 98	Rev. 1

METANODOTTO SESTRI LEVANTE - RECCO

DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse

Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica

Annexo A

Relazione Geologica

e

Indagini Geognostiche

1	Emissione per Integrazioni SIA	Mencucci	Guidotti	Guiducci	mag. '20
0	Emissione	Mencucci	Guidotti	Guiducci	mag. '19
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 2 di 98	Rev. 1

INDICE

1	PREMESSA	5
	1.1 Scopo dell'opera	5
	1.2 Documentazione di riferimento	7
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	8
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	10
	3.1 Premessa	10
	3.2 Inquadramento geologico	10
	3.3 Assetto strutturale	12
	3.4 Inquadramento geomorfologico	15
	3.5 Assetto litologico-morfologico lungo le linee di progetto	16
	3.5.1 Metanodotto Sestri levante – Recco DN400 (16")	16
	3.5.2 Collegamento a Derivazione per Sestri Levante DN250 (10")	18
	3.5.3 Variante nuovo stacco AMGA e Calcinara d'Uscio DN 200 (8")	18
	3.5.4 Collegamento IMP di sori a derivazione Recco e Italgas Sori DN 400 (16")	18
	3.5.5 Sistema esclusione e By Pass Impianto (I.S.)	18
	3.6 Assetto litologico-morfologico lungo le linee in dismissione	18
	3.6.1 Dismissione Sestri Levante	18
	3.6.2 Dismissione variante nuovo stacco Calcinara DIN 200 (8")	19
	3.7 Suddivisione dei tracciati per caratteristiche orografiche	20
	3.8 Suddivisione dei tracciati per litologia e scavabilità	22
	3.9 Rappresentazione cartografica	23
	3.9.1 Depositi continentali quaternari	23
	3.9.2 Dominio Ligure interno	24
	3.9.3 Dominio Ligure esterno (?)	28
	3.9.4 Elementi geomorfologici	28
4	IDROGRAFIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE	29
	4.1 Idrologia superficiale	29

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 3 di 98	Rev. 1

4.1.1	Bacino del torrente Petronio	29
4.1.2	Bacino del torrente Gromolo	30
4.1.3	Bacino del fiume Entella	30
4.1.4	Bacino del torrente Lavagna	31
4.1.5	Bacino del torrente Bisagno	31
4.1.6	Caratteristiche idrografiche lungo il tracciato del metanodotto	32
4.2	Idrogeologia	34
4.2.1	Complessi idrogeologici	34
4.2.2	Acquiferi	34
4.2.3	Complessi idrogeologici di tipo aquitardo	36
4.2.4	Rappresentazione cartografica delle caratteristiche idrogeologiche	36
4.2.5	Potenziati interferenze del tracciato di progetto con i punti d'acqua	38
4.2.6	Stima di massima della soggiacenza della superficie piezometrica lungo i tracciati di progetto	39
4.3	Interferenze dei tracciati con aree a rischio idraulico	42
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	47
5.1	Caratterizzazione della sismicità (zone sismiche ZS9, database DISS, database ITHACA)	47
6	INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)	54
6.1	Indicazioni metodologiche per la definizione delle classi di suscettività al dissesto	55
6.2	Esame delle interferenze	58
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE	64
7.1	Sondaggi geognostici	64
7.2	Prelievo di campioni	68
7.2.1	Analisi di laboratorio	71
7.2.2	Risultati	71
7.3	Rilievi geomeccanici	77
7.3.1	Rilevamento	77
7.3.2	Classificazione degli ammassi rocciosi	79
7.3.2.1	Classificazione RMR	79

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 4 di 98	Rev. 1

7.3.2.2	Indice di qualità del NGI	80
7.3.2.3	Classificazione GSI	81
8	INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRECTE	84
8.1	Premessa alle indagini geofisiche	84
8.2	Prove sismiche attive di superficie (MASW)	88
8.2.1	Strumentazione utilizzata e metodologia esecutiva	88
8.2.2	Metodologia interpretativa	88
8.2.3	Risultati delle prove MASW	89
8.3	Indagini sismiche e geoelettriche (SIS/ERT)	91
8.3.1	Premessa	91
8.3.2	Strumentazione utilizzata e finalità delle prospezioni	93
9	CONCLUSIONI	95
10	BIBLIOGRAFIA	98

INDICE DEGLI ALLEGATI

- ALLEGATO 1:** LB-D-83209 “GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA”, scala 1:10000
- ALLEGATO 2:** LB-D-83217 “CARTA IDROGEOLOGICA”, scala 1:10000
- ALLEGATO 3:** LB-D-83220 “Indagini Geognostiche”, scala 1:10000
- ALLEGATO 4:** Indagini Geognostiche Dirette, Sondaggi (Sezione 1 - Rapporto tecnico CAM e Sezione 2 - Rapporto tecnico TECHNOSOIL)
- ALLEGATO 5:** indagini Geognostiche Dirette, Analisi geomeccaniche e rilievi strutturali
- ALLEGATO 6:** Indagini Geognostiche Indirette, Analisi MASW
- ALLEGATO 7:** Indagini Geognostiche Indirette, Analisi di tomografia elettrica 2D e sismica 2D (Sezione 1 - Rapporto tecnico GEORES e Sezione 2 - Rapporto tecnico GEORISORSE)
- ALLEGATO 8:** Risultati delle prove di laboratorio geotecnico

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 5 di 98	Rev. 1

Il presente documento viene emesso in revisione 1 riportando con **carattere blu le modifiche apportate.**

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica costituisce uno specifico annesso al progetto denominato “Metanodotto Sestri Levante – Recco DN 400, DP 75 bar ed opere connesse” che prevede come principale intervento, la realizzazione della linea di diametro DN 400 (16”) nel territorio della Regione Liguria interessando la sola Provincia di Genova (ora Città Metropolitana di Genova) nei Comuni di Casarza Ligure, Sestri Levante, Ne, Mezzanego, Carasco, San Colombano Certenoli, Leivi, Coreglia Ligure, Cicagna, Tribogna, Uscio, Lumarzo, Sori e Pieve Ligure (Dis. LB-B-83200).

Dopo una breve descrizione dell’opera in progetto (Capitolo 2), si fornisce una descrizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell’area (Capitolo 3), un inquadramento dell’ambiente idrico con richiami sia all’idrologia superficiale che all’idrogeologia (Capitolo 4 di questo documento e SPC-LA-E-83018) e una caratterizzazione sismica dell’area (Capitolo 5 di questo documento e SPC-LA-E-83017).

Il Capitolo 6 è dedicato all’esame delle interferenze con le aree a rischio idrogeologico (aree ad elevata suscettività al dissesto dei versanti, censite nei diversi piani di bacino di competenza dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria) (SPC-LA-E-83019).

I Capitoli 7 e 8, infine, elencano e riassumono le indagini geognostiche espletate; in particolare il Capitolo 7 descrive le indagini geognostiche dirette (sondaggi e rilievi geomeccanici) (Allegati 4 e 5), il Capitolo 8 è relativo alle indagini geognostiche indirette (stendimenti di tomografia elettrica e sismica e prove MASW) (Allegati 6 e 7).

1.1 Scopo dell’opera

Snam Rete Gas opera sulla propria rete il servizio di trasporto del gas naturale, per conto degli utilizzatori del sistema, in un contesto regolamentato dalle direttive europee (da ultimo la Direttiva 2009/73/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 luglio 2009 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale), dalla legislazione nazionale (Decreto Legislativo 164/00, legge n° 239/04 e relativo decreto applicativo del Ministero delle Attività Produttive del 28/4/2006, Decreto Legislativo 93/11) e dalle delibere dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (Arera).

Snam Rete Gas provvede a programmare e realizzare le opere necessarie per il mantenimento dei metanodotti e degli impianti esistenti al fine di assicurare il servizio di trasporto attraverso un sistema sicuro, efficiente ed in linea con le moderne tecnologie costruttive.

L’area del levante Ligure compresa tra Genova e Sestri Levante è alimentata dalle seguenti infrastrutture, verso Genova provenienti dal Piemonte: i gasdotti Alessandria – Genova e Potenziamento Gavi – Pietralavezzara, mentre verso Sestri Levante dal gasdotto proveniente dall’Emilia-Romagna, la derivazione per Sestri Levante alimentata dal gasdotto Pontremoli – Parma. Tutte le utenze industriali e tutti i Comuni metanizzati comprese tra queste due località prelevano gas dalle suddette strutture.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 6 di 98	Rev. 1

L'eventuale interruzione o anche solo la riduzione della capacità di trasporto dei gasdotti in parola provoca rilevanti impatti sulle utenze civili ed industriali collegate. Sulla base di tale scenario sono state ricercate soluzioni per aumentare il livello di resilienza del sistema dei gasdotti dell'area del levante ligure e si è individuata la possibilità di collegare le infrastrutture esistenti con un nuovo gasdotto da Sestri Levante a Recco così da interconnettere le due reti aumentando di conseguenza la garanzia della continuità dell'esercizio.

Il nuovo gasdotto SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400 (16"), andrà ad inserirsi nella Rete di Trasporto Regionale dei gasdotti con una lunghezza pari a 50,0 km. Grazie all'impiego delle moderne tecniche realizzative si potranno superare aree dell'appennino ligure sensibili sotto l'aspetto idrogeologico, consentendo con maggior efficienza, sia la salvaguardia dell'ambiente sia la sicurezza del trasporto.

Il nuovo metanodotto contribuirà in modo sostanziale ad accrescere la flessibilità nell'esercizio del sistema di trasporto di gas naturale di tutta l'area genovese, in quanto interesserà anche opere connesse legate ad allacciamenti e derivazioni ad esso collegati.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 7 di 98	Rev. 1

1.2 Documentazione di riferimento

La presente relazione cita, e si riferisce per approfondimenti, alle seguenti relazioni annesse al Progetto di fattibilità tecnica ed economica SPC_LA-E-83009 rev. 0:

- LB-D-83018 [rev. 1](#) ANNESSO B – Relazione Idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti
- LB-D-83019 [rev. 1](#) ANNESSO C – Interferenze dell'opera con le aree di suscettività al dissesto

e ai seguenti elaborati grafici allegati allo Studio di Impatto Ambientale SPC LA-E-83010 rev. 0:

- LB-D-83201 [rev. 1](#) TRACCIATO DI PROGETTO scala 1:10.000
- LB-D-83209 [rev. 1](#) GEOLOGIA e GEOMORFOLOGIA (*) scala 1:10.000
- LB-D-83217 [rev. 1](#) CARTA IDROGEOLOGICA (**) scala 1:10.000
- LB-D-83218 [rev. 1](#) PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) scala 1:10.000
- LB-D-83220 [rev. 1](#) INDAGINI GEOGNOSTICHE (***) scala 1:10.000

(*): questo elaborato è allegato anche alla presente relazione come Allegato 1

(**): questo elaborato è allegato anche alla presente relazione come Allegato 2

(***): questo elaborato è allegato anche alla presente relazione come Allegato 3

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 8 di 98	Rev. 1

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in progetto, denominata "Metanodotto Sestri Levante – Recco DN 400, DP75 bar ed opere connesse" è costituita da una linea principale con partenza dall'area di lancio e ricevimento "pig", posta nel territorio comunale di Casarza Ligure (GE) e arrivo nell'area impiantistica in progetto nel comune di Sori (GE). L'area impiantistica posta nel tratto terminale del metanodotto sarà costituita da una stazione di lancio e ricevimento "pig" e da un impianto di riduzione della pressione HPRS, inserito per ridurre la pressione a 24 bar con cui operano il Met. Derivazione per Recco e Italgas Sori DN 400 e il Met. All. AMGA Calcinara D'Uscio DN 200, ai quali la linea in progetto si dovrà collegare per mezzo di due nuove condotte DN 400 e DN 200. Sul Metanodotto esistente Der. Recco e Italgas Sori DN 400 (16") verrà ricollegato il PIDI DN 400 ubicato in Comune di Pieve Ligure (GE).

Di seguito si riporta l'elenco completo delle linee in progetto e dei tratti in dismissione, con le principali caratteristiche, i comuni attraversati e l'indicazione delle tavole in cui sono rappresentati i rispettivi tracciati negli elaborati cartografici in scala 1:10.000, prodotti in allegato al presente Studio (vedi Tab. 2/A e 2/B).

Il metanodotto prevede poi la realizzazione dei necessari impianti di linea (n. 1 PIDI e n. 5 PIL) con spaziatura entro i 10 km (punto 2.3 D.M. 17.04.2008) (vedi Tab. 2.1/C).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 9 di 98	Rev. 1

Tab. 2/A: metanodotti in progetto

Denominazione metanodotti	Diametro	Pressione (bar)	Lunghezza (km)	Comuni (Città Metropolitana di Genova)	Tavole elaborati cartografici
Metanodotto Sestri Levante – Recco	DN 400 (16")	75	48,200	Casarza Ligure, Sestri Levante, Ne, Mezzanego, Carasco, San Colombano Certenoli, Leivi, Coreglia Ligure, Cicagna, Tribogna, Uscio, Lumarzo, Sori	1÷13
Collegamento a Derivazione per Sestri Levante	DN 250 (10")	75	0,060	Casarza Ligure	14
Variante nuovo stacco AMGA Calcinara	DN 200 (8")	24	0,075	Sori	15
Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori	DN 400 (16")	24	1,935	Sori, Pieve Ligure	16
Sistema esclusione e by-pass impianto (IS)			0,335	Sori	17

Tab. 2/B: metanodotti in dismissione

Denominazione metanodotti	Diametro	Pressione (bar)	Lunghezza (km)	Comuni (Città Metropolitana di Genova)	Tavole elaborati cartografici
Metanodotto Derivazione per Sestri Levante	DN 400/250 (16/10")	70	1,070	Casarza Ligure	1A
Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara	DN 200 (8")	24	1,830	Pieve Ligure, Sori	2A

Tab. 2/C: Riepilogo e posizione impianti e punti di linea

Progr. (km)	Comune	Località	Impianto
0,000	Casarza Ligure	Casarza Ligure	Stazione di lancio e ricevimento PIG
0,900	Casarza Ligure	Villa Ricci	PIDI n. 1
9,780	Sestri Levante	Corghetto	PIL n. 2
16,975	Ne	San Vincenzo	PIL n. 3
22,635	Carasco	Piano dei Molini	PIL n. 4
30,730	Coreglia Ligure	Piano di Coreglia	PIL n. 5
38,660	Tribogna	Monticelli	PIL n. 6
48,200	Sori	Osteria del Becco	Trappola di arrivo con HPRS

Tab. 2/D: Impianto IS - Sistema esclusione e by-pass impianto (IS)

Progr. (km)	Comune	Località	Impianto
0,335	Sori	Osteria del Becco	Impianto (IS)

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 10 di 98	Rev. 1

3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

3.1 Premessa

La carta geologico-geomorfologica (Dis. LB-D-83209) è stata redatta sulla base della cartografia dei fogli CARG a scala 1.50.000, 232 – Sestri Levante e 214 – Bargagli. Nelle aree dove non è disponibile la cartografia CARG, si è utilizzata la Carta Geologica Regionale (CGR) alla scala 1:25.000 (fogli n. 231.1 e 231.4 Chiavari - Recco).

Relativamente all'analisi della pericolosità e del rischio connessi con la dinamica dei versanti sono stati considerati i documenti cartografici disponibili, in particolare le tavole della franosità reale e quelle tratte dalle relazioni generali dei Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità Regionale della Liguria relativi agli ambiti 17 (bacini del Petronio e del Gromolo), 16 (bacini del Graveglia e dello Sturla) e dei torrenti Lavagna e Bisagno.

La descrizione di carattere generale dell'assetto geologico-geomorfologico fa riferimento principalmente alle note illustrative dei fogli CARG 232 e 214 (Bortolotti V. et al., 2014, Elter P., Marroni M., Pandolfi L., 2012).

Altri lavori e pubblicazioni di argomento geologico consultati per l'elaborazione del rapporto sono riportati in bibliografia.

3.2 Inquadramento geologico

Il tracciato del metanodotto attraversa unità geologiche appartenenti al settore sommitale dell'edificio strutturale dell'Appennino Settentrionale, costituito nell'area di studio fondamentalmente dal Dominio Ligure interno.

In particolare, gran parte delle formazioni affioranti appartengono al Supergruppo del Vara, fatta eccezione per la formazione di Monte Antola (*fan*), la cui attribuzione al Dominio Ligure interno è incerta, perché, pur essendo collocata tettonicamente al di sopra delle Unità Liguri Interne, dal punto di vista stratigrafico la successione ha forti analogie con le sequenze del Dominio Ligure Esterno.

Il Supergruppo del Vara è costituito da un basamento formato da relitti di litosfera oceanica di età giurassica, di composizione gabbro-peridotitica, sul quale poggia una successione vulcano-sedimentaria costituita da colate basaltiche e da corpi di brecce, poste sia a letto che a tetto dei basalti (Complesso vulcano-sedimentario di Bargonasco). Seguono formazioni pelagiche di ambiente oceanico a composizione siliceo-calcareo (Diaspri di Monte Alpe - *dsa*, Calcari a Calpionelle - *ccf* e Argille a Palombini - *apa*), a loro volta ricoperte da una potente successione di formazioni torbiditiche calcareo-arenacee (Gruppo degli Scisti della Val Lavagna - *szo*, Arenarie del Gottero - *got*). Le Argilliti di Giaiette (*ggt*) e la formazione di Monte Lavagnola (*flv*) rappresentano i depositi di chiusura delle successioni torbiditiche delle Liguridi interne. Gli acronimi indicati in corsivo fanno riferimento alla legenda ufficiale delle Note Illustrative dei fogli CARG sopra citati presente nella carta geologico-geomorfologica (Dis. LB-D-83209).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 11 di 98	Rev. 1

Nelle serpentiniti, i relitti delle paragenesi metamorfiche delle originarie peridotiti (Iherzoliti a spinello-plagioclasio) e la foliazione composizionale ad esse associata, indicano che il basamento ofiolitico è il prodotto di processi di risalita da zone profonde del mantello. I gabbri intrusi nelle peridotiti furono verosimilmente messi in posto durante un evento di fusione parziale delle ultramafiti del mantello all'interno di camere magmatiche di ambiente oceanico.

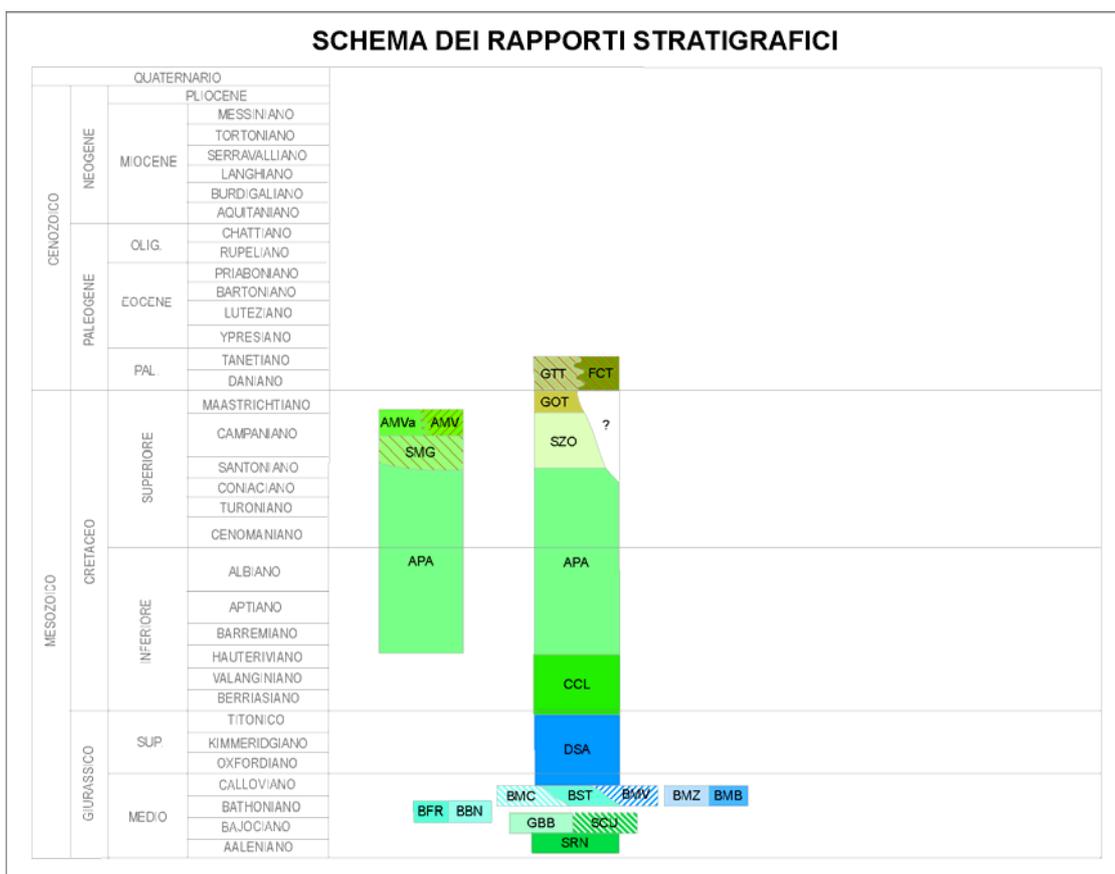


Fig. 3.2/A Schema stratigrafico delle Liguridi interne (tratto e modificato dal foglio CARG 232 - Sestri Levante). Le sigle in figura corrispondono a quelle della carta geologica

La copertura vulcano – sedimentaria del basamento ofiolitico è caratterizzata da successioni spesso ridotte o incomplete. Nelle sequenze ridotte mancano o hanno spessori minimi le brecce e le colate basaltiche; nei casi estremi sul basamento gabbro – peridotitico poggiano direttamente le Argille a Palombini. Al di sopra delle Argille a Palombini il Supergruppo del Vara comprende diverse unità litostratigrafiche di età Cretaceo-Paleocenica, tutte di natura torbiditica, che, limitatamente al settore di interesse, sono rappresentate, dal basso verso l'alto della serie, dal Gruppo degli Scisti della Val Lavagna (o Gruppo del Lavagna, comprendente Scisti Mangesiferi, Ardesie di Monte Verzi, Scisti Zonati) e dalle Arenarie di Monte Gottero. Relazioni di parziale eteropia esistono tuttavia all'interno del Gruppo degli Scisti della Val Lavagna, tra gli

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 12 di 98	Rev. 1

Scisti Manganesiferi e le Argille a Palombini e tra gli Scisti Zonati e le Arenarie del Gottero.

La Formazione del Monte Antola (*fan*) fa parte dell'unità tettonica Antola; il Supergruppo del Vara è suddiviso in tre unità tettoniche principali, che, con riferimento al settore orientale (foglio CARG Sestri Levante), sono denominate unità Lavagna, unità Gottero e unità Bracco – Val Graveglia. Marginalmente è presente anche l'unità Portello, rappresentata dalla Formazione di Monte Lavagnola.

Per quanto riguarda le coperture quaternarie, i depositi alluvionali raggiungono un'estensione significativa solamente nel fondovalle dei torrenti Lavagna e Sturla, dove sono presenti anche depositi alluvionali terrazzati, sospesi sul livello attuale a non più di una decina di metri.

Fenomeni gravitativi legati alla dinamica dei versanti sono diffusi a carico delle formazioni in cui predomina la componente argillosa (Argille a Palombini, Gruppo del Lavagna). Tra i corpi più estesi situati in prossimità del tracciato si possono citare la paleofrana di Garbarini e quella di Prato Casarile, entrambe situate in val Lavagna.

Coltri eluvio-colluviali di modesto spessore sono molto frequenti nei versanti con substrato prevalentemente argillitico, mentre depositi di versante più grossolani sono diffusi nelle aree di affioramento delle formazioni a predominanza arenacea o delle rocce ofiolitiche.

3.3 Assetto strutturale

Le fasi tettoniche più antiche del basamento ofiolitico sono legate alla dinamica che ha portato le rocce del mantello, formato da peridotiti e gabbri, ad affiorare sul fondale oceanico. A tali fasi si fanno risalire la formazione di fasce milonitiche, che interessano sia gabbri che peridotiti, di superfici di faglia ad alto angolo rispetto ai contatti litologici, cui è associato un metamorfismo oceanico di alta temperatura e bassa pressione, e la formazione di brecce tettoniche a matrice carbonatica (oficalciti), in regime distensivo-trascorrente.

Le fasi tettoniche successive, a carattere compressivo, che riguardano sia il basamento ofiolitico sia l'intera copertura sedimentaria, e che portano alla sovrapposizione delle diverse unità tettoniche, appartengono all'orogenesi appenninica.

Nelle Argille a Palombini, nel Gruppo del Lavagna e nelle Arenarie del Monte Gottero è riconosciuta una prima fase deformativa isoclinale o sub-isoclinale, associata ad anchimetamorfismo e ad una scistosità di piano assiale, molto diffusa e pervasiva in particolare nei litotipi marnoso-argillitici. Una struttura a grande scala legata alla prima fase è la sinclinale del Monte Ramaceto, marginalmente attraversata dal tracciato nella dorsale del Santuario di S. Martino. Durante la prima fase, in particolare nell'unità del Gottero, si sviluppano vene estensionali, generalmente sub-perpendicolari alla stratificazione, con direzione sub-parallela agli assi delle pieghe.

Per contro la seconda fase plicativa, con assi di direzione NNO-SSE e vergenza ENE, produce le grandi pieghe, da rovesciate a coricate, che in parte evolvono nei *thrust* che

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 13 di 98	Rev. 1

separano le diverse unità tettoniche liguri, ed ha quindi i maggiori effetti a scala regionale.

Nell'unità del Gottero è osservabile una terza fase plicativa, caratterizzata da pieghe aperte di tipo cilindrico, con piani assiali sub-verticali, di orientazione circa N-S.

All'interno dell'unità dell'Antola sono state riconosciute due fasi deformative principali, che si differenziano dal quadro precedentemente descritto. La prima fase è caratterizzata da pieghe da aperte a chiuse con dimensioni da metriche a chilometriche, con piani assiali debolmente inclinati, assi distribuiti tra le direzioni NNE e ENE con immersione sia SO che NE; la vergenza è verso NE. Una seconda fase è caratterizzata da pieghe concentriche, aperte, a piano assiale subverticale di orientazione circa N-S ed associate a sistemi di frattura sub-verticali.

A scala regionale l'assetto strutturale è caratterizzato principalmente dalla sovrapposizione di quattro unità tettoniche principali, caratterizzate da generale vergenza verso Est. Procedendo dal basso verso l'alto geometrico, nel Foglio CARG Sestri Levante l'unità inferiore è rappresentata dall'unità Bracco - Val Graveglia, cui si sovrappongono l'unità Gottero, e sopra di questa l'unità Lavagna. Nel Foglio CARG Bargagli alle unità Gottero e Lavagna corrispondono le sotto-unità, rispettivamente Ramaceto e Capenardo, considerate le due unità di rango inferiore in cui è suddivisa l'unità Gottero.

L'unità tettonica Antola, costituita esclusivamente dalla Formazione del Monte Antola, rappresenta l'elemento geometrico superiore, posto al di sopra dell'unità Capenardo-Lavagna.

L'unità Bracco - Val Graveglia è formata dal basamento ofiolitico e dalle coperture sedimentarie pelagiche ed emipelagiche, fino alle Argille a Palombini. È suddivisa in tre sotto-unità, una sola delle quali interessa il tracciato, la sotto-unità tettonica Val Graveglia. L'unità tettonica Gottero (o sotto-unità Ramaceto) e l'unità Lavagna (o sotto-unità Capenardo) comprendono la porzione superiore del Supergruppo del Vara (dalle Argille a Palombini alle Argilliti di Giaiette) e affiorano estesamente nella parte centrale del tracciato, nelle valli Lavagna, Sturla e Graveglia.

Pertanto è all'interno delle Argille a Palombini che si situa la superficie di scollamento che separa il Supergruppo del Vara nell'unità strutturalmente inferiore Bracco - Val Graveglia e nelle due unità superiori Gottero e Lavagna.

Le strutture plicative più importanti a scala regionale, che riguardano sia l'unità Gottero che l'unità Bracco - Val Graveglia, sono grandi pieghe rovesciate o coricate con assi NNO-SSE e vergenza appenninica (verso ENE) che in parte evolvono nei *thrust* che delimitano le diverse unità e sotto-unità tettoniche.

Nella sotto-unità Graveglia è parzialmente conservato il fianco inverso di una grande anticlinale coricata con cerniera lungo l'allineamento Monte Pu - Monte Alpe - Monte Porcile e nucleo nelle serpentiniti del M. Bocco. L'unità Gottero ricopre tutte e tre le sotto-unità dell'unità Bracco - Val Graveglia, già strutturate; tale sovrascorrimento rappresenta quindi un evento traslativo tardivo.

Nell'unità Gottero la struttura più importante è la sinclinale del Monte Ramaceto, con nucleo nelle Argilliti di Giaiette e fianchi nelle Arenarie del Monte Gottero, estesa per oltre 20 km e parzialmente attraversata dal tracciato nella dorsale del Santuario di San

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 14 di 98	Rev. 1

Martino. Si tratta di una struttura polifasata, prodotto dell'interferenza di due fasi coassiali, in cui una grande piega di prima fase, con piano assiale subverticale, è ripiegata da pieghe di seconda fase con piano assiale sub-orizzontale ed ortogonale a quello di prima fase.

Nel versante destro dell'alta e media Val Lavagna, tra Lumarzo e Tribogna, una sinclinale, con nucleo nelle Ardesie di Monte Verzi e fianchi negli scisti manganesiferi, riferibile alla seconda fase deformativa, è addossata ad una anticlinale con nucleo in Argille a Palombini affiorante in sponda sinistra.



Fig. 3.3/A Schema strutturale dell'Appennino Settentrionale. In rosso l'area percorsa dal tracciato di progetto. (tratto e modificato da Elter, 1994)

L'unità Antola sovrascorre lungo la dorsale del M. Cornua e nei pressi di Salto e Chiesa sugli Scisti Manganesiferi e sulle Ardesie di Monte Verzi dell'unità Gottero. La sequenza calcareo-marnosa è deformata da pieghe asimmetriche, di scala da metrica a chilometrica, con senso di rovesciamento verso i quadranti nord-orientali.

Nel settore occidentale sono presenti faglie trascorrenti, sia destre che sinistre, che tagliano i contatti tra le varie unità tettoniche, con orientazioni molto disperse (N60°-110°E e N160°-20°E).

La tettonica distensiva che segue le fasi compressive più importanti produce sistemi di faglie ad orientazione N-S e NW-SE, formando una serie di modesti *horst* e *graben* sulle strutture deformative precedenti.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 15 di 98	Rev. 1

3.4 Inquadramento geomorfologico

Il settore orientale del tracciato, che attraversa principalmente le torbiditi arenacee, le formazioni ofiolitiche e la loro copertura siliceo-calcareo di ambiente pelagico, è caratterizzato da una morfologia controllata marcatamente dalla litologia, con un rilievo aspro, formato da rocce ofiolitiche, diaspri e calcari, che raggiunge le quote più elevate, e valli profondamente incise, generalmente impostate in corrispondenza delle litologie a maggiore erodibilità (Argille a Palombini, torbiditi del Gruppo del Lavagna). Nel complesso i versanti hanno pendenze relativamente alte, prevalentemente comprese tra 35% e 50%, che caratterizzano un rilievo ad elevata energia (vedi relazione SPC LA-E-83019).

L'elevata energia del rilievo, quando associata a condizioni geologico-strutturali sfavorevoli, innesca fenomeni di instabilità, più numerosi ed importanti soprattutto nel settore NE del bacino del Graveglia. Nel rilievo del M. Chiappozzo, i depositi franosi sono frequenti nei Calcari a Calpionelle, nel Monte Zatta i fenomeni di instabilità riguardano le arenarie del Gottero, mentre nella dorsale del M. Bocco i corpi di frana più estesi appartengono alle serpentiniti.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, i bacini del Graveglia e del Petronio mostrano un netto controllo strutturale. Il reticolo idrografico del Graveglia è impostato lungo direttrici NO-SE e NE-SO ed è caratterizzato da tributari di sponda destra molto più sviluppati di quelli di sponda sinistra; il reticolo ha nel complesso una geometria di tipo angolare. Condizioni di marcata erosione prevalgono nel settore montano (meandri incassati nel basamento ofiolitico nelle forre di Lagoscuro e di Pian di Fieno); depositi alluvionali di estensione significativa sono presenti a valle della confluenza del Graveglia con l'affluente Garibaldo.

Il bacino del torrente Petronio è ugualmente caratterizzato da una marcata asimmetria, con i tributari di destra più sviluppati di quelli di sponda sinistra. Il reticolo ha una geometria di tipo dendritico ma legata in prevalenza a direttrici SO-NE.

I settori occidentale e centrale del tracciato sono situati sul versante destro della Val Lavagna, impostato soprattutto sulle formazioni torbiditiche arenaceo-pelitiche. L'andamento del corso del Lavagna, orientato secondo una direzione ONO-ESE, è attribuibile al controllo esercitato da una fase tettonica distensiva.

Brancucci *et al.* (1988) riconoscono nei rilievi sommitali della val Fontanabuona i relitti di una originaria superficie di peneplano (*glacis* d'erosione), di età Plio-Pleistocenica, e nei versanti della valle quattro ordini di terrazzi, definiti in massima parte su base morfologica, data la scarsità dei depositi alluvionali associati. Sui lembi residui di tali superfici terrazzate sono sovente situati insediamenti antropici. Ai terrazzi più alti, del I e del II ordine, sospesi sul fondovalle attuale con dislivelli che variano da 70 m a 200 m, sorgono gli abitati di Cassanesi, Garbarini, Serra e Canivella.

Anche la val Lavagna è caratterizzata da una netta asimmetria tra i due versanti: il versante sinistro è più esteso arealmente, ha un reticolo di drenaggio maggiormente sviluppato e la quota della linea di spartiacque è generalmente più elevata; per contro il versante destro è caratterizzato da un reticolo meno organizzato e più breve, con sottobacini di modesta superficie e minore acclività complessiva. Mentre nel versante sinistro il rilievo supera frequentemente la quota di 1000 m s.l.m. (e raggiunge circa 1300 m s.l.m. nel M. Dente, circa 1200 m s.l.m. con il M. Pagliaro), nel versante destro lo spartiacque si situa intorno a quote di 600-700 m s.l.m. e supera solo raramente gli 800 m s.l.m. (M. Becco).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 16 di 98	Rev. 1

3.5 Assetto litologico-morfologico lungo le linee di progetto

3.5.1 Metanodotto Sestri levante – Recco DN400 (16”)

Come illustrato nel disegno LB-D-83209 (Geologia e Geomorfologia), dalla Stazione di lancio e ricevimento PIG di Casarza Ligure, situata in località Battilana, nei pressi della S.P. 523, il tracciato percorre per oltre un chilometro il fondovalle del torrente Petronio, occupato da depositi alluvionali, fatta eccezione per l'attraversamento, con il *microtunnel* Pezze, del rilievo collinare che in sponda sinistra delimita un'ampia ansa del Petronio. Il rilievo è costituito da serpentiniti. In località Rocce il tracciato abbandona la piana alluvionale per risalire il versante destro della valle del Petronio. Le rocce ofiolitiche dell'unità Bracco - Graveglia formano interamente i rilievi di questo settore della val Petronio e della valle del Gromolo, che il tracciato attraversa in successione esclusivamente lungo linee di crinale. La linea di progetto percorre inizialmente con il *raise borer* Rocce, in direzione circa N-S, la dorsale Monte della Mora – Monte Ciazze, costituita da serpentiniti e, nel settore centrale, da basalti. Intorno alla progressiva KP 5, il tracciato, giunto sul crinale della dorsale del Monte Incisa, segue lo spartiacque con il bacino del Gromolo, procedendo verso Ovest fino alla cima del Monte Bomba e successivamente, seguendo in direzione NO-SE la dorsale di Boeno Alto, attraversa il torrente Gromolo e risale il crinale della Costa di Pezzoni, fino al Monte Pezzoni ed allo spartiacque con il bacino del Graveglia. I rilievi sono formati in prevalenza da serpentiniti; i basalti formano i versanti occidentali del M. Incisa, le Breccie di Case Boeno affiorano invece nella dorsale di Boeno Alto. Lungo il crinale dello spartiacque Gromolo – Graveglia, che viene percorso in direzione Ovest, il tracciato attraversa gabbri e serpentiniti cumulitiche e, abbandonate le sequenze ofiolitiche, entra nella copertura sedimentaria dell'unità del Gottero. Seguendo il crinale che dallo spartiacque Gromolo - Graveglia passa per il Colle del Chiappa e scende a Frisolino, sul fondovalle del Graveglia, il tracciato attraversa la successione stratigrafica dell'unità del Gottero, formata dalle Argille a Palombini, dagli Scisti Zonati, dalle Arenarie del Monte Gottero e dalle Argilliti di Giaiette. Il tratto finale della discesa sul fondovalle del Graveglia sarà eseguito in sotterraneo con il *raise borer* Frisolino all'interno delle Arenarie del Gottero.

Attraversato il torrente Graveglia il tracciato risale il versante destro della valle seguendo una serie di crinali secondari che delimitano in direzione circa N-S alcuni tributari minori del Graveglia, il cui substrato è formato da Scisti Zonati e da Arenarie del Monte Gottero, fino alla cima del M. Acuto.

Il tratto successivo percorre, sempre lungo linee di crinale, con andamento NNO-SSE, dapprima il versante sinistro della valle del torrente Garibaldo, affluente del Graveglia e poi, attraversato il corso d'acqua, risale il versante destro dapprima con il *raise borer* Chiesanuova e successivamente a cielo aperto.

I versanti sono interamente costituiti dalla successione degli Scisti Zonati. In prossimità della cima del M. Lungo, sullo spartiacque Graveglia - Sturla, il tracciato muta direzione e segue verso OSO il crinale della dorsale Monte dei Preti – Monte Carnella. Al Monte dei Preti sugli Scisti Zonati poggia la potente successione torbiditica delle Arenarie del Monte Gottero. In questo tratto il tracciato attraversa a cielo aperto il limite tra gli Scisti Zonati e le Arenarie del Gottero, e percorre successivamente per diversi chilometri, seguendo linee di crinale con andamento dapprima ENE-OSO, poi NO-SE ed infine E-O, rilievi formati da sequenze torbiditiche delle Arenarie del Gottero, fino al fondovalle

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 17 di 98	Rev. 1

del torrente Sturla. Il tratto finale della discesa sul fondovalle sarà eseguito in sotterraneo con il *raise borer* La Crocetta 2, sempre all'interno delle Arenarie del Gottero.

La piana alluvionale dello Sturla viene attraversata a cielo aperto; proseguendo dalla sponda sinistra alla sponda destra, il tracciato prevede l'esecuzione di un lungo *microtunnel* che evita la risalita del rilievo collinare di S. Martino del Monte, ed esce nel versante sinistro della val Lavagna, nei pressi di Bavaggi. L'opera in sotterraneo attraversa dapprima la formazione delle Arenarie del Monte Gottero e poi le Ardesie di Monte Verzi, separate da un contatto tettonico classificato come sovrascorrimento.

Dopo aver attraversato l'alveo del torrente Lavagna, per un lungo tratto, di oltre una decina di chilometri, la linea di progetto si mantiene sul versante destro della valle dello stesso fiume, percorrendo in parte la piana alluvionale, in parte i rilievi collinari, principalmente per mezzo di diverse opere *trenchless*.

Il primo *microtunnel* attraversa il rilievo collinare di Scaruglia, all'interno degli Scisti Mangesiferi; percorso il Piano di Seriallo sono previsti in successione i due *microtunnel* di La Pezza 1 e La Pezza 2, all'interno delle Ardesie di Monte Verzi. Nel tratto che segue vengono attraversati nel fondovalle del Lavagna il Pian dei Cunei e il Piano di Casarile, formati da depositi alluvionali, con due attraversamenti dell'alveo del Lavagna, che comportano un breve percorso nella piana alluvionale della sponda sinistra. Nel versante sinistro del Fossato di Canavale è previsto l'imbocco del primo di tre lunghi *microtunnel* (Cà Tiezzi, Coreglia 1 e Pendola 1), che, pressoché in continuità, attraversano le dorsali di Cà di Crovo, Coreglia e di Dezerega, separate dalle incisioni vallive del Fossato di Coreglia e del Rio Pendola. I *microtunnel* saranno scavati all'interno degli Scisti Mangesiferi e delle soprastanti Ardesie di Monte Verzi.

Dopo l'uscita dal *microtunnel* Pendola il tracciato percorre il piede dei rilievi collinari di Belvedere e di Cian Botte, in cui affiorano gli Scisti Mangesiferi e i depositi di versante ad essi correlati, attraversando il rio Belvedere ed il Rio della Botte.

Nel versante destro della valle del Lavagna, a monte di Prato, è previsto l'imbocco orientale del *microtunnel* di Castello Alto, che attraversa i rilievi collinari di Castello Alto e Canivella, costituiti da Scisti Mangesiferi. Al termine di quest'ultimo *microtunnel* il tracciato percorre la dorsale di Cotù e, attraversato il rio di Ceriallo, risale il versante sinistro del rio della Piana. Nei pressi di Chichizola è situato l'imbocco orientale del lungo *microtunnel* Campodesasco, impostato principalmente nell'Ardesie di Monte Verzi. Dalla valle del rio Liteglia, dove è situato l'imbocco occidentale del *microtunnel* Campodesasco, la linea di progetto risale il crinale che, con andamento circa E-O, raggiunge la dorsale Monte Tugio – Monte Rosso, spartiacque tra i bacini del Lavagna e del torrente Recco, seguendone poi con continuità il crinale, in direzione NO-SE, fino al Monte Serro. In questo lungo tratto il substrato è costituito dalle Ardesie del Monte Verzi. Proseguendo dapprima verso N e poi verso ONO-ESE, il tracciato rientra nel bacino del Lavagna, percorrendo fino al rio di Lumarzo il crinale della dorsale di Villaconce, all'interno degli Scisti Mangesiferi.

Attraversato l'alveo del rio di Lumarzo il tracciato ne risale il versante sinistro, superando con il *raise borer* S.P. 19 la strada provinciale di Lumarzo, e prosegue poi lungo il crinale orientale del Monte Gavi, con andamento ONO-ESE, fino a Costa della Cà, dove è previsto un *microtunnel*. Il substrato è sempre rappresentato, sia in affioramento che in sotterraneo, dagli Scisti Mangesiferi.

In corrispondenza del Monte Cionci, dove termina il *microtunnel* Costa della Cà, la linea di progetto segue il crinale di Biola e risale poi il versante orientale del Monte

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 18 di 98	Rev. 1

Bado, in cui gli Scisti Manganesiferi sono in contatto tettonico (sovrascorrimento) con i calcari della Formazione del Monte Antola. La dorsale Monte Bado – Monte Becco viene attraversata con galleria tradizionale e *microtunnel* interamente impostato all'interno della Formazione del Monte Antola.

All'uscita dell'opera in sotterraneo, nella testata del Fosso del Becco sarà costruita la stazione di lancio e ricevimento PIG e l'impianto di riduzione di Sori, termine della linea di progetto.

3.5.2 Collegamento a Derivazione per Sestri Levante DN250 (10")

Il tracciato, dopo lo stacco dalla linea di progetto all'uscita del *microtunnel* Pezze, percorre per un breve tratto la piana alluvionale del torrente Petronio, attraversando il rio Rigattaio, e termina il percorso nella derivazione esistente per Sestri Levante. La piana alluvionale è costituita dai depositi alluvionali.

3.5.3 Variante nuovo stacco AMGA e Calcinara d'Uscio DN 200 (8")

Dalla stazione di lancio e impianto di riduzione di Sori il tracciato risale il breve pendio che porta sulla SP 67 del Monte Fasce e segue poi la strada provinciale in direzione Est, per un breve tratto sub-pianeggiante, fino all'Allacciamento AMGA e Calcinara d'Uscio. Il substrato è costituito da calcari e calcari marnosi della Formazione del Monte Antola.

3.5.4 Collegamento IMP di sori a derivazione Recco e Italgas Sori DN 400 (16")

Dalla stazione di lancio e impianto di riduzione di Sori il tracciato risale il breve pendio che porta sulla SP 67 del Monte Fasce e segue poi la strada provinciale, per oltre un chilometro e mezzo, con andamento sub-pianeggiante, fino al termine della linea, posto sul crinale del versante a monte della strada, che viene raggiunto dopo una breve risalita lungo la massima pendenza. Nell'intero tracciato il substrato è costituito da calcari e calcari marnosi della Formazione del Monte Antola. Per un breve tratto il tracciato attraversa la deformazione gravitativa profonda di versante del lato Nord del Monte dell'Uccellato.

3.5.5 Sistema esclusione e By Pass Impianto (I.S.)

Dalla stazione di lancio e impianto di riduzione di Sori il tracciato risale il breve pendio che porta sulla SP 67 del Monte Fasce e segue poi la strada provinciale in direzione Ovest per un breve tratto sub-pianeggiante. Il substrato è costituito da calcari e calcari marnosi della Formazione del Monte Antola.

3.6 **Assetto litologico-morfologico lungo le linee in dismissione**

3.6.1 Dismissione Sestri Levante

Come illustrato nel disegno LB-D-83209 (Geologia e Geomorfologia), la linea in dismissione ha inizio dalla Stazione di Lancio e Ricevimento di Casarza, nei pressi di Battilana. Il tracciato attraversa una morfologia pianeggiante per circa 600 metri in cui si osservano i depositi alluvionali della sponda destra del torrente Petronio; la linea in dismissione attraversa l'alveo del torrente medesimo e percorre ancora per un breve tratto la sua sponda sinistra. Abbandonato il fondovalle il tracciato risale lungo la massima pendenza il pendio della dorsale di Pezze, il cui substrato è formato da serpentiniti, e sempre lungo la massima pendenza, ridiscende nuovamente a valle. Il

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 19 di 98	Rev. 1

tratto finale percorre i depositi alluvionali del fondovalle e dopo l'attraversamento del Rio Rigattaio la linea in dismissione termina nei pressi di Villa Ricci.

3.6.2 Dismissione variante nuovo stacco Calcinara DIN 200 (8")

La linea in dismissione inizia dall'Allacciamento AMGA nei pressi della stazione di lancio e impianto di riduzione di Sori, e segue poi la strada provinciale del Monte Fasce per oltre un chilometro e mezzo, fino al termine della linea, posto sul crinale del versante a monte della strada, che viene raggiunto dopo una breve risalita lungo la massima pendenza. Per l'intero tracciato il substrato roccioso è costituito da calcari e calcari marnosi della Formazione del Monte Antola. Per un breve tratto il tracciato attraversa la deformazione gravitativa profonda di versante del versante Nord del Monte dell'Uccellato.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 20 di 98	Rev. 1

3.7 Suddivisione dei tracciati per caratteristiche orografiche

Le caratteristiche dell'assetto morfologico del territorio attraversato dalla linea principale e dalle linee secondarie in progetto ed in dismissione, fatta eccezione per le tratte in *microtunnel*, sono riassunte nelle tabelle che seguono (Tab. 3.7/A, 3.7/B, 3.7/C).

Tab. 3.7/A: Assetto morfologico lungo il tracciato della linea principale in progetto

Metanodotto Sestri Levante – Recco DN 400 (16")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle	10,330	29%
Ondulato, di versante a bassa pendenza	13,210	36%
Di versante a pendenza media	12,255	34%
Di versante a pendenza medio - elevata	0,400	1%
Totale	36,195	100%

Tab. 3.7/B: Assetto morfologico lungo le linee secondarie in progetto

Collegamento a Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	0,060	100%
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	-	-
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,000	%
Totale	0,060	100%
Variante Nuovo Stacco AMGA e Calcinara d'Uscio DN 200 (8")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	-	-
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	0,050	66%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,025	33%
Totale	0,075	100%

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 21 di 98	Rev. 1

Tab. 3.7/B: Assetto morfologico lungo le linee secondarie in progetto (seguito)

Collegamento IMP di Sori a Derivazione Recco e Italgas Sori DN 400(16")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	-	-
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	1,645	95%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,100	5%
Totale	1,935	100%
Sistema esclusione e By Pass Impianto (IS)		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	-	-
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	0,180	84%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,055	16%
Totale	0,335	100%

Tab. 3.7/C: Assetto morfologico lungo le linee secondarie in dismissione

Dismissione Metanodotto Derivazione per Sestri L. DN 400/250 (16/10")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	0,820	76%
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	0,000	0%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,250	24%
Totale	1,070	100%
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DIN 200 (8")		
Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	-	-
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	1,730	95%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,100	5%
Totale	1,830	100%

Assetto morfologico	Lunghezza (km)	%
Pianeggiante, di fondovalle (<5°)	-	-
Ondulato, di versante a bassa pendenza (5°-15°)	1,570	94%
Di versante a pendenza media (15°-35°)	0,100	6%
Totale	1,670	100%

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 22 di 98	Rev. 1

3.8 Suddivisione dei tracciati per litologia e scavabilità

Sulla base delle caratteristiche litologiche e geotecniche, i terreni interessati dagli scavi per la posa in opera delle condotte in progetto possono essere raggruppati nelle seguenti classi di scavabilità:

- Terre sciolte (T)**
Depositi di versante ed eluvio – colluviali, depositi alluvionali attuali e terrazzati, accumuli di frana, breccie di natura ofiolitica. Si tratta di unità costituite da terre incoerenti, o debolmente coesive, di variabile granulometria, dalle ghiaie, in grande prevalenza eterometriche, alle sabbie, ai limi argillosi.
- Rocce lapidee (RL)**
Ne fanno parte tutte le formazioni del Supergruppo del Vara, fatta eccezione per le breccie ofiolitiche di natura sedimentaria (Brecce di Movea, Brecce di Case Boeno), le formazioni del Monte Antola e di Lavagnola.

La scavabilità è stata valutata per tutte le linee in progetto (vedi Tab. 3.8/A).

Tab. 3.8/A: Scavabilità lungo il tracciato della linea principale

Metanodotto Sestri Levante – Recco DN 400 (16")		
Litologia	Lunghezza (km)	%
Terre sciolte	5,930	12%
Rocce lapidee	42,270	88%
Totale	48,200	100%

Tab. 3.8/B: Scavabilità lungo i tracciati in progetto delle linee secondarie

Litologia	Lunghezza (km)	%
Collegamento a Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10")		
Terre sciolte	0,060	100%
Rocce lapidee	-	-
Totale	0,060	100%
Variante Nuovo Stacco AMGA e Calcinara d'Uscio DN 200 (8")		
Terre sciolte	-	-
Rocce lapidee	0,075	100%
Totale	0,075	100%
Collegamento IMP di Sori a Derivazione Recco e Italgas Sori DN 400(16")		
Terre sciolte	-	-
Rocce lapidee	1,935	100%
Totale	1,935	100%
Sistema esclusione e By-Pass Impianto (I.S.)		
Terre sciolte	-	-
Rocce lapidee	0,335	100%
Totale	0,335	100%

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 23 di 98	Rev. 1

3.9 Rappresentazione cartografica

La geologia del territorio interessato dalla direttrice in progetto è rappresentata nella "Carta Geologico- geomorfologica", su base topografica a scala 1:10.000 (Dis. LB-D-83209).

L'analisi della geologia del territorio è stata condotta, per l'intero sviluppo plano-altimetrico delle linee di progetto, su una fascia contenuta entro 1 km, posta a cavallo dei tracciati.

Per la redazione della carta geologica, la distinzione delle varie unità è stata eseguita tenendo conto essenzialmente sia dell'aspetto litologico - geotecnico sia delle caratteristiche stratigrafiche e strutturali. In particolare sono state cartografate le unità di seguito riportate.

3.9.1 Depositi continentali quaternari

- *Depositi di frana (a)*

I depositi di frana sono costituiti da accumuli caotici di materiali eterometrici, sia caratterizzati da attività che quiescenti o stabilizzati. La distribuzione e la tipologia dei fenomeni franosi risulta essere differenziata in funzione delle caratteristiche litologico - strutturali del substrato roccioso e delle coperture. Nel settore sud-orientale del tracciato, ove prevalgono le litologie ofiolitiche, si osservano prevalentemente, alla base di speroni o di pareti rocciose, accumuli detritici grossolani e limitati fenomeni di frane di crollo; le frane di maggiore estensione sono poche e situate alla base dei versanti.

Nel settore centro-orientale, in cui predominano formazioni arenacee (Arenarie del Gottero, Scisti Zonati), i movimenti gravitativi sono generalmente rari e di tipo complesso.

Più estesi e frequenti sono i fenomeni franosi a carico delle litologie a dominante argilloso-marnosa (Gruppo della Val Lavagna e Argilliti a Palombini). Si possono ricordare le frane di Prato Casarile nei pressi di Calvari (quiescente), di Garbarini e di Passo della Spinarola in comune di Tribogna (attive), i diversi movimenti gravitativi complessi e ritenuti attivi di Pannesi (comune di Lumarzo). Nessuno di questi accumuli è interessato dal tracciato di progetto.

- *Depositi di versante (a1f, a1g, a1)*

Depositi detritici eterometrici, legati ad alterazione in posto del substrato lapideo, con limitato rimaneggiamento e trasporto, sono diffusi sui versanti dell'intero tracciato. Nella carta geologica sono rappresentati solo i corpi di maggiori dimensioni. Nei versanti in cui affiorano litologie ofiolitiche o arenacee i depositi sono costituiti da clasti grossolani a spigoli vivi, in matrice sabbioso-limosa subordinata (a1g). Dove prevalgono le litologie argilloso-marnose i depositi sono formati da argille e limi con inclusi eterometrici calcareo-arenaceo-argillitici, spesso subordinati rispetto alla matrice, prevalente (a1f). Nel foglio CARG Bargagli i depositi di versante, costituiti in prevalenza da coltri detritiche fini argilloso-limose, non sono differenziati (a1).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 24 di 98	Rev. 1

- *Depositi alluvionali attuali (b)*
 Depositi alluvionali degli alvei attuali sono stati cartografati negli alvei del Lavagna, dove hanno la maggiore estensione, dello Sturla, del Graveglia, del suo affluente Garibaldo e del Petronio.
 Sono costituiti da sedimenti alluvionali prevalentemente grossolani, ciottoli e ghiaie talora scarsamente arrotondate, con matrice limoso-sabbiosa. Livelli sabbioso-limosi di maggiore estensione e spessore sono presenti nei depositi alluvionali del Lavagna, in particolare nelle barre laterali.
- *Depositi alluvionali recenti e terrazzati (b1)*
 Sono presenti principalmente nella valle del Lavagna. Si tratta di depositi alluvionali prevalentemente grossolani, formati da ciottoli e ghiaie spesso scarsamente arrotondate, con matrice limoso-sabbiosa, in genere ricoperti da coltre pedogenizzata sabbioso-limosa. Sono sospesi da un metro a pochi metri (4-5 m) sull'alveo attuale.
 Nella cartografia geomorfologica del piano di bacino del Lavagna sono segnalati, nei rilievi collinari tra Canivella e Merlunco, depositi alluvionali terrazzati verosimilmente più antichi, sospesi diverse decine di metri sull'alveo attuale.
- *Deformazioni gravitative profonde (dgp)*
 Alcune deformazioni gravitative profonde, fenomeni che coinvolgono l'intero sistema crinale - versante - fondovalle, sono presenti nel settore occidentale dell'area di studio. Si tratta delle dgp di Monte Cionci – Monte delle Scaglie e di Monte dell'Uccellato. La dgp di Monte dell'Uccellato si può ritenere sostanzialmente quiescente. Nei versanti coinvolti dalla deformazione gravitativa non si osservano forme riferibili a ripresa dell'attività o a movimenti recenti; anche la strada del Monte Fasce che la attraversa per un lungo tratto non è interessata da dissesti significativi.

3.9.2 Dominio Ligure interno

- *Formazione di Monte Lavagnola (flv)*
 La formazione di Lavagnola affiora lungo una stretta fascia situata a Nord di Salto, nei pressi del Passo Spinarola. Si tratta di torbiditi sottili composte da siltiti e arenarie fini grigio scure, con intercalazioni di brecce poligeniche, a composizione anche ofiolitica. L'età è Paleocenica. Costituiscono un lembo isolato dell'unità Portello compresa tra l'unità dell'Antola e l'unità del Gottero.
- *Argilliti di Giaiette (gtt)*
 Affiorano in valle Sturla e più estesamente in val Graveglia. Sono formate da argilliti policrome a pronunciata fissilità, con sottili intercalazioni di quarzo-areniti brune di spessore decimetrico. Nella dorsale che separa le valli dello Sturla e del torrente di Né, affluente del Graveglia, contengono olistoliti di argille a palombini, di dimensioni fino a chilometriche, e di calcari marnosi cretacei (Formazione di Tavarone). Alle Argilliti di Giaiette è attribuita un'età Paleocenica.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 25 di 98	Rev. 1

- *Arenarie del Monte Gottero (got)*

Le Arenarie di Monte Gottero formano una fascia ampia e sostanzialmente continua che affiora nel versante sinistro della val Lavagna e che attraversa le valli Sturla e Graveglia.

Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche, depositatesi in ambiente di conoide, a composizione silico-clastica, con rapporto a/p (arenaria/pelite) molto maggiore dell'unità. Sono costituite da arenarie quarzo-feldspatiche in strati gradati spessi e molto spessi, con intercalazioni di argilliti. La granulometria dei livelli arenacei è grossolana, fino a ruditica. L'età è Cretaceo (Campaniano superiore) - Paleocene.

- *Scisti zonati (szo)*

Gli Scisti Zonati affiorano in prevalenza sul versante sinistro della Val Lavagna ed in Val Graveglia nei pressi di San Biagio di Chiesanuova. Sono torbiditi silicoclastiche, rappresentate da siltiti e areniti, argilliti e marne in strati gradati sottili e medi con rapporto a/p intorno all'unità; le arenarie hanno granulometria generalmente fine. L'età è Cretacea (Campaniano superiore).

- *Ardesie di Monte Verzi (amv)*

Le Ardesie di Monte Verzi costituiscono l'ossatura dei medi versanti della Val Lavagna. Sono formate da torbiditi pelitico-arenacee in strati silico-clastici medio – spessi, alternati a strati marnosi e calcareo-marnosi spessi e molto spessi, chiamati comunemente ardesie, con spessori massimi anche superiori alla decina di metri. Le intercalazioni di argilliti, in strati molto sottili, sono quantitativamente subordinate. Negli strati silicoclastici il rapporto a/p è inferiore o prossimo all'unità, mentre diviene molto inferiore all'unità negli strati calcareo – marnosi. Le areniti degli strati calcareo-marnosi hanno composizione mista, prevalentemente quarzo-fillosilicatica, ma con significativa frazione di frammenti micritici calcarei. Nelle Ardesie di Monte Verzi sono frequenti le cave di ardesia, per lo più abbandonate, sia a cielo aperto che soprattutto in sotterraneo. L'età è Cretacea (Campaniano-Maastrichtiano).

- *Scisti mangesiferi (smg)*

Gli Scisti Mangesiferi, che formano la sequenza basale del Gruppo degli Scisti di Val Lavagna, affiorano principalmente nel fondovalle del Lavagna, da Serra a San Colombano Certenoli. Si tratta di torbiditi pelitico-arenacee a composizione silico-clastica, con rapporto a/p minore dell'unità. Le arenarie hanno granulometria fine nella parte inferiore della successione, media nella parte superiore. Sono caratterizzate dalla diffusa presenza di patine di ossidi di ferro e manganese, in particolare nella parte basale della successione, nella quale sono presenti intercalazioni calcareniti e calc-siltiti (i cosiddetti "pseudopalombini") di spessore variabile da centimetrico fino a metrico. L'età è Cretacea (Santoniano-Campaniano).

- *Argille a palombini (apa)*

Le argille a Palombini affiorano in corpi di limitata estensione nella val Graveglia tra Foppo e Frisolino e nella valle del Petronio. Sono torbiditi calcareo-marnose a

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 26 di 98	Rev. 1

granulometria micritica, in strati medio - spessi (pluridecimetrici), con intercalazioni di strati argillitici di simile spessore. I livelli calcarei micritici di colore grigio, a frattura concoide e talora con forma ad incudine, sono noti in letteratura geologica come "palombini". Complessivamente nella sequenza predomina la componente argillosa. Nella parte superiore della formazione le torbiditi divengono silico-clastiche, e sono formate da alternanze di areniti fini ed argilliti in strati medio-sottili. Le sequenze basali della formazione appartengono alla unità tettonica Bracco- Val Graveglia. L'età è cretacea (Hauteriviano-Santoniano).

- *Calcari a Calpionelle (ccl)*

Affiorano esclusivamente nella dorsale di Zerli, in val Graveglia. I Calcari a Calpionelle sono formati da calcari micritici silicei (calcilutiti e calcisiltiti), bianchi o grigio-chiari, in strati da sottili a spessi, con liste e noduli di selce. Sono presenti intercalazioni di argilliti, talora marnose, in strati generalmente sottili o molto sottili. Il passaggio con le soprastanti Argille a Palombini è graduale. Ai Calcari a Calpionelle è attribuita un'età Titoniano - Berriasiano (Malm – Cretaceo inferiore).

- *Diaspri di Monte Alpe (dsa)*

I Diaspri di Monte Alpe formano i versanti occidentale della dorsale di Zerli e del Monte Tregin, ed un lembo isolato affiorante ad Est di S. Giovanni Battista. Sono costituiti da alternanze di selce rossa o verde e di argilliti silicee in strati sottili, di colore rossastro o varicolori. Alla base della successione sono presenti livelli ricchi in ossidi e silicati di manganese. L'età è compresa tra Bathoniano e Berriasiano (Dogger – Cretaceo inferiore).

- *Brecce di Monte Zenone (bmz)*

Affiorano in modesti lembi nella valletta compresa tra Monte Incisa e Monte Tregin, e nel versante sinistro della Valle della Moggia. Sono formate da brecce caotiche con clasti di gabbri e *flaser* gabbri in matrice sabbiosa, con rare intercalazioni di livelli arenacei. Esse poggiano stratigraficamente sulle Brecce di Movea o sui basalti. L'età è Giurese medio (Dogger).

- *Brecce di Movea (bmv)*

Affiorano in corpi di ridotte dimensioni nel versante sinistro della Valle della Moggia. Si tratta di brecce poligeniche massicce, formate da clasti basaltici, gabbri e serpentinitici, in matrice ghiaiosa di natura gabbri. Le brecce di Movea ricoprono generalmente e discontinuamente i basalti; lungo il tracciato poggiano per contro sulle Brecce di Case Boeno. L'età è Giurese medio (Dogger).

- *Basalti (bst)*

Affiorano estesamente nel versante destro della Val Petronio e più limitatamente nel versante sinistro della valle del Gromolo. Si tratta in prevalenza di basalti a cuscini, ed in minor misura di basalti massicci e brecce basaltiche. Le colate basaltiche sono spesso intercalate con ialoclastiti in sottili livelli. Ai basalti è attribuita un'età giurese medio (Bajociano – Calloviano).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 27 di 98	Rev. 1

- *Brecce di Monte Capra (bmc)*

Affiorano a Massasco, nel versante destro della val Petronio, e sul versante sinistro alla confluenza con il rio Gavotino. Le brecce di Monte Capra sono brecce poligeniche, caotiche e massicce, formate da clasti in prevalenza di gabbri e Fe-gabbri e secondariamente di basalti e serpentiniti, in scarsa matrice sabbiosa. Poggiano su substrato gabbriaco o serpentinitico. L'età è Giurese medio (Dogger).

- *Brecce di Casa Boeno (bbn)*

Rappresentano la formazione di brecce che affiora più estesamente nell'area del tracciato, nella dorsale di Boeno Alto e nel versante destro della valle del Gromolo. Sono costituite da brecce sedimentarie massicce, caotiche, a clasti serpentinitici in larga prevalenza, con matrice sabbiosa serpentinitica scarsa o assente. Giacciono sulle serpentiniti, con passaggio transizionale. È attribuita loro un'età Giurese medio (Dogger).

- *Gabbri (gbb)*

Affiorano sul versante orientale del Monte della Mora e nella valle della Moggia. I gabbri rappresentano corpi intrusivi solidificatisi all'interno delle originarie peridotiti del mantello oceanico. Si tratta di gabbri a grana media e grossolana, con tessitura isotropa ed uniforme (gabbri eufotidi), più raramente stratificati. Composizionalmente i termini più comuni sono quelli leucocratici, Mg-gabbri e leucogabbri; sono meno frequenti i gabbri olivinici, mentre mancano del tutto Fe-gabbri e Fe-dioriti, comuni nelle ofioliti alpine. La paragenesi primaria dei gabbri (plagioclasio andesiteco-labradoritico, clinopirosseno e olivina), è in genere profondamente trasformata (in particolare il plagioclasio e l'olivina). L'età, ottenuta da datazione radiometrica Sm/Nd, è Dogger (Bajociano – Bathoniano).

- *Serpentiniti (srn)*

Le serpentiniti affiorano estesamente nella dorsale compresa tra i torrenti Gromolo e Petronio. Si tratta di rocce massicce, di colore nero-verdastro, caratterizzate in genere da un elevato grado di fratturazione. Localmente è preservata una foliazione grossolana, messa in luce dall'orientazione preferenziale dei pirosseni. Sono formate da lizardite, crisotilo, clorite e ossidi (magnetite). Derivano da peridotiti del mantello oceanico (Iherzoliti povere in clinopirosseno e harzburgiti), serpentinite da metamorfismo retrogrado in ambiente oceanico, e sono caratterizzate sovente da intensa fratturazione. Sono associate frequentemente a brecce con fitta rete di vene di calcite (oficalciti) e coperte dalle Brecce di Casa Boeno e di Monte Capra. L'età è Dogger.

- *Serpentiniti cumulitiche (scu)*

Affiorano solamente nella valle della Moggia. Si tratta di rocce ultrafemiche derivate da processi magmatici di cumulo, intercalate in corpi di piccole dimensioni, generalmente decametriche, all'interno dei gabbri. Sono formate da olivina e cromite (minerali di cumulo) e da plagioclasio e clinopirosseno (minerali di intercumulo). L'età è Dogger.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 28 di 98	Rev. 1

3.9.3 Dominio Ligure esterno (?)

(Il punto interrogativo adiacente alla dicitura è insito nella terminologia indicata nelle legende dei Fogli CARG sopra citati in quanto le interpretazioni presenti in bibliografia in merito alla definizione di “Dominio Ligure Esterno” sono tuttora oggetto di studio da parte degli Autori).

- *Formazione di Monte Antola (fan)*

La Formazione di Monte Antola affiora nella parte sommitale del versante destro della Val Lavagna e, nell'ultimo tratto del tracciato, nella dorsale Monte Bado – Monte Becco – Monte dell'Uccellato. Litologicamente è costituita da calcari marnosi, marne calcaree e marne, in strati da spessi (pluridecimetrici) a molto spessi (da metrici fino alla decina di metri), con base arenitica medio-fine e geometria piano-parallela, ed intercalazioni di peliti scure in strati molto sottili. Si tratta di una potente successione torbidity. La scarsità di strutture erosive e la presenza di sequenze incomplete di Bouma, fa ritenere che la formazione sia il prodotto di correnti di torbida a bassa densità depostesi in ambiente bacinale profondo. L'età è Maastrichtiana.

3.9.4 Elementi geomorfologici

Per quanto concerne l'assetto geomorfologico, poiché nei fogli CARG e CGR tali aspetti sono scarsamente rappresentati, nella Carta geologica sono stati inseriti elementi geomorfologici tratti dalla relativa cartografia dei diversi piani di bacino. In particolare sono stati riportati, per le forme fluviali, gli orli dei terrazzi, per le forme di versante dovute alla gravità, le rotture di pendio ed i cigli di frana sia attivi che quiescenti, per le forme areali i movimenti franosi.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 29 di 98	Rev. 1

4 IDROGRAFIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE

4.1 Idrologia superficiale

I tracciati della linea principale di progetto e delle linee secondarie attraversano in sequenza i modesti bacini del t. Petronio e del t. Gromolo, caratterizzati da sviluppo circa normale alla costa, e successivamente il vasto bacino del t. Entella, distinto dal bacino del t. Lavagna, suo affluente di destra, nella classificazione utilizzata dell'Autorità di Bacino Regionale, ed in ultimo il bacino del t. Bisagno. I bacini del Lavagna e del Bisagno hanno andamenti in gran parte paralleli alla costa e sono separati da questa da una dorsale che fa da spartiacque con una serie di bacini minori ad andamento NE-SO, scolanti direttamente sul Mar Ligure (Fig. 4.1/A). La descrizione dell'idrografia dei bacini principali, riportata nel seguito, fa riferimento a dati ricavati in gran parte dai Piani di Bacino della Regione Liguria.



Fig. 4.1/A: Suddivisione in bacini idrografici del tracciato di progetto; la linea rossa rappresenta il tracciato di progetto (tratta e modificata dal repertorio cartografico della Regione Liguria)

4.1.1 Bacino del torrente Petronio

Il bacino del Torrente Petronio, di forma grossolanamente triangolare, ha una superficie di circa 61 km². Lo spartiacque è rappresentato nel lato Nord-Ovest dai rilievi del M. Bomba, del M. Tregin, del M. Roccagrande e del M. Bocco, che lo separano dal bacino del Gromolo, nel lato Nord-Est dai rilievi del M. Zenone e del M. Alpe, (quota più elevata del bacino, 1094 m s.l.m.), che lo separano dal bacino del Vara- Magra. Lo spartiacque meridionale, ad andamento E-O, ha quote mediamente più basse che culminano nel M. San Nicolao (847 m s.l.m.).

Il Torrente Petronio nasce dai rilievi del M. Groppi, nella dorsale del Bracco, ed ha un corso complessivo di 15.5 km circa. L'asta principale ha un andamento circa E-O per

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 30 di 98	Rev. 1

gran parte del corso, marcatamente sinuoso, dell'alta valle, tra Velva e Castiglione. Nel tratto inferiore, a valle di Castiglione, l'alveo diviene rettilineo o blandamente sinuoso. Orientativamente nei pressi di Trigoso il corso muta bruscamente in direzione NE-SO e sfocia in mare nel Comune di Sestri Levante presso l'abitato di Riva Trigoso.

4.1.2 Bacino del torrente Gromolo

La superficie del bacino è di poco inferiore ai 23 km²; la lunghezza dell'asta principale è di circa 9 km. Il torrente Gromolo nasce alle pendici del M. Roccagrande, la vetta più elevata del bacino idrografico (971 m s.l.m.), che separa la Val Gromolo dalla Valle del Graveglia, tributario dell'Entella.

Il bacino ha una forma relativamente stretta ed allungata in direzione NE-SO. A NO la cresta di M. Capenardo - M. Castello - Rocche di Sant'Anna divide il bacino del Gromolo e del Rio del Fico dai bacini costieri dell'area di Cavi di Lavagna. A SE, la dorsale M. Tregin, - M. Caddio separa la Valle del Gromolo dal bacino del T. Petronio. Il tratto montano è caratterizzato da meandri incassati in roccia con orientamento prevalente NE-SO; a valle di Santa Maria di Libiola il torrente passa progressivamente a scorrere nella piana alluvionale, via via sempre più ampia. Infine, poco a valle dello svincolo dell'autostrada A12, il torrente giunge in prossimità dell'antico corso abbandonato del T. Petronio e ne assume la direzione E-O, andando a sfociare in mare a Nord della penisola di Sestri Levante.

In contrasto con le dimensioni areali ridotte e la forte energia del rilievo, il T. Gromolo alimenta una piana alluvionale di dimensioni notevoli, caratterizzata da un potente materasso alluvionale in continuità con l'acquifero alluvionale del T. Petronio.

4.1.3 Bacino del fiume Entella

L'area complessiva, pari a circa 146 km², comprende i bacini dei torrenti Graveglia e Sturla ed il tratto terminale della valle in cui, dopo la confluenza con il Graveglia, scorre il fiume Entella.

Nel settore N il crinale, che divide il bacino dell'Entella da quello dell'Aveto, raggiungendo le cime più elevate (M. Nero, 1671 m s.l.m., M. Aiona 1701 m s.l.m.), rappresenta in parte lo spartiacque tirrenico-padano. Ad Est la dorsale ad andamento sinuoso procede dal mare e giunge al M. San Giacomo, al M. Domenico ed M. Roccagrande, separando il bacino dell'Entella dai bacini minori della costa spezzina. Più a nord la dorsale che dal M. Biscia giunge al M. Porcile divide il bacino dell'Entella da quello del Vara-Magra.

Nel settore Ovest, lo spartiacque che scende verso Sud da M. Cavallo, raggiunge la quota massima nel M. Ramaceto (1346 m s.l.m.). A Sud del Ramaceto la dorsale che dal Passo del Dente prosegue per Monte Mignano (974), Monte Pissacqua (738) e la costa di Ri, separa il bacino dell'Entella dal bacino del Lavagna.

Il Torrente Sturla nasce da un gruppo di sorgenti poste in prossimità del Monte degli Abeti, ad una quota di circa 1500 m s.l.m. Il corso d'acqua si snoda dapprima verso SO fino all'abitato di Bertigaro, coprendo in questo tratto un dislivello considerevole, dalla quota di 1500 m s.l.m. delle sorgenti fino alla quota di 600 m s.l.m. circa. Nel successivo tratto in cui la direzione del torrente diviene N-S, il corso è interrotto dall'invaso artificiale del Lago di Malanotte. Presso l'abitato di Borzonasca nello Sturla confluisce il Torrente Penna, tributario principale che proviene da NE. Il Torrente Cicana, in destra idrografica, è l'ultimo grande tributario dello Sturla. A partire dalla

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 31 di 98	Rev. 1

confluenza con il Cicana compaiono terrazzamenti alluvionali pianeggianti e, in corrispondenza dell'abitato di Carasco, si verifica la confluenza Sturla - Lavagna.

Il bacino del torrente Graveglia ha un'estensione di circa 64 km². L'asta principale ha origine dalla confluenza, a Ponte di Lagoscuro, tra i torrenti Reppia, Statale e Novelli. Il tratto montano, fortemente inciso nel substrato roccioso, è caratterizzato da elevata pendenza e da corso marcatamente sinuoso, con andamento circa NE-SO. A valle di Frisolino la pendenza si riduce sensibilmente e l'asta assume una direzione NO-SE; il corso rimane sinuoso e caratterizzato da depositi alluvionali di limitata estensione. Gli affluenti principali sono, in destra orografica, il torrente Chiesanuova (o Garibaldo) ed il torrente di Né, in sinistra orografica, il rio Sambuceto ed il rio Frisolino.

L'Entella, dalla confluenza con il Graveglia alla foce in mare che delimita gli abitati di Chiavari e Lavagna, ha un andamento sostanzialmente rettilineo secondo una direzione circa NE-SO. L'alveo è inciso in un'ampia pianura alluvionale delimitata da due estese aree golenali.

4.1.4 Bacino del torrente Lavagna

La superficie del bacino è di circa 160 km²; la lunghezza dell'asta principale è di 25 km. Il bacino è caratterizzato da una netta asimmetria tra i due opposti versanti: il versante sinistro è più esteso arealmente, ha un reticolo di drenaggio maggiormente sviluppato e la quota della linea di spartiacque è generalmente più elevata; per contro il versante destro è caratterizzato da un reticolo meno organizzato e più breve, con sottobacini di modesta superficie e minore acclività complessiva. Mentre nel versante sinistro il rilievo supera frequentemente la quota di 1000 m s.l.m. (e raggiunge circa 1300 m s.l.m. nel M. Dente, circa 1200 m s.l.m. con il M. Pagliaro), nel versante destro lo spartiacque si situa intorno a quote di 600-700 m s.l.m. e supera solo raramente gli 800 m s.l.m. (M. Becco).

L'asta principale del Lavagna nasce da un gruppo di sorgenti situate sulle pendici meridionali del Monte Lavagnola (1132 m s.l.m.) e scorre in un primo tratto con andamento NE-SO fino all'abitato di Ferriere, a valle del quale l'andamento del corso assume una direzione NO-SE, che mantiene fino alla confluenza sulla sinistra orografica con il Torrente Sturla. A partire dall'abitato di Gattorna i depositi alluvionali divengono più estesi, l'alveo diviene alluvionale a fondo mobile. Per quanto riguarda la morfologia fluviale l'alveo è generalmente sinuoso, meandriforme a valle di Ferrada e a Carasco. Gli affluenti principali del Torrente Lavagna sono tutti situati in sponda orografica sinistra, dove il Torrente Lavagna riceve, da monte verso valle, il Rio d'Urri, il Torrente Neirone, il Canale di Moconesi, il Torrente Malvaro e il Canale d'Isolona. A valle di Ferriere i tributari in destra orografica sono il Rio di Lumarzo, il Torrente Liteglia, il Rio Pendola, il Fosso di Camposasco.

4.1.5 Bacino del torrente Bisagno

La superficie del bacino è pari a 95 km²; la lunghezza dell'asta principale è di 25 km, la portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni raggiunge i 1300 m³/s. Il bacino imbrifero è delimitato a Nord (dal Monte Alpe al passo della Scoffera) dallo spartiacque Bisagno - Scrivia; ad Ovest (dal Monte Righi al Monte Alpe, seguendo

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 32 di 98	Rev. 1

l'antico percorso del crinale dei forti genovesi) dallo spartiacque Bisagno - Polcevera; ad Est (dal passo della Scoffera al monte Becco) dallo spartiacque Bisagno - Lavagna e a Sud dallo spartiacque del Bisagno con i torrenti Sturla, Nervi, Poggio e Sori. Il bacino ha una forma complessa ed articolata, sviluppata in due direzioni principali N-S ed E-O. I profili trasversali sono quasi sempre asimmetrici ed i bacini secondari sono maggiormente sviluppati in sponda orografica destra rispetto alla sinistra. L'alto corso del torrente Bisagno ha inizio al colle della Scoffera (675 m s.l.m.) e termina in località La Presa ove riceve in sponda sinistra il T. Lentro; poco a valle riceve alla sua destra idrografica il T. Canate. Il tratto medio, che inizia approssimativamente in corrispondenza dell'abitato di Prato, in area già fortemente urbanizzata, è caratterizzato da un particolare assetto e precisamente lungo la sponda sinistra i versanti sono drenati da brevi incisioni perpendicolari all'asta principale, mentre nel versante destro confluiscono tributari di maggiore sviluppo: in località Doria il rio Torbido e, dopo le pendici di S. Siro, a Molassana, il torrente Geirato. A S. Gottardo in destra confluiscono il rio Trensasco e il rio Cicala. In prossimità del cimitero di Staglieno confluisce in destra il rio Veilino, che raccoglie le acque dei rii Rovena, Briscata e S. Antonino, e a Marassi il rio Fereggiano. Il tratto terminale ha la sua foce all'estremità orientale del bacino portuale di Genova.

4.1.6 Caratteristiche idrografiche lungo il tracciato del metanodotto

Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16") in progetto

L'andamento morfologicamente complesso del tracciato di progetto rende molto variabili le caratteristiche idrografiche. Nel breve attraversamento della valle del Petronio il tracciato ne attraversa due volte l'asta principale. Segue poi un lungo tratto di oltre 20 km, in cui la linea di progetto percorre in massima parte aree di crinale prive di reticolo idrografico, appartenenti ai bacini del Petronio, del Gromolo e dello Sturla. In tale tratto l'interferenza con il reticolo idrografico avviene solo con gli attraversamenti delle aste principali del Gromolo, del Graveglia e del suo affluente Chiesanuova, e dello Sturla.

Nella val Lavagna il tracciato percorre per contro in prevalenza il fondovalle, o attraversa con opere *trenchless* i versanti della sponda destra. Nella percorrenza del fondovalle viene attraversata 3 volte l'asta del Lavagna e ugualmente numerosi affluenti minori del versante orografico destro in prossimità della loro confluenza nel corso d'acqua principale. Questi sono, in sequenza, i fossi di Camposasco, di Roncazzi, di Vallefredda, di Canavale e di Coreglia a valle di Cicagna, e poi a monte della stessa località sempre in sponda destra il rio Belvedere, il rio della Botte, il rio di Morin, il rio di Ceriallo, il torrente Liteglia, oltre a qualche tributario minore senza nome. Attraversato il torrente Liteglia il tracciato percorre nuovamente aree di crinale, lungo lo spartiacque tra i bacini del Lavagna e del torrente Recco. Nel tratto terminale si ha ancora l'attraversamento del rio di Lumarzo. Nel bacino del Bisagno non vi è interferenza con il reticolo idrografico.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 33 di 98	Rev. 1

La tabella seguente riassume le interferenze idrauliche principali con il metanodotto in progetto (tab. 4.1/A):

Tab. 4.1/A: Ubicazione attraversamenti corsi d'acqua principali per il metanodotto in progetto

Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar			
Prog (km)	Provincia	Comune	Corso d'acqua
0,490	Città Metropolitana di Genova	Casarza Ligure	Torrente Petronio #1
0,955			Torrente Petronio #2
7,795		Sestri Levante	Rio Gromolo
11,690		Ne	Torrente Graveglia
14,760			Torrente Garibaldi
22,435		Carasco	Torrente Sturla
22,515			Valletta del Re
24,330		San Colombano Certenoli	Torrente Lavagna #1
24,480			Rio Casagrande
24,665			Rio Casagrande
26,265		Leivi	Fosso di Camposasco
27,485		San Colombano Certenoli	Fosso Roncazzi
28,520			Fosso di Vallefredda
29,110			Torrente Lavagna #2
29,330			Rio dei Bada
29,450			Torrente Lavagna #3
29,800			Fossato di Carnevale
30,185			Coreglia Ligure
30,790		Fossato di Coreglia	
32,470		Cicagna	Rio Pendola
33,350			Rio Belvedere
33,855			Rio della Botte
34,000			Rio Morin
34,455			Rio Mortasco
34,775			Rio Canivella
35,190			Rio Merlunco
35,895			Rio della Piazza
36,345			Rio della Piana
35,415			Rio Gazza
37,145			Torrente Liteglia
37,670		Uscio	Rio Lumarzo
43,525			

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 34 di 98	Rev. 1

Derivazioni ed allacciamenti in progetto

Nel collegamento alla Derivazione per Sestri Levante DN 250 la linea attraversa il rio Rigattaio, affluente del Petronio.

Nella Variante nuovo stacco AMGA Calcinara d'Uscio DN 200, nel Collegamento IMP di Sori alla Derivazione Recco e Italgas Sori DN 400 e nel Sistema esclusione e by-pass Impianto non vi sono interferenze con il reticolo idrografico.

4.2 Idrogeologia

4.2.1 Complessi idrogeologici

Le unità idrogeologiche caratterizzate da permeabilità primaria per porosità sono relativamente poco rappresentate nell'area di indagine. Per tale motivo sono stati raggruppati in un unico complesso detritico-alluvionale sia i depositi alluvionali, limitati a poche aree di ridotta estensione nel fondovalle del Petronio, del Graveglia, dello Sturla e, con maggiore sviluppo, del Lavagna, sia le coltri detritiche di varia natura affioranti sui versanti (detriti di falda e di versante, depositi di frana, coltri eluvio-colluviali).

Nelle unità dotate di permeabilità secondaria per fratturazione predomina per estensione areale il complesso argilloso-marnoso, costituito dalle formazioni del Gruppo degli Scisti della Val Lavagna, dalle Argille a palombini, dalle Argilliti di Giaette e dalla Formazione di Monte Lavagnola, caratterizzato da un comportamento di tipo acquitardo. Tuttavia numerose modeste sorgenti scaturiscono all'interno del complesso, alimentate da circolazione nelle coltri di copertura e nei livelli superficiali più fratturati degli ammassi rocciosi.

Unità permeabili per fratturazione con comportamento più francamente di acquifero possono essere definite la Formazione di Monte Antola, le Arenarie del Gottero, ed il complesso ofiolitico, in cui sono raggruppati le litologie ofiolitiche e la copertura di diaspri. I Calcari a Calpionelle rappresentano un acquifero carsico di notevole importanza, anche se non direttamente attraversato dal tracciato di progetto, ma presente nella fascia di indagine.

In generale, nell'acquifero alluvionale dell'Entella, le cui caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche sono del tutto simili a quelle dell'acquifero del Lavagna, i valori della conducibilità idraulica, ricavati da prove di pompaggio su pozzi, sono compresi nell'intervallo $1.10^{-2} \div 4.10^{-3}$ m/s, per trasmissività dell'ordine di 10^{-1} m²/s (Liguriambiente, 1992).

4.2.2 Acquiferi

Il complesso detritico-alluvionale è costituito dai depositi alluvionali delle valli principali e dai maggiori corpi detritici di versante e di frana. Gli acquiferi alluvionali affiorano nelle valli del Petronio, del Graveglia a del suo affluente Garibaldo, dello Sturla e soprattutto del Lavagna. I depositi alluvionali sono costituiti da sedimenti in generale grossolani, ciottoloso-ghiaiosi, con subordinata frazione sabbiosa, in particolare nei materassi alluvionali del Graveglia, del Garibaldo e dello Sturla. L'acquifero alluvionale del Lavagna, molto più esteso soprattutto nel corso inferiore, dove raggiunge

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 35 di 98	Rev. 1

l'ampiezza di diverse centinaia di metri, è costituito da ghiaie sabbiose con importante frazione ciottolosa. Lo spessore dei depositi, in base a vecchie stratigrafie dei pozzi gestiti da Iren Acqua Tigullio S.p.A., ed ai risultati delle indagini geognostiche effettuate nel territorio interessato dall'opera (Dis. LB-D-83220, Allegato 3 a questo documento), è relativamente ridotto, variando da 10 a 15 m circa. La permeabilità primaria per porosità, può essere stimata come medio - elevata, in ragione dell'abbondanza della frazione ghiaioso-ciottolosa. I depositi detritici di frana sono i più estesi, e prevalentemente formati da accumuli caotici di materiale eterometrico, di permeabilità variabile intorno a media, essendo spesso caratterizzati da una importante frazione argillosa, anche se generalmente poco addensati. All'interno dei depositi di versante, acquiferi di migliori caratteristiche per maggiore permeabilità medie, costituiscono i depositi formati a spese delle litologie ofiolitiche. Diverse sorgenti hanno origine dai depositi detritici di frana o di versante (Dis. LB-D-83217).

Sono state comprese nel complesso ofiolitico serpentiniti, gabbri, basalti e la copertura silicoclastica dei diaspri, in quanto litologie caratterizzate da permeabilità per fratturazione di grado simile, sostanzialmente medio, localmente elevato in corrispondenza di lineamenti tettonici dove il grado di fratturazione è maggiore, e dall'assenza di limiti di permeabilità interni significativi. Il complesso ofiolitico affiora esclusivamente nei rilievi del bacino del Petronio e del Gromolo. Alcune delle sorgenti degli acquedotti pubblici sono alimentate dall'acquifero ofiolitico.

Le sequenze a dominante arenacea della formazione delle Arenarie del Monte Gottero costituiscono un acquifero dotato di permeabilità media per fratturazione. L'acquifero arenaceo affiora nella parte centrale del tracciato di progetto, nella dorsale Monte dei Preti – Monte Carnella e in val Graveglia. Il passaggio stratigrafico con gli Scisti Zonati può rappresentare un limite di permeabilità significativo; tra val Graveglia e valle Sturla alcune delle sorgenti alimentate dall'acquifero arenaceo scaturiscono lungo tale limite.

La formazione del Monte Antola affiora limitatamente al tratto terminale del tracciato di progetto. Si tratta di un acquifero carbonatico, caratterizzato da permeabilità per fratturazione e secondariamente carsismo, di grado medio, a causa della presenza di frequenti livelli marnoso-argillosi che riducono la permeabilità più elevata dei livelli francamente calcarei. Per tale ragione i fenomeni di dissoluzione di origine carsica hanno sviluppo molto limitato; morfologie carsiche (depressioni doliniformi) sono note nei dintorni di Genova (Monte Fasce e Monte Moro). Alcune cavità carsiche sono state incontrate durante i lavori di costruzione di alcune delle gallerie dell'autostrada Genova - Sestri Levante.

Sorgenti per limite di permeabilità, che scaturiscono nel versante destro della val Lavagna al contatto tra i calcari dell'Antola e le torbiditi del Gruppo della Val Lavagna, sono situate esternamente alla fascia di indagine. Le sorgenti censite che sono situate all'interno della formazione dei calcari dell'Antola, di modesta portata, sono legate a limiti di permeabilità locali e circolazione nei livelli superficiali dell'acquifero.

I calcari a Calpionelle costituiscono il più importante acquifero carbonatico della val Graveglia e danno origine alla sorgente Molinello, presso Cassagna, la più importante del bacino dell'Entella. Il tracciato di progetto non attraversa i Calcari a Calpionelle, presenti solo marginalmente nella fascia di indagine.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 36 di 98	Rev. 1

4.2.3 Complessi idrogeologici di tipo aquitardo

Il Complesso argilloso-marnoso comprende le formazioni torbiditiche caratterizzate da importante frazione argilloso-marnosa (gruppo degli Scisti della val Lavagna, Argille a Palombini, Argilliti di Giaiette, Formazione della Lavagnola), in cui il rapporto a/p (arenaria/pelite) è generalmente maggiore o molto maggiore dell'unità. La prevalenza della frazione argillosa vale anche per la formazione delle Argille a Palombini, priva di intercalazioni arenacee.

Il complesso argilloso-marnoso è caratterizzato da permeabilità secondaria per fratturazione, di grado da basso a localmente medio.

All'interno del complesso argilloso-marnoso sono presenti numerose sorgenti, caratterizzate da portate modeste e alimentate da circuiti di carattere locale, che si sviluppano dove le intercalazioni arenacee o calcaree sono più potenti e/o dove per cause tettoniche il grado di fratturazione delle formazioni torbiditiche è maggiore. Tali emergenze sono spesso alimentate anche dalle coperture detritiche che hanno estensione e spessore importanti sulle rocce del complesso argilloso-marnoso.

4.2.4 Rappresentazione cartografica delle caratteristiche idrogeologiche

I complessi idrogeologici descritti nei paragrafi precedenti, classificati in base al tipo ed al grado di permeabilità, sono stati rappresentati nella "Carta idrogeologica" (vedi Dis. LC-D-83217), in cui sono anche riportati i pozzi e le sorgenti rilevati nel censimento dei punti d'acqua.

Sorgenti e pozzi

Il censimento dei punti d'acqua situati all'interno della fascia di indagine è stato eseguito utilizzando i dati forniti dalla Regione Liguria, che nel sito Ambiente in Liguria, sito ufficiale della regione per l'ambiente, pubblica i dati relativi alle derivazioni idriche per cui esiste istanza di concessione. Oltre alla localizzazione cartografica e ai dati amministrativi (numero di pratica, denominazione, concessionario, uso, ecc.) sono forniti dati di massima sulle portate emunte. Si tratta di valori definiti medi, che appaiono generalmente poco attendibili.

Oltre al rilevamento diretto, eseguito in campo, di pozzi e sorgenti non catalogati nel sito regionale, che rappresentano pochi casi, è stato anche tenuto conto dei punti d'acqua riportati nella cartografia idrogeologica dei Piani di Bacino.

Per tutte le derivazioni ad uso potabile pubbliche sono stati richiesti ai gestori del servizio idrico integrato interessati dal tracciato di progetto, (Società dell'Acqua potabile S.r.l., Iren Acqua Tigullio S.p.A. e Iren Acqua S.p.A.), informazioni riguardo a dati stratigrafici e chimici di sorgenti e pozzi. Per i punti d'acqua ad uso industriale, irriguo/zootecnico e igienico/sanitario prossimi al tracciato, dati aggiuntivi sono stati richiesti direttamente all'Ufficio Derivazioni Idriche della Regione Liguria.

Sulla base dei dati acquisiti per i punti d'acqua e dai rilievi effettuati per i punti d'acqua, sono state compilate schede sintetiche con i dati idrogeologici principali per le derivazioni idriche (pozzi e sorgenti) ad uso potabile umano presenti all'interno della fascia di indagine di 500 m e per le derivazioni idriche ad uso industriale,

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 37 di 98	Rev. 1

irriguo/zootecnico e igienico/sanitario poste ad una distanza inferiore a 100 m dal tracciato (vedi Annesso L "Relazione idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti" SPC LA-E-83018). Per tutti i punti d'acqua schedati, nel paragrafo che segue, vengono esaminate le potenziali interferenze con la linea di progetto.

In linea generale, per quanto riguarda la distribuzione dei punti d'acqua, i pozzi sono in larga maggioranza situati all'interno dell'acquifero alluvionale del Lavagna (23), perché più esteso e attraversato per notevole lunghezza dal tracciato; pochi pozzi sono situati negli acquiferi alluvionali del Petronio (4), del Graveglia (1) e dello Sturla (2).

Per quanto riguarda le sorgenti, poche emergenze (6) ma di portata significativa, ed utilizzate a scopo idropotabile da acquedotti pubblici, scaturiscono all'interno del Complesso ofiolitico, talvolta lungo contatti tettonici, tra ultramafiti e basalti o gabbri.

La maggioranza delle sorgenti sono alimentate in prevalenza da depositi detritici di frana o di versante del Complesso detritico-alluvionale (14).

Relativamente poche sorgenti, e di scarsa portata, sono associate agli acquiferi carbonatico della formazione del Monte Antola (6) e arenaceo delle Arenarie del Gottero (6). Si tratta di emergenze legate a circolazione nei livelli superficiali degli acquiferi e non, come le sorgenti più importanti, a limiti di permeabilità con complessi a comportamento di acquitardo (Scisti della val Lavagna). Ciò dipende dal fatto che il tracciato di progetto percorre all'interno dei due complessi soprattutto aree di crinale, lontane dai limiti di permeabilità degli acquiferi e dal livello di base della circolazione.

Numerose sorgenti (28) scaturiscono all'interno dell'acquitardo del Complesso argilloso-marnoso in particolare nelle formazioni del Gruppo della Val Lavagna. Sono emergenze per limite di permeabilità indefinito, di portata anche molto modesta, legate a circolazione di carattere locale negli orizzonti superficiali degli ammassi rocciosi, caratterizzati frequentemente da elevata fratturazione, e che scaturiscono a causa della scarsa permeabilità degli orizzonti più profondi. Tali emergenze sono spesso alimentate anche dalle coperture detritiche che hanno estensione e spessore importanti sulle rocce del complesso argilloso-marnoso. Il maggior numero di sorgenti riguarda gli Scisti Zonati, le Ardesie di Monte Verzi e gli Scisti Manganesiferi, poche emergenze sono associate alle Argille a Palombini.

In linea generale, sia i pozzi che le sorgenti non interferiscono negativamente con l'opera in progetto.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 38 di 98	Rev. 1

4.2.5 Potenziali interferenze del tracciato di progetto con i punti d'acqua

Di seguito si presenta una tabella di sintesi in cui compaiono le potenziali interferenze dei punti d'acqua con il tracciato in progetto (Tab. 4.2/A, pozzi e sorgenti) che vengono poi commentate ed elencate nelle schede monografiche del documento SPC LA-E-83218.

Tab. 4.2/A: Potenziali interferenze del tracciato con i punti d'acqua

Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar			
Prog (km)	Pozzo (PZxx) / Sorgente (SGxx)	Distanza dal tracciato	Comune
1.2	PZ1	100	Casarza Ligure
1.2	PZ2	45	Casarza Ligure
4.5	SG1	290	Casarza Ligure
5.5	SG2	440	Sestri Levante
5.5	SG3	430	Sestri Levante
6.0	SG4	295	Sestri Levante
6.7	SG5	320	Né
14.8	PZ3	25	Né
22.5	PZ4	25	Carasco
24,2	PZ5	45	San Colombano Certenoli
24,3	PZ6	50	San Colombano Certenoli
24,3	PZ7	85	San Colombano Certenoli
24,3	PZ8	105	San Colombano Certenoli
25.8	PZ9	470	San Colombano Certenoli
26,0	PZ10	485	San Colombano Certenoli
27,3	SG6	90	San Colombano Certenoli
29,0	PZ11	20	San Colombano Certenoli
29.7	PZ12	90	San Colombano Certenoli
30.6	PZ13	225	Coreglia Ligure
30.7	PZ14	205	Coreglia Ligure
30.8	PZ15	160	Coreglia Ligure
33.8	PZ16	135	Cicagna
33.8	PZ17	465	Cicagna
36,0	SG7	35	Cicagna
36,0	SG8	65	Cicagna
37.7	SG9	95	Tribogna
38.6	SG10	300	Tribogna
38.5	SG11	375	Tribogna
38.7	SG12	420	Tribogna
41.6	SG13	225	Uscio
42.0	SG14	200	Uscio
43.7	SG15	105	Lumarzo

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 39 di 98	Rev. 1

Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar			
Prog (km)	Pozzo (PZxx) / Sorgente (SGxx)	Distanza dal tracciato	Comune
44,2	SG16	315	Lumarzo
44,7	SG17	350	Lumarzo
44,7	SG18	55	Lumarzo
45,0	SG19	120	Lumarzo
45,1	SG19bis	220	Lumarzo
46,2	SG20	180	Lumarzo
47,4	SG21	70	Lumarzo
48,2	SG22	125	Sori
48,2	SG23	40	Sori

4.2.6 Stima di massima della soggiacenza della superficie piezometrica lungo i tracciati di progetto

La stima della soggiacenza della superficie piezometrica, non essendo disponibili e pubblicate cartografie delle isofreatiche, è stata fatta, all'interno di questo documento, in base ai dati di soggiacenza ricavati dalle indagini geognostiche ed a considerazioni idrogeologiche di carattere generale.

Al fine di realizzare una carta delle isofreatiche, poco prima dell'inizio dei lavori, verranno installati una serie di piezometri negli acquiferi alluvionali del Petronio, dello Sturla e del Lavagna. Tale argomento viene affrontato nel documento SPC. LA-E-83070, "Risorse Idrogeologiche e Monitoraggi sulle acque", in cui il capitolo 1 illustra le integrazioni in merito alle risorse idrogeologiche (suolo e sottosuolo, acque sotterranee), mentre il capitolo 2 delinea in maniera più specifica il programma di Monitoraggio ambientale in relazione alle acque superficiali e sotterranee.

Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16") in progetto

Settori collinari

Nella prima parte del tracciato di progetto, nelle valli del Petronio e del Gromolo, i rilievi collinari sono costituiti interamente da terreni dell'acquifero ofiolitico, che il tracciato di progetto percorre con sostanziale continuità lungo linee di crinale. In tali condizioni la circolazione idrica, profonda in ragione della permeabilità elevata, della morfologia e dell'assenza di limiti di permeabilità significativi, consente di escludere che la condotta possa interferire con terreni saturi.

Nel seguito del percorso, in cui il tracciato attraversa i versanti della val Graveglia e della valle Sturla, e nel percorso lungo il versante destro della Val Lavagna, ad Ovest del torrente Liteglia, i rilievi sono formati in massima parte da terreni appartenenti all'aquitardo argilloso-marnoso. Le successioni torbiditiche dell'aquitardo, costituite da prevalenti sequenze marnoso-argillose con subordinate intercalazioni arenacee e calcaree, sono caratterizzate nel complesso da scarsa circolazione idrica profonda e dalla presenza di ridotti circuiti a carattere locale, sviluppati negli orizzonti superficiali più alterati e fratturati. Poiché il tracciato segue anche in queste aree in massima parte linee di cresta e di crinale, in cui la profondità di scavo è limitata, l'attraversamento di

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 40 di 98	Rev. 1

terreni saturi si può escludere, fatta eccezione per la possibile interferenza con circuiti di carattere locale nei pochi casi di percorrenza dei settori inferiori dei versanti, che in ogni caso non appartengono a falde di significativa rilevanza come risorse idriche.

L'acquifero delle Arenarie del Gottero viene attraversato per circa quattro chilometri lungo il crinale Monte dei Preti – Monte Carnella – Costa Crocetta: date le condizioni morfologiche e il grado di permeabilità medio-elevato la circolazione idrica è profonda e porta ad escludere possibilità di interferenza con le acque sotterranee. Analoghe condizioni possono invocarsi per i brevi tratti in cui il tracciato di progetto interessa l'acquifero carbonatico della Formazione del Monte Antola nelle parti sommitali dei rilievi.

Per quanto riguarda le opere in sottoterraneo (*microtunnel* e *raise borer*) previste all'interno dei rilievi collinari, la maggior parte di esse attraversa terreni dell'aquitardo argilloso-marnoso, caratterizzato da scarsa circolazione profonda, e dall'assenza di limiti di permeabilità significativi tra le varie formazioni che vi appartengono, e in cui quindi l'interferenza con le acque sotterranee è limitata e non interessa risorse idriche di rilievo.

Il *microtunnel* Pezze ed il *raise borer* Rocce saranno scavati nell'acquifero ofiolitico. Data la prossimità delle quote del *microtunnel* e dell'imbocco di valle del *raise borer*, con il fondovalle del Petronio non si può escludere una limitata interferenza con terreni saturi.

Il *microtunnel* San Martino attraversa le Arenarie del Monte Gottero e l'aquitardo argilloso-marnoso, rappresentato dalle Ardesie di Monte Verzi, che ricopre con contatto tettonico l'acquifero arenaceo. Il *microtunnel* sarà realizzato a quote prossime al fondovalle del Lavagna, che può cautelativamente assumersi come livello di base della circolazione idrica. È quindi possibile che in particolare l'attraversamento dell'acquifero arenaceo interessi almeno in parte l'ammasso roccioso saturo e che circolazione idrica significativa sia presente nelle intercalazioni calcaree dell'aquitardo argilloso-marnoso.

Il *microtunnel* e galleria tradizionale Monte Bado sarà realizzato all'interno dell'acquifero della Formazione del Monte Antola. L'attraversamento dell'acquifero avverrà a quote ampiamente superiori al livello di base della circolazione rappresentato dal limite con gli Scisti Mangesiferi e/o dalle incisioni vallive più profonde, in cui sono presenti numerose sorgenti alimentate in gran parte dall'acquifero carbonatico. È quindi poco probabile l'interferenza con ammassi rocciosi saturi.

Per quanto riguarda le opere in sottoterraneo per le quali l'interferenza con terreni saturi non può essere esclusa, si fa presente che nei lavori sottofalda è possibile realizzare un tunnel impermeabilizzato durante tutte le fasi costruttive, adottando una postazione di trivellazione a tenuta idraulica, una fresa "a bilanciamento" delle pressioni idrostatiche esterne e giunti di tenuta idraulica tra gli elementi tubolari posati. Ciò consente di evitare fenomeni di drenaggio e di deflusso lungo lo scavo e riduce così in maniera sostanziale l'impatto con le acque sotterranee, che viene limitato al modesto effetto barriera, perturbazione che si annulla in brevi distanze, comunque trascurabile in acquiferi fratturati.

Piane alluvionali

Essendo molto pochi i dati piezometrici disponibili, derivati da misure eseguite in passato in vecchi pozzi e da misure recenti effettuate nei sondaggi delle indagini geognostiche, la valutazione della soggiacenza nelle piane alluvionali ha un carattere di prima approssimazione. In linea generale, dato il limitato spessore dei depositi

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 41 di 98	Rev. 1

alluvionali, i valori di soggiacenza non sono elevati; si può considerare che per una soggiacenza di valore superiori a 3-4 metri l'interferenza della condotta con le acque sotterranee può essere possibile solo temporaneamente, in regime di falda alta; è da considerarsi probabile-possibile per valori inferiori a 3-4 metri.

Nei depositi alluvionali del fondovalle del Petronio la soggiacenza misurata nei sondaggi geognostici è di circa 6 metri dal p.c. Ciò indica che l'interferenza con la falda freatica è improbabile nella percorrenza della piana, tranne che nell'intorno dell'attraversamento dell'alveo.

Nel fondovalle del Graveglia la soggiacenza si aggira intorno a 3 metri in sponda sinistra. Appare possibile che l'attraversamento del fondovalle possa comportare interferenza con l'acquifero saturo, oltre che in alveo anche nei depositi alluvionali delle sponde.

Nello stretto fondovalle del Garibaldo la soggiacenza misurata in un pozzo aperto e in un sondaggio geognostico risulta intorno a 4 m dal p.c. Si può ritenere pertanto che si verifichi interferenza con la falda freatica quasi esclusivamente nell'attraversamento dell'alveo.

Per l'acquifero alluvionale dello Sturla non sono disponibili dati piezometrici. Tenuto conto del basso dislivello tra alveo e piana terrazzata adiacente (di circa 2 metri), si può stimare una soggiacenza intorno a 2-3 metri dal p.c., compatibile con parziale interferenza della condotta con la falda freatica in gran parte dell'attraversamento dell'acquifero alluvionale, soprattutto in periodi di falda alta.

I depositi alluvionali dell'acquifero del Lavagna vengono attraversati dal tracciato di progetto più volte in diverse aree separate, dove, nel versante destro della valle, non sono previste opere in sotterraneo.

Nell'area del Pian di Scaruglia il tracciato attraversa l'alveo circa normalmente all'andamento della valle. Nei pozzi ad uso industriale della sponda destra la soggiacenza è dell'ordine di 6-8 m dal p.c. Si può quindi stimare che l'interferenza con la falda freatica si verifichi nell'intorno dell'attraversamento e nelle aree immediatamente adiacenti.

Nell'area di Seriallo, non sono disponibili dati piezometrici locali. Poiché il tracciato percorre la piana alluvionale in gran parte in prossimità del piede del versante, si può valutare che la falda venga interessata dallo scavo limitatamente al tratto maggiormente vicino all'alveo.

Il percorso di maggiore estensione nel fondovalle del Lavagna viene coperto, in sponda destra, da Pian dei Cunei a Piano di Casarile, successivamente per un breve tratto in sponda sinistra nei pressi di Calvari e poi ancora in sponda destra, fino alla confluenza con il Fossato di Canavale. Dai dati di misure piezometriche eseguite nei sondaggi geognostici della sponda sinistra, si ricava un valore di soggiacenza di 4-5 metri dal p.c. Per la sponda opposta, caratterizzata da analogo dislivello con l'alveo, nell'area del Pian di Coreglia, a Nord del Fossato di Canavale, la soggiacenza nei pozzi dell'acquedotto di S. Margherita L., situati in prossimità dell'alveo del Lavagna, si aggira, sulla base di dati storici, intorno a 4 m dal p.c. È quindi ragionevole ritenere che per la maggior parte del tracciato su entrambe le sponde, non si verifichi interferenza

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 42 di 98	Rev. 1

con la falda, che avviene verosimilmente nell'intorno degli attraversamenti del Lavagna.

Nell'area del Pian di Coreglia il tracciato di progetto percorre l'acquifero alluvionale per un breve tratto, che prevede anche l'attraversamento del Fossato di Coreglia. I dati di soggiacenza dei citati pozzi dell'acquedotto di S. Margherita L. consentono di ritenere che l'interferenza con la falda freatica si verifichi esclusivamente nei tratti immediatamente adiacenti all'attraversamento dell'alveo.

4.3 Interferenze dei tracciati con aree a rischio idraulico

In riferimento a quanto illustrato nella Sezione I "Quadro di riferimento programmatico" a riguardo delle interferenze tra il tracciato e le zonizzazioni dei diversi Piani di Bacino, le interferenze tra l'opera e le aree a idraulica per esondazione sono descritte in un apposito annesso del presente Studio, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti (vedi SPC. LA-E-83050, Interferenze dell'opera con le aree a pericolosità idraulica).

Con riferimento alla definizione delle categorie di tali aree, di seguito sono evidenziate in forma tabellare le interferenze del tracciato con dette aree e viene specificata la definizione di ciascuna area.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 43 di 98	Rev. 1

Tab. 4.3/A: Interferenze del tracciato con l'alveo attuale

Da (km)	A (km)	Percorrenza parziale (km)	Comune	Bacino
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar				
0,485	0,505	0,020	Casarza Ligure	Torrente Petronio (Ambito 17)
0,935	0,975	0,040		
11,680	11,700	0,020	Ne	Torrente Graveglia (Ambito 16)
22,405	22,455	0,050	Carasco	Torrente Sturla (Ambito 16)
24,290	24,350	0,060	San Colombano Certenoli	Torrente Lavagna
29,070	29,135	0,065		
29,420	29,475	0,055		
Dis. Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400/250 (16"/10"), MOP 70 bar				
0,520	0,545	0,025	Casarza Ligure	Torrente Petronio (Ambito 17)

Alveo Attuale: fermo restando che la sua puntuale definizione è effettuata alla scala più adeguata nell'ambito della predisposizione degli specifici atti che lo richiedano, la sua individuazione di massima per i tratti principali e per quelli che presentano situazioni di criticità è riportata nella "Carta delle fasce di inondabilità" (scala 1:5000) (dalle Norme Tecniche di Attuazione redatte dall'Ufficio Pianificazione territoriale (22/09/2014, rev. 3), CAPO II (Articolazione del territorio in categorie), Art. 12 (Individuazione e categorie di aree), punto 1)

Tab. 4.3/B: Interferenze del tracciato con la Fascia di riassetto fluviale

Da (km)	A (km)	Percorrenza parziale (km)	Comune	Bacino
Metanodotto. Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar				
24,215	24,290	0,075	San Colombano Certenoli	Torrente Lavagna
24,350	24,470	0,120		
25,155	25,885	0,730	Leivi	
25,975	26,310	0,335		
28,265	29,870	1,605	San Colombano Certenoli	
29,935	30,225	0,290		
30,275	30,525	0,250		
30,590	30,630	0,040		
30,630	30,650	0,020	Coreglia Ligure	

Fascia di riassetto fluviale (RF): è individuata nella "Carta della fascia di riassetto fluviale" o nella "Carta delle fasce di inondabilità" e comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dai Piani. La sua delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie dei Piani e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito degli stessi. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste. Può comprendere, inoltre, aree ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale limitrofe al corso d'acqua (dalle Norme Tecniche di Attuazione redatte dall'Ufficio Pianificazione territoriale (22/09/2014, rev. 3), CAPO II (Articolazione del territorio in categorie), Art. 12 (Individuazione e categorie di aree), punto 1).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 44 di 98	Rev. 1

Tab. 4.3/C: Interferenze del tracciato con la Fasce di inondabilità

Da (km)	A (km)	Percorrenza parziale (km)	Comune	Bacino
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar				
0,000	0,300	0,300	Casarza Ligure	Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
0,300	0,305	0,005		Petronio Fascia C
0,305	0,485	0,180		Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
0,505	0,610	0,105		
0,855	0,935	0,080		
0,975	1,040	0,065		
1,040	1,050	0,010		
1,050	1,085	0,035		
1,085	1,190	0,105		
1,190	1,215	0,025		
1,215	1,225	0,010		Petronio Fascia C
1,225	1,270	0,045	Petronio Fascia B	
11,650	11,655	0,005	Ne	Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
11,655	11,670	0,015		Ambito 16 Fascia C (aree storicamente inondate)
11,670	11,680	0,010		Ambito 16 Fascia B
11,700	11,710	0,010		Ambito 16 Fascia A
22,210	22,230	0,020	Carasco	Ambito 16 Fascia C
22,230	22,340	0,110		Ambito 16 Fascia B
22,340	22,405	0,065		Ambito 16 Fascia A
22,470	22,660	0,190		Ambito 16 Fascia B
22,660	22,665	0,005		Ambito 16 Fascia C (aree ex inondabili)
24,135	24,290	0,155	San Colombano Certenoli	Lavagna Fascia B - Ambito BB
24,350	24,445	0,095		Lavagna Fascia A
24,445	24,490	0,045		Lavagna Fascia B - Ambito B0
25,140	25,925	0,785	Leivi	Lavagna Fascia A
27,415	27,445	0,030	San Colombano Certenoli	Lavagna Fascia B - Ambito B0
27,445	28,230	0,785		Lavagna Fascia A
28,230	28,365	0,135		Lavagna Fascia C
28,345	28,365	0,020		Lavagna Fascia B - Ambito B0
28,365	29,070	0,705		Lavagna Fascia A
29,135	29,420	0,285		
29,475	29,750	0,275		
29,765	29,830	0,065		
29,830	29,860	0,030	Coreglia Ligure	Lavagna Fascia C

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 45 di 98	Rev. 1

Tab. 4.3/C: Interferenze del tracciato con la Fasce di inondabilità (seguito)

Da (km)	A (km)	Percorrenza parziale (km)	Comune	Bacino
Collegamento a Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10"), DP 75 bar				
0,000	0,060	0,060	Casarza Ligure	Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
Dis. Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400/250 (16"/10") MOP 70 bar				
0,000	0,155	0,155	Casarza Ligure	Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
0,155	0,190	0,035		Petronio Fascia C
0,190	0,335	0,145		Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
0,335	0,375	0,040		Petronio Fascia C
0,375	0,520	0,145		Aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni – C2
0,545	0,640	0,095		
0,980	1,070	0,090		

In merito alla compatibilità del metanodotto in progetto con la dinamica fluviale, si possono, quindi, esprimere le seguenti considerazioni.

Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), la costruzione della condotta non determinerà nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.

Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo

La condotta in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

Interazioni con le opere di difesa idrauliche preesistenti

La realizzazione della condotta implica talvolta l'attraversamento di esistenti opere di difesa spondale; in ogni caso, qualora si determini un'interferenza con talune opere idrauliche, si procederà in fase di ripristino alla loro ricostruzione come preesistenti, in conformità tipologica e funzionale, onde evitare di alterare l'assetto morfodinamico locale.

Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

Relativamente ai corsi d'acqua attraversati in subalveo con tecnica a cielo aperto, sono previste in progetto delle opere idrauliche di difesa spondale e di regimazione in corrispondenza delle sezioni di attraversamento dei maggiori corsi d'acqua e di alcuni corsi minori. Queste opere saranno adeguatamente progettate e realizzate nello scrupoloso rispetto dell'assetto morfologico-idraulico dei tratti interessati.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 46 di 98	Rev. 1

Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo inciso

Le condotte in progetto non inducono alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo la stessa localizzata in subalveo ad una profondità tale da non interferire in alcun modo con la dinamica fluviale. La realizzazione delle opere di regimazione previste in progetto, permetterà inoltre di ricostituire accuratamente le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.

Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Essendo l'opera del tutto interrata, non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

Nelle aree con significativa sensibilità ambientale sono stati comunque previsti interventi di ripristino, con il duplice obiettivo di mitigare le alterazioni temporanee prodotte dai lavori e recuperare in tempi brevi le caratteristiche paesaggistiche e vegetazionali originarie.

Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Condizioni di maggiore criticità concernenti la sicurezza dell'opera, e conseguentemente dell'intero sistema tubazione-regione fluviale, possono ipotizzarsi solamente in corrispondenza degli attraversamenti fluviali, in quanto direttamente interferenti con il regime idraulico e di conseguenza con l'attività morfodinamica. Tuttavia, per il fatto che la posa della condotta è stata progettata a profondità rilevanti, nei depositi alluvionali, o ben immersa nel substrato formazionale, dove questo è sub-affiorante, si esclude ogni tipo di sollecitazione sulla condotta sia da parte dei livelli idrici di piena sia dall'azione erosiva della corrente.

CLIENTE: 	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco	Fg. 47 di 98	Rev. 1

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 Caratterizzazione della sismicità (zone sismiche ZS9, database DISS, database ITHACA)

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi ufficiali più aggiornati (es: CPTI15; DBMI15), considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In Figura 5.1/A è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi nell'area dell'opera in progetto (linea rossa), ed elencati in Tab. 5.1/A.

In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica bassa. Il catalogo CPTI15 riporta solo N.1 evento di magnitudo pari a 5 in provincia di Genova (Mw=4.98, zona epicentrale: genovese, data: 1767 d.C.), mentre le magnitudo massime stimate per i restanti terremoti storici catalogati risultano comprese mediamente tra magnitudo 4 e 4.5.

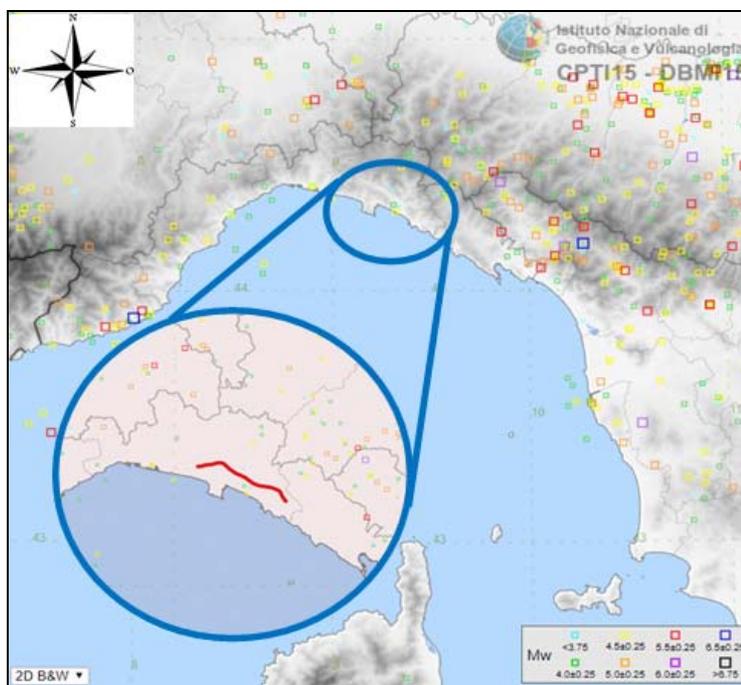


Fig. 5.1/A: Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti nell'area interessata dal progetto. La linea rossa è il tracciato del metanodotto in progetto (fonte: catalogo CPTI15, redatti da INGV)

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 48 di 98	Rev. 1

Tab. 5.1/A: Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPT15 relativi all'area interessata dall'opera in progetto (vedi Fig. 2.3.3/A)

ID	Anno	Zona Epicentrale	Magnitudo stimata (Mw)	Intensità Max	ID	Anno	Zona Epicentrale	Magnitudo stimata (Mw)	Intensità Max
808	1767	Genovese	4.98	6-7	4461	2011	Appennino ligure	4.22	-
3119	1975	Appennino piacentino	4.93	5-6	3755	1995	Lunigiana	4.2	5
3059	1972	Appennino settentrionale	4.87	5	4336	2008	Lunigiana	4.18	-
4210	2003	Valle Scrivia	4.81	7	4061	2001	Mar Ligure	4.17	5
2604	1945	Oltrepò Pavese	4.78	6-7	603	1704	Riviera Ligure	4.16	6
1133	1835	Val di Taro	4.77	5-6	604	1704	Riviera Ligure	4.16	5
1460	1882	Val Borbera	4.77	6	904	1784	Oltrepò Pavese	4.16	5
2606	1945	Oltrepò Pavese	4.72	6	1132	1835	Val di Taro	4.16	5
2361	1927	Alta Val di Taro	4.66	6	1910	1906	Valle Scrivia	4.16	5
2273	1921	Lunigiana	4.64	7	2372	1928	Alta Val di Taro	4.16	6
25	1182	Genova	4.63	6	2899	1965	Lunigiana	4.16	5
299	1536	Genova	4.63	6	2280	1921	Val di Taro	4.15	5
303	1537	Savona	4.63	6	3092	1974	Alta Val di Taro	4.14	6
462	1641	Lunigiana	4.63	6	1569	1891	Alessandrino	4.13	5
1204	1849	Val di Taro	4.63	6-7	2022	1910	Appennino ligure	4.13	5
1293	1861	Varese Ligure	4.63	7	3571	1988	Alta Val di Taro	4.08	-
2090	1913	Valle Scrivia	4.57	5	2728	1955	Liguria orientale	4.07	5
3141	1976	Alta Val di Taro	4.54	5	3811	1996	Lunigiana	4.06	5-6
4532	2012	Piacentino	4.52	-	1841	1904	Campo Ligure	4.01	5
3456	1985	Appennino parmense	4.51	7	4266	2005	Valle del Trebbia	3.97	4
1062	1824	Oltrepò Pavese	4.49	5	1949	1908	Chiavari	3.83	5
33	1217	Genova	4.4	5-6	3488	1986	Appennino parmense	3.8	6
329	1547	Savona	4.4	5-6	3450	1985	Appennino parmense	3.76	5-6
452	1637	Chiavari	4.4	5-6	410	1610	Liguria occidentale	3.7	4
2005	1910	Piacentino	4.39	5	602	1703	Piemonte-Liguria	3.7	-
2380	1928	Alta Val di Taro	4.39	6	765	1751	Liguria	3.7	-
3118	1975	Appennino piacentino	4.36	5-6	1184	1845	Valle Scrivia	3.7	5
3040	1971	Mar Ligure	4.33	5-6	1808	1902	Valle Scrivia	3.7	5

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 49 di 98	Rev. 1

2320	1924	Genovese	4.32	5	2195	1917	Chiavari	3.7	5
3068	1973	Appennino piacentino	4.28	-	2715	1954	Appennino piacentino	3.7	5
2792	1959	Alta Val di Taro	4.27	5	2491	1934	Liguria orientale	3.69	5
4472	2012	Appennino ligure	4.27	-	4265	2005	Valle del Trebbia	3.68	4
2352	1926	Lunigiana	4.25	5-6	3452	1985	Appennino parmense	3.67	5-6
2075	1913	Val Trebbia	4.24	5	3453	1985	Appennino parmense	3.66	6
1707	1897	Mar Ligure	4.22	5					
1915	1906	Alta Val di Taro	4.22	6					

Il database DBMI15, a differenza del catalogo CPTI15, archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di valutare la sismicità storica delle località italiane, sulla base degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati sui manufatti esistenti al tempo degli eventi sismici. Ad esempio, in occasione dell'evento del 1767 (CPTI15) sono state osservati effetti di danni pari a 6-7 gradi della scala MCS in alcune località circostanti.

In Fig. 2.3/D è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nel DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse (cfr. cerchio rosso) sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo caratterizzati da bassi gradi di Intensità macrosismiche di grado (I_{max} 4-5).

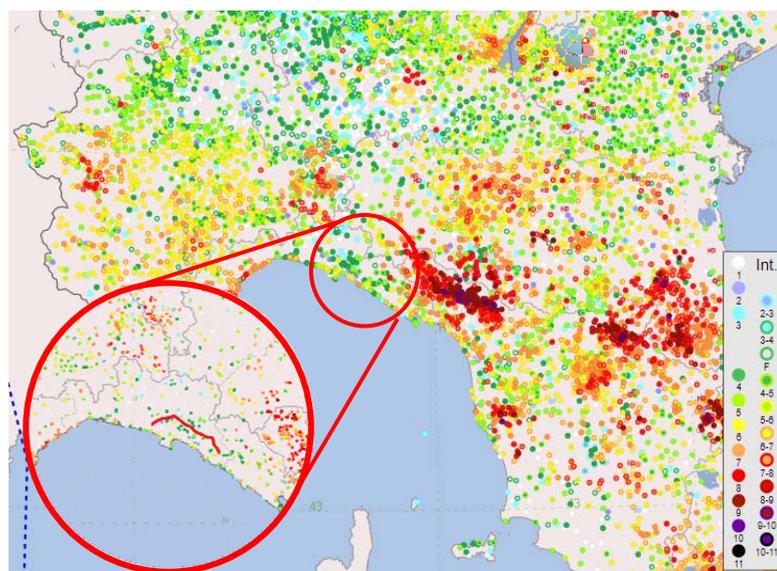


Fig. 5.1/B: Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI15 (fonte: INGV), relativi al territorio in esame (cerchio rosso)

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 50 di 98	Rev. 1

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 (Fig. 3/A) e dal database DBMI15 (Fig. 3/C), dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata in base a:

1. Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti C. e Valensise G., 2004);
2. DISS (Database of Individual Seismogenic Sources; vers. 3.2.1), un database geografico che racchiude la tettonica, le faglie e le informazioni paleosismiche al fine di caratterizzare al meglio le sorgenti sismogenetiche localizzate sul territorio nazionale.

Entrambe le fonti sono elaborate a cura dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'analisi della zonazione sismogenetica del territorio nazionale proposta nello studio ZS9 (INGV), evidenzia che il tracciato in progetto interferisce con il margine della zona sismogenetica 911, che fa parte della porzione orientale dell'Appennino ligure (Fig. 5.1/C).

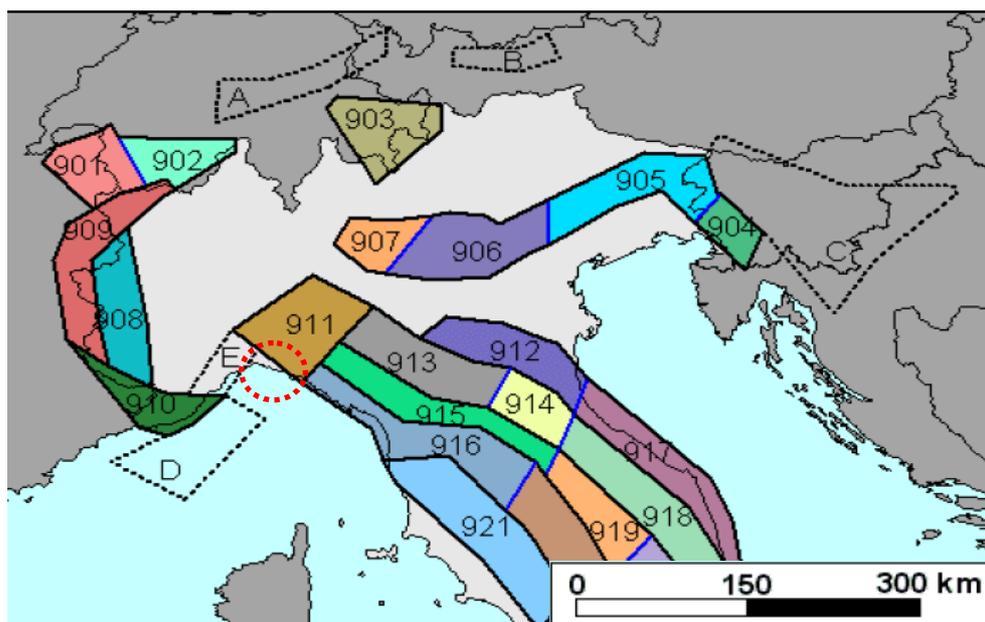


Fig. 5.1/C: Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero, il colore non è significativo (modif. da Meletti C. e Valensise G., 2004); nel cerchio rosso l'area interessata dal tracciato

La zona 911, delimita una zona di transizione ("svincolo" cinematico) tra le strutture tettoniche attive che caratterizzano l'arco appenninico settentrionale (zone 913, 915 e 916), e quelle comprese nell'arco alpino occidentale (zone 908 e 910).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 51 di 98	Rev. 1

Questo settore è caratterizzato da una sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni poco significativi su aree di limitata estensione. Si evidenzia, che nella porzione più occidentale il tracciato in progetto si sviluppa all'esterno di questa zona sismogenetica, mentre la parte più orientale borda il margine più inferiore di questa zona sorgente.

A partire da luglio 2016, l'INGV ha messo a disposizione la versione aggiornata della banca dati DISS, ("Database of Individual Seismogenic Sources" versione 3.2.1).

Un database georiferito che racchiude la tettonica, le faglie e le informazioni paleosismiche al fine di localizzare e caratterizzare al meglio le potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo attesa superiore di M 5.5 localizzate sul territorio nazionale.

Al fine di approfondire ed integrare l'analisi sismogenetica e neotettonica del territorio esaminato si è proceduto alla consultazione di questo database.

Come evidenziato dalla Fig. 5.1/D, il metanodotto in progetto non interferisce con nessuna sorgente sismogenetica riportata nel catalogo DISS.

Le sorgenti sismogenetiche più prossime al tracciato in progetto sono a distanze superiore ai 30-40 km (ITC S026 "Lunigiana" e ITC S022 "Imperia Promontory", Fig. 2.3/F).

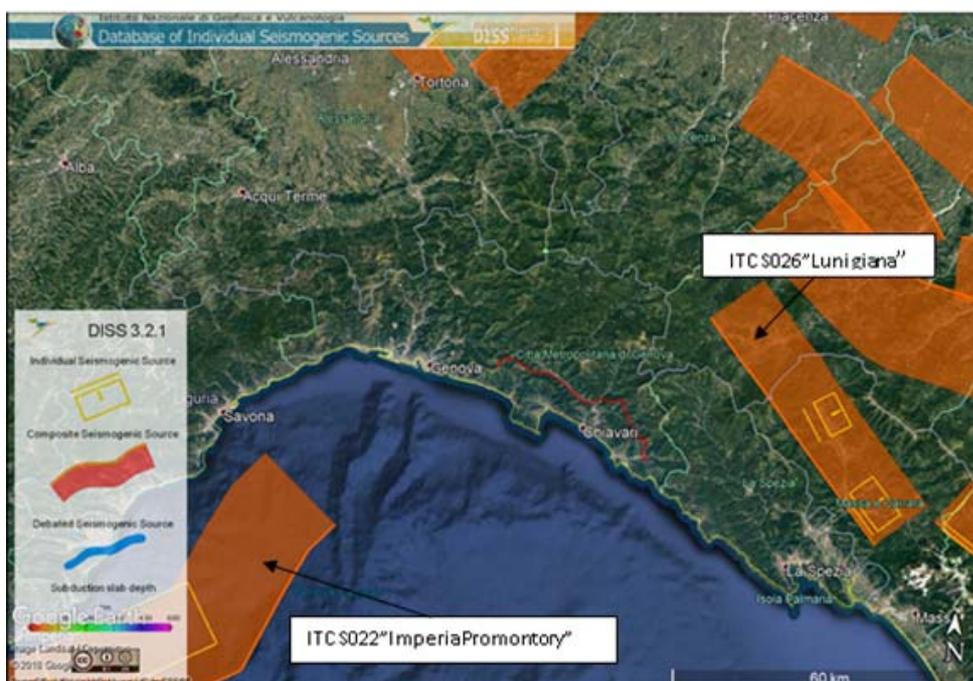


Fig. 5.1/D: Sorgenti sismogenetiche composte, in campo arancione, e sorgenti sismogenetiche individuali, perimetrare in giallo (DISS v. 3.2.1). La line rossa rappresenta il metanodotto in progetto.

La azione sismica massima attesa nel territorio interessato dall'opera è stata stimata in accordo ai requisiti della normativa nazionale attualmente in vigore (NTC 2018).

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 52 di 98	Rev. 1

L'analisi delle categorie topografiche è stata eseguita utilizzando un database di dati DTM (risoluzione 10m) definito sul tracciato in progetto, che ha consentito una più accurata assegnazione delle categorie lungo la linea (N. 478 siti campionati), come segue:

- N. 133 – Categoria topografica T1 (27,8%)
- N. 182 – Categoria topografica T2 (38,1%)
- N. 163 – Categoria topografica T3 (34,1%)

Nelle nuove norme NTC 2018 la definizione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) in campo. Pertanto, sono state eseguite una serie di prove indirette (N. 19 indagini tipo MASW), ubicate nei siti più rappresentativi delle condizioni geologiche presenti lungo il tracciato. I risultati delle prove sismiche hanno consentito una accurata caratterizzazione delle unità litotecniche presenti lungo il tracciato (N. 25) alle quali sono state poi assegnate le seguenti categorie di sottosuolo:

- N. 268 – Categoria di sottosuolo A (56,1%)
- N. 174 – Categoria di sottosuolo B (36,4%)
- N. 33 – Categoria di sottosuolo C (6,9%)
- N. 3 – Categoria di sottosuolo E (0,6%).

I valori di accelerazione orizzontale al suolo (PGA) minimi e massimi attesi lungo il tracciato definiti in accordo alle norme NTC 2018 sono:

- **PGA = 0.051g÷0.091g** per lo Stato Limite di Danno SLD ($T_R=100$ anni).
- **PGA = 0.118g÷0.225g** per lo Stato Limite Ultimo SLV ($T_R=950$ anni)

La stima del valore massimo della velocità orizzontale attesa al suolo (PGV) per lo stato limite di vita è stata calcolata lungo il tracciato in progetto in accordo alle norme NTC 2018 (cfr. Par. § 3.2.3.3, NTC 2018):

- **PGV = 0.054m/s÷0.191m/s** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=950$ anni).

Nel Documento N. LA-E-83017 è riportata in dettaglio l'elaborazione dell'azione sismica massima attesa nel territorio interessato dal tracciato del metanodotto in progetto. In questo stesso documento (Appendice 1) è anche riportata la verifica della vulnerabilità della condotta allo scuotimento del terreno atteso (*ground shaking*), in termini di risposta meccanica e strutturale dell'infrastruttura rispetto ai limiti accettati dalle normative internazionali di riferimento.

Le verifiche degli stati tensionali indotti dallo scuotimento sismico del terreno sono state eseguite sui tratti rettilinei e curvi delle tubazioni interrate in occasione dell'azione sismica massima attesa e in concomitanza con l'esercizio dell'opera. Le verifiche sono state elaborate per tutti i diametri e gli spessori previsti per le condotte in esame, in accordo ai parametri meccanici riportati nel documento di SIA (rif. LA-E-83010).

I risultati delle verifiche hanno evidenziato l'idoneità dello spessore della tubazione a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno in occasione dell'evento sismico massimo atteso.

Dai risultati si evince pure che in nessun caso, per effetto dello *shaking*, si raggiungono i valori di resistenza a rottura dell'acciaio costituente le condotte in progetto, che sotto questo aspetto possono essere considerate assolutamente sicure.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 53 di 98	Rev. 1

Nello studio di dettaglio della caratterizzazione sismica del territorio interessato dal tracciato in progetto (Doc. N. LA-E-83017) è stata valutata la pericolosità di eventuali deformazioni cosismiche (i.e. dislocazioni su piani di faglia; liquefazione), che potrebbero innescarsi in occasione di eventi sismici lungo il tracciato in progetto. A tal proposito, è stata realizzata un'analisi areale lungo la fascia di territorio interessata dall'opera in progetto per valutare la pericolosità rispetto ad interferenze con faglie attive e capaci e a zone potenzialmente suscettibili a fenomeni di liquefazione dei terreni.

La valutazione del potenziale rischio per la condotta in progetto associato ad interferenze con faglie attive e capaci, ossia linee tettoniche in grado di manifestare una deformazione permanente in superficie in occasione di eventi sismici, si basa in prima analisi sulla definizione del livello di pericolosità del fenomeno, ossia: individuazione di faglie attive e capaci che interferiscono con il tracciato e loro caratterizzazione cinematica.

L'analisi è stata eseguita verificando i cataloghi ufficiali (DISS; ITHACA), i dati disponibili in letteratura scientifica e mediante sopralluoghi nelle zone di interesse. Nei cataloghi ufficiali non è stata individuata nessuna presunta faglia attiva e capace che potrebbe interferire con il tracciato in progetto.

Le analisi delle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del territorio di interesse non evidenziano elementi che possano suggerire la presenza di lineamenti tettonici attivi o recenti.

Inoltre, le osservazioni svolte in occasione di sopralluoghi lungo il tracciato non hanno riportato indizi di fagliazione superficiale, deformazioni o alterazioni delle forme o dei profili morfologici.

In conclusione, a seguito della verifica dei cataloghi ufficiali e dei dati di letteratura, ma anche a valle dei sopralluoghi effettuati lungo il tracciato, si ritiene che eventuali fenomeni di deformazione permanente cosismici indotti da fagliazione superficiale possano costituire un elemento di rischio trascurabile per l'opera in progetto.

L'analisi del rischio sismico della condotta in progetto rispetto alla possibile interferenza dell'opera con terreni potenzialmente suscettibili a liquefazione in caso di eventi sismici è stata eseguita considerando i requisiti riportati nella normativa vigente (NTC 2018). Nel paragrafo 7.11.3.4.2. delle norme NTC 2018 sono riportati i criteri secondo i quali la verifica a liquefazione può essere omessa quando le condizioni geologico/geotecniche locali presentano una serie di particolari caratteristiche.

In conclusione, in base ai risultati ottenuti dalla analisi di dettaglio effettuata nelle aree identificate lungo l'asse del metanodotto in progetto come potenzialmente suscettibili a liquefazione dei terreni (rif. Doc. N. LA-E-83017), si ritiene che non vi siano zone con un elevato livello di pericolosità, tali che possano costituire un rischio rilevante per l'infrastruttura in termini di deformazioni permanenti indotte.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 54 di 98	Rev. 1

6 INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)

In questo capitolo e nell'annesso LA-E-83019 (Interferenze dell'opera con aree a suscettività al dissesto elevata) sono descritte le interferenze dei tracciati delle linee in progetto (Dis. LB-D-83201, Tracciato di Progetto) con le aree ad elevata suscettività al dissesto dei versanti, censite nei diversi piani di bacino di competenza dell'Autorità di Bacino Regionale della Liguria, come di seguito elencati:

- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Ambito 17 (bacini del Petronio e del Gromolo);
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Ambito 16 (bacini del Graveglia e dello Sturla);
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del torrente Lavagna;
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del torrente Bisagno;

Per le aree oggetto di studio, le aree in frana censite all'interno del Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiano) risultano coincidenti e quindi sono inglobate nelle aree PAI dei Piani di Bacino sopra citati e a cui si fa riferimento in toto. In particolare le aree IFFI sono corrispondenti alle aree suscettive classificate come "Pg3a" che vengono citate in seguito ed esaminate nelle schede monografiche presenti all'interno del documento SPC LA-E-83018 (capitolo 3).

I Piani di Bacino sono lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono definite le azioni e le norme d'uso relative alle aree suscettibili di dissesto idrogeologico al fine di provvedere alla difesa e alla valorizzazione del suolo.

Gli Ambiti di Bacino interessati dal tracciato di progetto sono:

- Torrente Bisagno;
- Ambito 14;
- Torrente Lavagna;
- Ambito 16;
- Ambito 17.

All'interno delle Norme di Attuazione redatte dall'Ufficio Pianificazione territoriale (22/09/2014, rev. 3), al CAPO II (*Articolazione del territorio in categorie*), Art. 12 (*Individuazione e categorie di aree*), punto 2b, sono definite le "Aree a diversa suscettività al dissesto di versante (Aree SDV) con apposita cartografia sulla base delle seguenti classi:

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 55 di 98	Rev. 1

1. suscettività al dissesto molto elevata: aree in cui sono presenti movimenti di massa in atto - frana attiva (Pg4);
2. suscettività al dissesto elevata comprensiva delle seguenti aree
 - 2.1 **Pg3a**: aree in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi;
 - 2.2 **Pg3b**: aree, prive al momento di movimenti gravitativi attivi e quiescenti, in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili, dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa inattive;
3. suscettività al dissesto media (Pg2): aree in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo, dalla cui valutazione combinata risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 2);
4. suscettività al dissesto bassa (Pg1): aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità, dalla cui valutazione risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 3);
5. suscettività al dissesto molto bassa (Pg0): aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

Le interferenze con il tracciato in progetto oggetto del presente studio appartengono al punto 2 sopra evidenziato; si tratta quindi di aree classificate come Pg3a e Pg3b, come esplicitato nel paragrafo seguente.

In tale studio non vengono trattate le interferenze con aree a suscettività al dissesto molto bassa, bassa e media, per le quali non sono previste nelle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino indagini di dettaglio a supporto di interventi di nuova costruzione

6.1 Indicazioni metodologiche per la definizione delle classi di suscettività al dissesto

In questo paragrafo vengono descritte le indicazioni metodologiche che hanno portato alla definizione delle classi di suscettività al dissesto dei versanti ed elencate tutte le interferenze per classe, lunghezza di attraversamento e posizione nel tracciato di progetto.

Secondo la definizione fornita dall'Autorità di Bacino Regionale, la Carta della Suscettività al Dissesto costituisce la sintesi cartografica della Pericolosità, ovvero un'indicazione della probabilità che un certo fenomeno idrogeologico o geomorfologico si verifichi nel bacino. Dal punto di vista geologico-geomorfologico, le indicazioni relative alla predisposizione della Carta di Suscettività al Dissesto dei Versanti hanno

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 56 di 98	Rev. 1

suggerito l'utilizzo di uno schema operativo basato sull'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

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

Il metodo, così come descritto nella Linea Guida 2-2000 della Regione Liguria, consiste nella generazione di elementi poligonali elementari ottenuti tramite l'incrocio dei diversi tematismi, ad ognuno dei quali viene attribuito un peso. Ogni poligono elementare è quindi caratterizzato da un numero che costituisce la somma algebrica di tutti i pesi relativi a ciascun elemento associato al poligono. Maggiore è il peso totale, maggiore sarà la suscettività al dissesto connessa al poligono elementare.

La metodologia consente eventuali integrazioni o aggiornamenti successivi, sulla base, anche, di nuove conoscenze tecniche.

La procedura è informatizzata e si basa sui dati di base georiferiti e strutturati su file Microstation J, mediante l'utilizzo del software GIS Intergraph Mge e del database Microsoft Access '97, seguendo le raccomandazioni emanate da Regione Liguria.

La sommatoria dei pesi applicati alle singole classi è stata suddivisa in intervalli, per la definizione delle classi di suscettività al dissesto, come illustrato nella tabella 6.1/A.

In ottemperanza alle raccomandazioni della Regione Liguria, in considerazione del fatto che la Carta della suscettività al dissesto ha anche ricadute normative, alle classi così definite sono state sovrainposte ulteriori classi elencate in 6.1/B.

Alla classe "cave attive, miniere attive e discariche in esercizio" non è stata attribuita alcuna classe di suscettività in quanto tali aree sono normate da specifici Piani di Settore e dalla normativa di Piano stesso; per quanto riguarda le altre aree speciali (ex cave, ecc.), la classe sovrainposta è stata resa "trasparente" per lasciare visibile anche la suscettività calcolata.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 57 di 98	Rev. 1

Tab. 6.1/A: Classi di suscettività al dissesto dei versanti

CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	sigla	range
Molto bassa	Pg0	Pg0<7
Bassa	Pg1	7<=Pg1<14
Media	Pg2	14<=Pg2<20
Elevata	Pg3b	Pg3b>=20

Tab. 6.1/B: Classi di suscettività al dissesto dei versanti sovrainposte

CLASSE SOVRAIMPOSTA	Classe di suscettività	sigla
Frana attiva	Molto elevata	Pg4
Frana quiescente	elevata	Pg3a
Frana relitta o stabilizzata	elevata	Pg3b
DGPV	elevata	Pg3b
Area a franosità diffusa attiva	elevata	Pg3a
Area a franosità diffusa quiescente	elevata	Pg3b
Frana superficiale – soil slip quiescente	elevata	Pg3b
Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Area speciale	Tipo A
Ex cave, ex miniere	Area speciale	Tipo B1
ex discariche e riporti antropici	Area speciale	Tipo B2

Tra i limiti del metodo si possono citare il limitato numero di parametri utilizzati nella definizione delle classi rispetto ai fattori molteplici che influiscono sulla suscettività al dissesto, e la conoscenza limitata forzosamente ad una scala solo globale dei valori dei parametri stessi, che non consente di esaminare casi locali a scala ridotta, pertanto, in questo studio (come segue) è stata effettuata una verifica delle condizioni locali, definendo nel dettaglio le caratteristiche intrinseche di ogni singola area, ovvero:

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

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 58 di 98	Rev. 1

6.2 Esame delle interferenze

Il tracciato di progetto interferisce in massima parte con aree della classe Pg3b (135), e solamente con cinque aree della classe Pg3a, attraversate in tutti i casi in sottoterraneo tramite tecnologia trenchless.

I tratti del tracciato della condotta principale e delle linee secondarie in progetto ed in dismissione che interferiscono con le aree a suscettività al dissesto elevata sono riportati nelle tabelle 6.2/A ed esaminati nelle schede monografiche dell'annesso LA-E-83019, al capitolo 3. L'elevato numero di aree classificate come Pg3b (135) è legato al fatto che il tracciato interessa una stessa area per più tratti e per questo motivo sono state redatte 36 schede che raggruppano aree suscettive caratterizzate da uniformità delle condizioni geologico-geomorfologiche. Gli stralci cartografici che compaiono nelle schede monografiche e che rappresentano l'interferenza delle diverse linee del metanodotto con le aree PAI, sono ricavati dai Dis. LB-D-83218_r1_PAI e Dis. LB-D-83219__r1_GEO.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 59 di 98	Rev. 1

Tab. 6.2/A: Interferenza tra il tracciato delle linee in progetto e in dismissione e le aree a suscettività elevata al dissesto dei versanti

Da (Km)	A (Km)	Percor. parz. (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Numero scheda
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar - var Marzo_2019 - VERSIONE SIA rev.1					
0,64	0,69	0,050	Casarza Ligure	Pg3b	1
6,10	6,12	0,015	Sestri Levante	Pg3b	2
6,19	6,26	0,075		Pg3b	2
6,92	7,06	0,140		Pg3b	3A
7,62	7,79	0,170		Pg3b	3B
7,79	8,06	0,270		Pg3b	3C
8,09	8,13	0,040		Pg3b	3D
8,18	8,32	0,140		Pg3b	3D
10,05	10,11	0,060		Pg3b	4
10,25	10,29	0,040		Pg3b	4
10,36	10,37	0,015		Pg3b	4
10,42	10,46	0,040	Pg3b	4	
10,54	10,56	0,015	Pg3b	4	
10,61	10,63	0,020	Pg3b	4	
11,78	11,81	0,030	Pg3b	5	
12,02	12,16	0,140	Pg3b	5	
12,19	12,46	0,265	Pg3b	6	
12,65	12,75	0,100	Pg3b	7	
12,79	13,07	0,280	Pg3b	7	
13,32	13,37	0,050	Pg3b	7	
13,45	13,52	0,065	Pg3b	7	
13,60	13,63	0,035	Pg3b	7	
13,88	14,01	0,135	Pg3b	8	
14,02	14,10	0,080	Pg3b	8	
14,13	14,17	0,035	Ne	Pg3b	8
14,21	14,34	0,135	Pg3b	8	
14,39	14,67	0,275	Pg3b	8	
14,98	15,11	0,130	Pg3b	9	
15,50	15,66	0,160	Pg3b	10	
15,67	15,67	0,005	Pg3b	10	
15,69	15,72	0,035	Pg3b	10	
15,76	15,81	0,055	Pg3b	10	
15,92	15,95	0,030	Pg3b	10	
16,08	16,20	0,125	Pg3b	11	
16,27	16,33	0,060	Pg3b	11	
16,34	16,42	0,075	Pg3b	11	
16,51	16,54	0,025	Pg3b	11	
16,57	16,62	0,050	Pg3b	11	
16,78	16,80	0,025	Pg3b	11	
17,07	17,10	0,025	Pg3b	12	
17,12	17,18	0,060	Pg3b	12	
17,25	17,27	0,020	Ne	Pg3b	12
17,41	17,45	0,045	Mezzanego	Pg3b	13
17,68	17,70	0,015	Ne	Pg3b	13

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 60 di 98	Rev. 1

Tab. 6.2/A: Interferenza tra il tracciato delle linee in progetto e in dismissione e le aree a suscettività elevata al dissesto dei versanti (continua)

Da (Km)	A (Km)	Percor. parz. (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Numero scheda
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar - var Marzo_2019 - VERSIONE SIA rev.1					
17,70	17,71	0,015	Mezzanego	Pg3b	13
22,06	22,10	0,040	Carasco	Pg3b	14
22,66	22,79	0,130		Pg3b	15
23,04	23,07	0,030	San Colombano Certenoli	Pg3b	15
23,24	23,26	0,025		Pg3b	15
23,26	23,28	0,020		Pg3a	15
23,28	23,33	0,045		Pg3b	15
23,33	23,35	0,025		Pg3a	15
23,35	23,66	0,305		Pg3b	15
23,70	23,72	0,025		Pg3b	15
23,78	23,84	0,055		Pg3b	15
24,04	24,09	0,050		Pg3b	15
24,49	24,69	0,195		Pg3b	16
24,70	24,84	0,140		Pg3b	16
24,90	24,91	0,010		Pg3b	16
24,94	25,00	0,055		Pg3b	16
25,01	25,09	0,080		Pg3b	16
25,09	25,15	0,055	Leivi	Pg3b	16
25,80	25,81	0,015		Pg3b	17
25,84	25,89	0,050		Pg3b	17
25,98	26,00	0,015		Pg3b	17
26,27	26,29	0,020	San Colombano Certenoli	Pg3b	18
26,38	26,53	0,150		Pg3a	18
26,93	26,95	0,025		Pg3b	18
29,82	29,83	0,015		Pg3b	19
29,83	29,91	0,075	Coreglia Ligure	Pg3b	19
29,96	29,99	0,025		Pg3b	19
30,03	30,04	0,015		Pg3b	19
30,05	30,16	0,110		Pg3b	19
30,23	30,54	0,310		Pg3b	19
30,58	30,60	0,025		Pg3b	19
30,63	30,71	0,085		Pg3b	19
30,94	30,95	0,010		Pg3b	19
30,98	31,02	0,035		Pg3b	20
31,84	31,88	0,035		Pg3b	20
32,03	32,06	0,030	Cicagna	Pg3b	20
32,07	32,21	0,145		Pg3b	20
32,21	32,31	0,100		Pg3b	20
32,36	32,38	0,025		Pg3b	20
32,57	32,61	0,045		Pg3b	21
32,76	32,82	0,065		Pg3b	21
32,86	33,01	0,155		Pg3b	21
33,05	33,07	0,020		Pg3b	21
33,08	33,28	0,195	Pg3b	21	

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 61 di 98	Rev. 1

Tab. 6.2/A: Interferenza tra il tracciato delle linee in progetto e in dismissione e le aree a suscettività elevata al dissesto dei versanti (continua)

Da (Km)	A (Km)	Percor. parz. (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Numero scheda	
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar - var Marzo_2019 - VERSIONE SIA rev.1						
33,36	33,40	0,035		Pg3b	22	
33,44	33,55	0,110		Pg3b	22	
33,65	33,72	0,070		Pg3b	22	
33,86	33,99	0,125		Pg3b	23	
34,03	34,05	0,020		Pg3b	23	
34,06	34,15	0,090		Pg3b	23	
34,16	34,28	0,115		Pg3b	23	
34,55	34,57	0,020		Pg3b	24	
34,57	34,58	0,010		Pg3b	24	
34,63	34,69	0,065		Pg3b	24	
34,70	34,73	0,025		Pg3b	24	
34,83	35,07	0,245		Pg3b	24	
35,10	35,11	0,010		Pg3b	24	
35,15	35,17	0,020		Pg3b	24	
35,42	35,47	0,050		Pg3b	24	
35,55	35,60	0,050		Pg3b	25	
35,63	35,65	0,025		Pg3b	25	
35,81	35,89	0,080		Pg3b	25	
36,10	36,11	0,010		Pg3b	25	
36,32	36,57	0,250		Pg3b	26	
36,57	36,67	0,105		Pg3a	26	
39,71	39,73	0,020		Pg3b	27	
42,29	42,34	0,050		Pg3b	28	
42,80	42,88	0,080		Uscio	Pg3b	29
43,09	43,10	0,015			Pg3b	29
43,49	43,52	0,025		Pg3b	30	
43,88	44,03	0,150		Lumarzo	Pg3b	31
44,05	44,13	0,085	Pg3b		31	
44,15	44,18	0,030	Pg3b		31	
44,62	44,68	0,060	Pg3b		32	
44,74	44,79	0,055	Pg3b		33	
44,82	44,90	0,085	Pg3b		33	
44,91	44,92	0,015	Pg3b		33	
44,97	44,99	0,020	Pg3b		33	
45,09	45,33	0,245	Pg3b		33	
45,35	45,36	0,015	Pg3b		33	
45,43	45,53	0,095	Pg3b		33	
46,02	46,05	0,030	Pg3b		34	
46,06	46,11	0,050	Pg3b		34	
46,17	46,18	0,010	Pg3b		34	
46,33	46,46	0,125	Pg3b		34	
46,49	46,51	0,025	Pg3b		34	
46,69	46,85	0,155	Pg3b		35	
47,04	47,06	0,020	Pg3b	35		

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 62 di 98	Rev. 1

Tab. 6.2/A: Interferenza tra il tracciato delle linee in progetto e in dismissione e le aree a suscettività elevata al dissesto dei versanti (continua)

Da (Km)	A (Km)	Percor. parz. (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Numero scheda
Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar - var Marzo_2019 - VERSIONE SIA rev.1					
47,10	47,11	0,005	Sori	Pg3b	35
47,20	47,26	0,065		Pg3b	35
47,30	47,38	0,075		Pg3b	35
47,40	47,58	0,175		Pg3b	35
47,64	47,64	0,005		Pg3b	35
47,64	47,68	0,035		Pg3b	35
47,68	47,78	0,080		Pg3a	35
47,89	48,12	0,235		Pg3b	35
Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori DN 400(16"), DP 24 bar - VERSIONE SIA rev.1					
0,30	0,36	0,065	Sori	Pg3b	36
0,56	0,77	0,205		Pg3b	36
0,79	0,94	0,150		Pg3b	36
Tubazioni di servizio per Isolation System - VERSIONE SIA rev.1					
0,27	0,33	0,055	Sori	Pg3b	36
Dismissione cod. 4500530 Metanodotto Sestri Levante-Recco DN 400/250 (16"/10") MOP 70 bar - VERSIONE SIA rev.1					
0,66	0,78	0,125	Casarza Ligure	Pg3b	1
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DN 200 (8"), MOP 24 bar - VERSIONE SIA rev.1					
0,94	1,08	0,135	Sori	Pg3b	36
1,09	1,30	0,205		Pg3b	36
1,49	1,54	0,055		Pg3b	36

Le schede monografiche sono ordinate nel senso del flusso del gas.

Ciascuna scheda comprende:

- stralcio planimetrico della carta di suscettività al dissesto;
- stralcio geologico-geomorfologico di dettaglio dell'area;
- immagine fotografica rappresentativa del tratto interessato dalle linee in progetto;
- analisi degli elementi su cui è basata la classificazione della suscettività al dissesto;
- definizione dell'assetto geologico - geomorfologico delle singole aree con verifica di dettaglio delle condizioni locali che determinano il livello di pericolosità, analizzando per esse se il livello della classificazione esistente risulti idoneo o più contenuto rispetto alle reali condizioni di dissesto, seguita dall'analisi e verifica che tali interferenze non influenzino negativamente sull'intervento proposto. A tal proposito si è ritenuto cautelativamente utile eseguire alcune analisi di stabilità in aree la cui scelta è stata dettata per la maggior parte dalle condizioni di moderata alterazione del substrato roccioso e dalla presenza di coltri detritiche, anche se di

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 63 di 98	Rev. 1

ridotto spessore, con indizi di movimenti franosi di piccola entità. Sono state altresì redatte sezioni geologiche di dettaglio in corrispondenza di alcune opere trenchless che sono state implementate con rilievi geomeccanici/geostrutturali che hanno permesso una chiara caratterizzazione delle unità litologiche attraversate dal progetto laddove siano previste opere in sottterraneo (vedi cap. 7.3 di questo documento e Allegato 5);

- descrizione, dove necessario, degli interventi previsti dal progetto per assicurare la compatibilità dell'opera con l'area e non aggravare la pericolosità idrogeologica.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 64 di 98	Rev. 1

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

Sulla base del quadro delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dal progetto della nuova condotta esposto nei capitoli precedenti, è stato individuato un insieme di siti nei quali si è ritenuto opportuno approfondire l'indagine tramite apposite campagne geognostiche, geofisiche e geomeccaniche (vedi Dis. LB-D-83220, Allegati 4, 5, 6, 7 a questo documento). Tali indagini sono state eseguite tra gennaio ed aprile 2019, durante le varie fasi di individuazione del tracciato ottimale.

7.1 Sondaggi geognostici

Le indagini geognostiche dirette sono state eseguite:

- a) in corrispondenza degli attraversamenti dei maggiori corsi d'acqua per definire lo spessore e le caratteristiche dello strato di alluvioni in funzione della ottimizzazione delle coperture di progetto dell'attraversamento e del dimensionamento delle eventuali opere idrauliche che saranno necessarie per ripristinare e/o proteggere i tratti spondali interessati dagli scavi;
- b) in corrispondenza delle opere trenchless per definire in particolare la stratigrafia lungo gli imbocchi nell'ambito della sezione di progetto;
- c) in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante quali le interferenze con zone suscettive censite nel PAI classificate come aree Pg3b allo scopo di ottimizzare il tracciato e di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti;
- d) in corrispondenza delle opere di sostegno e/o di prevenzione in c.a spesso 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 sia necessario ricavare gli spazi minimi per consentire la realizzazione della pista di lavoro e/o sia 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.

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

Le profondità raggiunte sono generalmente comprese tra i 10,0 ed i 15,0 metri laddove l'obiettivo dell'indagine riguarda la definizione dello spessore delle coltri alluvionali, colluviali o dello strato di formazione alterata sovrastante il substrato formazionale. Dove invece l'indagine si prefigge di studiare la stratigrafia di progetto di opere trenchless si è raggiunta anche la profondità di 30 m.

Sono stati realizzati n° 24 sondaggi geognostici per un totale di circa 380 metri di carotaggio continuo.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 65 di 98	Rev. 1

Non è stato possibile realizzare tutte le indagini programmate a causa della inaccessibilità di alcune aree dovuta talvolta alla mancata autorizzazione al passaggio delle attrezzature di sondaggio da parte dei proprietari.

La seguente tabella 7.1/A elenca le indagini geognostiche in carotaggio continuo complessivamente realizzate lungo il tracciato di progetto del metanodotto oggetto di studio (n° 24) specificandone il nome assegnato, la profondità raggiunta, le coordinate geografiche in WGS84, i limiti amministrativi di riferimento [ed orientativamente il km di tracciato a cui fa riferimento](#).

Tab. 7.1/A: Ubicazione delle indagini geognostiche in carotaggio continuo (senso gas)

Progressive (km)	Nome	Profondità (m)	Longitudine	Latitudine	Comune	Provincia
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar						
Area trappole di partenza	BH01	15.00	9°28'46.00"	44°16'24.0"	Casarza Ligure	Città Metropolitana di Genova
0,6	BH02	12.00	9°28'24.22"	44°16'23.42"	Casarza Ligure	
0,6	BH03inc	25.00	9°28'21.56"	44°16'24.94"	Casarza Ligure	
0,8	BH04inc	20.00	9°28'13.40"	44°16'23.60"	Casarza Ligure	
11,5-11,6	BH08inc	16.00	9°25'40.49"	44°19'53.91"	Nè	
11,7	BH09inc	17.50	9°25'36.36"	44°19'56.00"	Nè	
11,7-11,8	BH10	11.00	9°25'36.28"	44°19'56.69"	Nè	
14,8	BH12	12.00	9°25'00.04"	44°21'10.40"	Nè	
22,6-22,7	BH18	20.00	9°21'09,95"	44°22'00,45"		
24,5	BH23	15.00	9°19'56.22"	44°21'38.77"	San Colombano Certenoli	
24,7	BH24	10.00	9°19'48.65"	44°21'40.03"	San Colombano Certenoli	
25,2-25,3	BH25inc	15.00	9°19'24.09"	44°21'43.43"	Leivi	
25,9	BH26	10.00	9°18'58.54"	44°21'49.32"	Leivi	
27,3	BH28	15.00	9°18'03.18"	44°22'07.69"	San Colombano Certenoli	
29,2	BH30	10.00	9°17'12.52"	44°22'46.04"	San Colombano Certenoli	
29,5	BH31	10.00	9°17'01.56"	44°22'51.34"	San Colombano Certenoli	
30,9	BH34	15.00	9°16'17,58"	44°23'21,04"	Coreglia	

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 66 di 98	Rev. 1

Progressive (km)	Nome	Profondità (m)	Longitudine	Latitudine	Comune	Provincia
					Ligure	
33,7-33,8	BH42	15.00	9°14'35.58"	44°24'06,30"	Cicagna	
34,3	BH42-B	15.00	9°14'15,90"	44°24'13,26"	Cicagna	
36,3	BH51	30.00	9°12'54,17"	44°24'28,55"	Cicagna	
Area trappole di arrivo	BH52var	15.00	9°06'28.68"	44°24'33.60"	Sori	
Area trappole di arrivo	BH53varS 1	20.00	9°06'27.15"	44°24'33.78"	Sori	
Area trappole di arrivo	BH54varS 2	20.00	9°06'26.52"	44°24'33.70"	Sori	
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DN 200 (8"), MOP 24 bar / Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori DN 400(16"), DP 24 bar						
1,2	BH57	15.50	9°6'4,57"	44°24'31,93"	Sori	Città Metropolitana di Genova

Le indagini geognostiche sono state commissionate a due ditte (CAM Perforazioni Unipersonale, Pesaro e Technosoil srl, L'Aquila) che hanno operato talvolta sullo stesso settore del tracciato in aree limitrofe o in tempi successivi. Ciascuna ditta ha fornito, nei propri formati, la documentazione relativa alle attività svolte; la tabella 7.1/B riassume le indagini eseguite da ciascun operatore fornendo una sommaria descrizione delle problematiche che hanno motivato le indagini.

La documentazione relativa alle indagini geognostiche comprendente l'ubicazione, la stratigrafia e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici è raccolta nell'Allegato 3 e nell'Allegato 4. Quest'ultimo, in particolare, è diviso in due sezioni, una per ciascuno operatore. La tabella 7.1/B indica la sezione in cui trovare tale documentazione.

Le ditte che hanno eseguito le indagini sono di seguito elencate:

- CAM PERFORAZIONI: ha eseguito n° 18 sondaggi la cui documentazione è fornita in Allegato 4, Sezione 1;
- TECHNOSOIL: ha eseguito 6 sondaggi la cui documentazione è fornita in Allegato 4, Sezione 2;

La descrizione delle attrezzature utilizzate da ciascuna ditta operatrice è fornita a completamento della documentazione relativa ai sondaggi.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 67 di 98	Rev. 1

Tab. 7.1/B: Tabella riassuntiva delle indagini geognostiche in carotaggio continuo con i riferimenti alla relativa documentazione stratigrafica ed una schematica indicazione delle motivazioni delle indagini

Progressive (km)	Nome	Profondità (m)	Ditta / Sezione	Motivazione dell'indagine
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar				
Area trappole di partenza	BH01	15.00	CAM / SEZIONE 1	TRAPPOLA DI PARTENZA
0,6	BH02	12.00		TORRENTE PETRONIO 1°ATTRERSAMENTO
0,6	BH03inc	25.00		MICROTUNNEL PEZZE
0,8	BH04inc	20.00		MICROTUNNEL PEZZE
11,5-11,6	BH08inc	16.00		RAISE BORER FRISOLINO
11,7	BH09inc	17.50		RAISE BORER FRISOLINO
11,7-11,8	BH10	11.00		TORRENTE GRAVEGLIA
14,8	BH12	12.00		TORRENTE GARIBALDO
22,6-22,7	BH18	20.00	TECHNOSOIL / SEZIONE 2	RB LA CROCETTA 2
24,5	BH23	15.00	CAM / SEZIONE 1	MICROTUNNEL CASA ROMANA IMBOCCO EST
24,7	BH24	10.00		MICROTUNNEL CASA ROMANA IMPLUVIO
25,2-25,3	BH25inc	15.00		MICROTUNNEL CASA ROMANA IMBOCCO OVEST
25,9	BH26	10.00		FOSSO DI CAMPOSASCO
27,3	BH28	15.00		MICROTUNNEL LA PEZZA IMBOCCO OVEST
29,2	BH30	10.00		FIUME LAVAGNA 2° ATTRAVERSAMENTO
29,5	BH31	10.00		FIUME LAVAGNA 3° ATTRAVERSAMENTO
30,9	BH34	15.00		TECHNOSOIL / SEZIONE 2
33,7-33,8	BH42	15.00		c/o Pg4
34,3	BH42-B	15.00		Pg3, COLTRE
36,3	BH51	30.00		MT CAPODESASCO
Area trappole di arrivo	BH52var	15.00	CAM / SEZIONE 1	Area trappole di arrivo
Area trappole di arrivo	BH53varS1	20.00		Area trappole di arrivo
Area trappole di arrivo	BH54varS2	20.00		Area trappole di arrivo
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DN 200 (8"), MOP 24 bar / NOME / Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori DN 400(16"), DP 24 bar				
1,2	BH57	15.50	TECHNOSOIL / SEZIONE 2	Pg3b

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 68 di 98	Rev. 1

7.2 Prelievo di campioni

È stato possibile prelevare 108 campioni, sia rimaneggiati che semi-disturbati contenuti in tubo PVC, che sono stati inviati al laboratorio per opportune analisi (Laboratorio geomeccanico Orazi, Pesaro). Le tabelle 7.2/A e 7.2/B forniscono l'elenco e il dettaglio di prelievo dei campioni.

Tab. 7.2/A: Elenco dei campioni prelevati dalla Ditta CAM

N.	Sondaggio	Campione	Profondità dal p.c. (m)
1	BH01	CR1(SPT1)	3.00-3.20
2		CR2(SPT2)	5.50-5.70
3		CR3(SPT3)	8.50-8.70
4		CS1	10.10-10.40
5		CS2	11.20-11.50
6	BH02	CR1(SPT1)	3.00-3.20
7		CR2(SPT2)	6.00-6.30
8		CR3(SPT3)	8.00-8.20
9	BH03 inc	CR1	6.00-6.20
10		CR2	11.40-11.60
11		CS1	13.10-13.40
12		CS2	16.30-16.65
13		CS3	22.00-22.40
14	BH04 inc	CR1	3.00-3.20
15		CR2	6.80-7.00
16		CR3	12.80-13.00
17		CR4	16.00-16.20
18		CR5	19.80-20.00
19	BH08 inc	CS1	3.50-3.80
20		CS2	6.00-6.40
21		CS3	9.60-9.90
22		CS4	12.20-12.50
23	BH09 inc	CR1	15.00-15.20
24		CRI	3.00-3.20
25		CR2	5.00-5.20
26		CR3	8.00-8.30
27		CS1	9.60-10.00
28	BH10	CS2	10.20-10.60
29		CS3	14.60-15.00
30		CR1(SPT1)	3.00-3.45
31	BH10	CS1	5.00-5.45
32		CS2	10.60-11.00
33	BH12	CR1(SPT1)	3.00-3.20
34		CR2(SPT2)	5.40-5.65
35		CR3(SPT3)	7.00-7.20
36		CR4(SPT4)	9.00-9.20
37	BH23	SHI	3.00-3.60
38		CR1(SPT1)	3.60-4.05
39		CR2(SPT2)	6.00-6.30
40		CS1	7.70-8.00
41		CS2	10.00-10.50

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 69 di 98	Rev. 1

N.	Sondaggio	Campione	Profondità dal p.c. (m)
42	BH24	CR1(SPT1)	3.00-3.20
43		CS1	9.00-9.40
44	BH25 inc	SH1	3.00-3.40
45		CS1	5.00-5.50
46		CR1	7.00-7.20
47		CR2	9.00-9.20
48		CR3	11.00-11.20
49	BH26	SH1	3.00-3.50
50		CR1(SPT1)	5.50-5.70
51		CS1	7.00-7.40
52		CR2(SPT2)	7.50-7.70
53	BH28	CS1	3.00-3.50
54		CR1	4.70-4.90
55		CR2(SPT1)	5.60-5.80
56		CR3	7.00-7.20
57		CR4(SPT2)	9.45-9.65
58		CS2	14.30-14.70
59	BH30	CR1(SPT1)	3.00-3.45
60		CR2(SPT2)	5.00-5.45
61		CR3(SPT3)	7.50-7.95
62		CR4(SPT4)	9.00-9.45
63	BH31	CR1(SPT1)	3.00-3.45
64		CR2(SPT2)	5.00-5.45
65		CR3(SPT3)	7.00-7.45
66		CR4(SPT4)	9.00-9.45
67	BH52 var	CS1	3.60-4.00
68		CS2	5.50-5.80
69		CS3	7.00-7.40
70		CS4	10.50-10.90
71		CS5	14.45-14.85
72	BH53 varS1	CR1(SPT1)	3.00-3.20
73		CS1	5.00-5.40
74		CS2	7.00-7.35
75		CS3	14.20-14.60
76		CS4	17.10-17.55
77	BH54 varS2	CR1	4.00-4.20
78		CS1	8.00-8.35
79		CS2	11.20-11.55

Legenda:

CR: campione rimaneggiato

CR (SPT): campione rimaneggiato associato ad SPT

CS: campione semi-disturbato in tubo PVC

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 70 di 98	Rev. 1

Tab. 7.2/B: Elenco dei campioni prelevati dalla Ditta Technosoil

N.	Sondaggio	Campione	Profondità dal p.c. (m)
1	BH34	CR1	3,90-4,20
2		CL1	5,00-5,25
3		CL2	7,60-8,00
4		CL3	10,40-10,75
5		CL4	14,00-14,40
6	BH42	CR1	3,30-3,60
7		CR2	6,00-6,30
8		CL1	8,00-8,20
9		CL2	11,40-11,60
10	BH42B	CR1	3,00-3,30
11		CR2	5,20-5,50
12		CL1	9,00-9,25
13		CL2	12,00-12,25
14	BH51	CR1	6,00-6,30
15		CL1	14,00-14,30
16		CL2	21,25-21,50
17		CL3	29,50-30,00
18	BH57	CI1	3,50-4,00
19		CR1	6,00-6,30
20		CR2	9,00-9,30
21		CR3	11,00-11,30
22		CR4	11,70-12,00
23		CR5	15,00-15,30
24	BH18	CR1	2,70-3,00
25		CL1	4,80-5,00
26		CL2	7,70-7,95
27		CL3	11,00-11,30
28		CL4	14,70-15,00
29		CL5	18,00-18,30

Legenda:

CR: campione rimaneggiato
CL: campione litoide
CI: campione indisturbato

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 71 di 98	Rev. 1

7.2.1 Analisi di laboratorio

La descrizione stratigrafica con relativa fotografia è stata effettuata per tutti i campioni prelevati.

Nei campioni indisturbati sono state effettuate analisi per il calcolo del peso di volume e, dove possibile, prove di compressione semplice e prove di taglio. Nei campioni rimaneggiati sono state effettuate analisi granulometriche e limiti di Atterberg. Sono state infine effettuate alcune prove su campioni di roccia quali il test della compressione monoassiale e quello del *Point Load*.

7.2.2 Risultati

Le tabelle 7.2/C e 7.2/D riassumono i risultati delle analisi.

L'Allegato 8 raccoglie i certificati delle analisi svolte in due Sezioni, come di seguito illustrato:

- SEZIONE 1: risultati delle analisi svolte sui campioni della tabella 7.2/A;
- SEZIONE 2: risultati delle analisi svolte sui campioni della tabella 7.2/B.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 72 di 98	Rev. 1

Tab. 7.2/C: Risultati delle analisi di laboratorio (campioni elencati in tabella 7.2/A)

CAMPIONE		BH01 CS1 10,1/10,4m	BH02 CR1 3,0/3,2m	BH02 CR2 6,0/6,3m	BH02 CR3 8,0/8,2m	BH03 CS1 13,1/13,4m	BH09 CR1 3,0/3,2m	BH09 CS2 10,2/10,6m	BH09 CS3 14,6/15,0m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	2,71	-	-	-	2,57	-	2,60	2,72
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	-	100,0	72,1	80,7	-	78,3	-	-
Frazione sabbiosa	%	-	0,0	17,5	11,3	-	14,0	-	-
Frazione fine	%	-	0,0	10,4	8,0	-	7,7	-	-
Limite di liquidità	%	-	ND NP	-	-	-	-	-	-
Indice di consistenza	%	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	-	GP	GW-GC	GW-GC	-	GW-GM	-	-
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Coazione intercetta	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	5,30	-	-	-	1,76	-	1,59	3,53
CAMPIONE		BH12 CR1 3,0/3,2m	BH12 CR2 5,4/5,65m	BH12 CR3 7,0/7,2m	BH23 SH1 3,0/3,6m	BH24 CR1 3,0/3,2m	BH25 SH1 3,0/3,4m	BH25 CS1 5,0/5,5m	BH25 CR1 7,0/7,2m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	27,6	-	23,7	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	-	-	-	1,97	-	1,84	-	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	1,54	-	1,49	-	-
Frazione ghiaiosa	%	83,7	71,3	62,9	-	64,7	-	56,8	65,2
Frazione sabbiosa	%	10,0	19,9	22,0	-	18,8	-	26,9	23,9
Frazione fine	%	6,3	8,8	15,1	> 50	16,5	> 50	16,3	10,9
Limite di liquidità	%	ND NP	ND NP	ND NP	48,0	-	ND NP	-	-
Indice di plasticità	%	-	-	-	22,6	-	-	-	-
Indice di consistenza	-	-	-	-	0,90	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	GW-GM	GW-GM	GM	CL	GC	ML	GC	GW-GM
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Coazione intercetta	kPa	-	-	-	9,3	-	6,2	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	-	28,9	-	30,1	-	-
Indice point load	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-
LEGENDA: ND: non determinabile; NP: non plastico									

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 73 di 98	Rev. 1

(continua)

CAMPIONE		BH25 CR2 9,0/9,2m	BH25 CR3 11,0/11,2m	BH26 SH1 3,0/3,5m	BH28 CS1 3,0/3,5m	BH28 CR1 4,7/4,9m	BH28 CR2 5,6/5,8m	BH28 CR3 7,0/7,2m	BH28 CR4 9,45/9,65m
Contenuto in acqua	%	-	-	24,5	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	-	-	2,04	-	-	-	-	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	1,64	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	82,4	51,6	-	-	-	-	-	14,9
Frazione sabbiosa	%	13,9	35,2	-	-	-	-	-	25,6
Frazione fine	%	3,7	13,2	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	59,5
Limite di liquidità	%	ND NP	ND NP	38,1	47,8	44,9	45,7	41,7	49,6
Indice di consistenza	%	-	-	13,9	24,0	21,6	21,2	19,9	20,5
	-	-	-	0,98	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	GW	SM	CL	CL	CL	CL	CL	ML
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	134	-	-	-	-	-
Coazione intercetta	kPa	-	-	16,3	6,7	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	27,0	26,7	-	-	-	-
Indice point load	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-
CAMPIONE		BH30 CR1 3,0/3,45m	BH30 CR2 5,0/5,45m	BH30 CR3 7,5/7,95m	BH30 CR4 9,0/9,45m	BH31 CR1 3,0/3,45m	BH31 CR2 5,0/5,45m	BH31 CR3 7,0/7,45m	BH31 CR4 9,0/9,45m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	74,5	68,4	90,7	64,5	67,8	39,8	50,5	24,0
Frazione sabbiosa	%	15,3	23,9	6,2	24,1	19,9	43,9	27,6	54,4
Frazione fine	%	10,2	7,7	3,1	11,4	12,3	16,3	21,9	21,6
Limite di liquidità	%	ND NP	39,1	ND NP	33,3	38,2	42,5	45,0	ND NP
Indice di consistenza	%	-	10,9	-	14,3	15,8	19,8	21,9	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	GW-GM	GW-GM	GW	GW-GC	GC	SC	SC	SM
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Coazione intercetta	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-
LEGENDA: ND: non determinabile; NP: non plastico									

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 74 di 98	Rev. 1

(continua)

CAMPIONE		BH52 CS1 3,6/4,0m	BH52 CS2 5,5/5,8m	BH52 CS3 7,0/7,4m	BH52 CS4 10,5/10,9m	BH52 CS5 14,45/14,85m	BH53 CS1 5,0/5,4m	BH53 CS2 7,0/7,35m	BH53 CS3 14,2/14,6m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	2,67	2,65	2,60	2,69	2,63	2,69	2,66	2,64
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione sabbiosa	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione fine	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Limite di liquidità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di plasticità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di consistenza	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Coesione intercetta	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	1,30	1,01	0,65	2,42	0,78	1,53	1,17	1,19
CAMPIONE		BH53 CS4 17,1/17,55m	BH54 CR1 4,0/4,2m	BH54 CS1 8,0/8,35m	BH54 CS2 11,2/11,55m	-	-	-	-
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	2,63	-	2,56	2,61	-	-	-	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	-	24,6	-	-	-	-	-	-
Frazione sabbiosa	%	-	29,5	-	-	-	-	-	-
Frazione fine	%	-	45,9	-	-	-	-	-	-
Limite di liquidità	%	-	49,4	-	-	-	-	-	-
Indice di plasticità	%	-	21,0	-	-	-	-	-	-
Indice di consistenza	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	-	SM	-	-	-	-	-	-
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Coesione intercetta	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	2,50	-	1,21	1,04	-	-	-	-

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 75 di 98	Rev. 1

Tab. 7.2/D: Risultati delle analisi di laboratorio (campioni elencati in tabella 7.2/B)

CAMPIONE		BH34 CL1 5/5,25m	BH34 CL2 7,6/8m	BH34 CL3 10,4/10,75m	BH34 CL4 14/14,4m	BH42 CR1 3,3/3,6m	BH42 CL1 8/8,2m	BH42 CL2 11,4/11,6m	BH42B CR1 3/3,3m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	2,68	2,71	2,70	2,73	-	2,72	2,66	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	-	-	-	-	51,2	-	-	46,8
Frazione sabbiosa	%	-	-	-	-	22,1	-	-	21,6
Frazione fine	%	-	-	-	-	26,7	-	-	31,6
Limite di liquidità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di plasticità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di consistenza	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	-	-	-	-	GC	-	-	GC
Coesione di picco	kPa	-	-	-	-	5,1	-	-	5,4
Angolo di resistenza al taglio di picco	°	-	-	-	-	25,9	-	-	26,4
Coesione residua	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio residuo	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	0,13	0,99	1,40	2,37	-	1,09	0,16	-
CAMPIONE		BH42B CR2 5,2/5,5m	BH42B CL1 9/9,25m	BH42B CL2 12/12,25m	BH51 CR1 6/6,3m	BH51 CL1 14/14,3m	BH51 CL2 21,25/21,5m	BH51 CL3 29,5/30m	BH57 C11 3,5/4m
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	28,3
Massa volumica	Mg/m ³	-	2,65	2,67	-	2,70	2,72	2,71	1,92
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	1,50
Frazione ghiaiosa	%	59,1	-	-	44,8	-	-	-	-
Frazione sabbiosa	%	16,8	-	-	19,9	-	-	-	-
Frazione fine	%	24,1	-	-	35,3	-	-	-	> 50
Limite di liquidità	%	-	-	-	-	-	-	-	61,6
Indice di plasticità	%	-	-	-	-	-	-	-	32,2
Indice di consistenza	-	-	-	-	-	-	-	-	1,03
Classificazione USCS	-	GC	-	-	GC	-	-	-	CH
Coesione di picco	kPa	4,7	-	-	6,1	-	-	-	16,8
Angolo di resistenza al taglio di picco	°	26,1	-	-	27,2	-	-	-	24,6
Coesione residua	kPa	-	-	-	-	-	-	-	4,4
Angolo di resistenza al taglio residuo	°	-	-	-	-	-	-	-	16,3
Indice point load	MPa	-	0,26	0,14	-	0,17	0,49	0,94	-

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 76 di 98	Rev. 1

(continua)

CAMPIONE		BH57 CR2 9/9,3m	BH18 CR1 2,7/3m	BH18 CL1 4,8/5m	BH18 CL2 7,7/7,95m	BH18 CL3 11/11,3m	BH18 CL4 14,7/15m	BH18 CL5 18/18,3m	-
Contenuto in acqua	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Massa volumica	Mg/m ³	-	-	2,70	2,72	2,71	2,69	2,70	-
Massa volumica secca	Mg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione ghiaiosa	%	52,8	43,7	-	-	-	-	-	-
Frazione sabbiosa	%	12,1	29,4	-	-	-	-	-	-
Frazione fine	%	35,1	26,9	-	-	-	-	-	-
Limite di liquidità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di plasticità	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice di consistenza	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificazione USCS	-	GC	SC	-	-	-	-	-	-
Coesione di picco	kPa	5,2	3,6	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio di picco	°	25,7	28,2	-	-	-	-	-	-
Coesione residua	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio residuo	°	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice point load	MPa	-	-	0,28	0,51	1,06	0,82	0,87	-

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 77 di 98	Rev. 1

7.3 Rilievi geomeccanici

Il rilievo geomeccanico / geostrutturale (vedi Allegato 5) è il primo e fondamentale approccio di indagine dell'ammasso roccioso. Le modalità di rilievo sono uniformate a livello internazionale dalle norme ISRM (International Society of Rock Mechanics).

L'Allegato 5 sopra citato esplicita tutta la trattazione geomeccanica; di seguito si riporta una tabella riassuntiva che indica le aree studiate a titolo di esempio e le stazioni di rilevamento analizzate per ciascuna area (Tab. 7.3/A).

Tab. 7.3/A: Aree attraversate in *trenchless* studiate con rilievi geomeccanici

N.	Area attraversata in <i>trenchless</i>	Stazioni di rilevamento geomeccanici
1	Trenchless San Martino	SMR1, SMR2, SMR3, SMR4, SMR5, SMR6
2	Trenchless La Pezza 2	LPZ4, LPZ5, LPZ6, LPZ8
3	Trenchless Capodesasco	CAS1, CAS2, CAS3, CAS4, CAS5, CAS6
4	Trenchless Costa della Cà	COC1, COC2, COC3
5	Trenchless Monte Bado	MB1, MB2, MB3, MB4, MB5

7.3.1 Rilevamento

La caratterizzazione e la classificazione geomeccanica delle unità litologiche attraversate dal tracciato di progetto nei tratti in cui sono previste opere *trenchless* è stata eseguita sulla base dei dati ricavati da rilievi geomeccanici di terreno.

Dove l'estensione e l'accessibilità degli affioramenti lo hanno consentito, nelle stazioni di misura sono stati eseguiti stendimenti, rilevando sistematicamente le caratteristiche delle discontinuità lungo linee, di lunghezza variabile da 10 a 20 m circa, materializzate sulle superfici rocciose con una rotella metrica. Tale metodo assicura una maggiore affidabilità per quanto riguarda la determinazione della frequenza relativa delle discontinuità, rispetto ad un rilievo non sistematico.

Dove ciò non è stato possibile, per la difficile accessibilità o per la presenza di affioramenti sparsi di limitate dimensioni, le osservazioni sono state raccolte discrezionalmente, cercando di preservare un approccio il più possibile oggettivo per quanto riguarda frequenza e rappresentatività delle misure.

L'ubicazione delle stazioni è stata scelta, compatibilmente con le condizioni locali, allo scopo di studiare superfici ad orientazione spaziale differente e di coprire in maniera più omogenea possibile l'area di interesse.

Per ogni discontinuità rilevata sono stati descritti i parametri geometrici e fisico-meccanici principali (giacitura, persistenza, spaziatura, scabrezza, apertura, condizioni d'alterazione, presenza d'acqua, riempimento). Le classi in cui sono stati suddivisi i valori misurati per i differenti parametri sono quelle suggerite da ISRM (2007).

Sono state eseguite misure della rugosità di alcune famiglie di discontinuità per mezzo di uno *Shape Tracer* (con passo di lettura uguale a 1 mm). Misure della resistenza meccanica delle pareti dei giunti delle famiglie principali sono state effettuate con lo sclerometro di tipo L Geohammer della DRC Italia.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 78 di 98	Rev. 1

L'orientazione spaziale delle superfici di discontinuità è stata rappresentata mediante proiezioni stereografiche equiareali su reticolo di Schmidt (semisfera inferiore) con il programma DIPS 6.017 della Rocscience Inc. (Toronto, Canada). La giacitura è indicata come orientazione della direzione, secondo la regola della "mano destra" (dato il valore della direzione, l'immersione segue ruotando in senso orario verso destra, dalla linea della direzione).

L'identificazione dei differenti sistemi di discontinuità su base statistica è stata eseguita utilizzando il *fuzzy cluster algorithm* disponibile nel programma DIPS 6.017.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 79 di 98	Rev. 1

7.3.2 Classificazione degli ammassi rocciosi

7.3.2.1 Classificazione RMR

E' stata applicata la classificazione RMR di Beniaowski nelle due formulazione RMR di base (RMR_b), basata sulla valutazione di 5 parametri (resistenza alla compressione monoassiale, RQD, spaziatura e condizioni di alterazione delle discontinuità, condizioni idrauliche) e RMR corretta (RMR_c), 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 RMR_b e RMR_c . RMR_b consente una stima della qualità dell'ammasso roccioso e delle sue caratteristiche di resistenza, applicando le equazioni suggerite da Beniaowski, generalmente considerate come conservative:

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

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

In cui c è la coesione dell'ammasso roccioso, φ l'angolo d'attrito. Per il calcolo del valore di RMR_c 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 Frolidi e Lunardi (1994) elaborata per le formazioni marnoso-argillose appenniniche:

$$E = 0.0013 RMR_b^4 \cdot 129$$

basata sul valore di RMR_b della classificazione di Beniaowski.

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):

$$RQD = 110 - 2.5J_v$$

con J_v che corrisponde alla 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 Beniaowski stesso, dei valori tipici (sovente ai 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.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 80 di 98	Rev. 1

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. 7.2/A: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo Beniaowski (1989)

7.3.2.2 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).

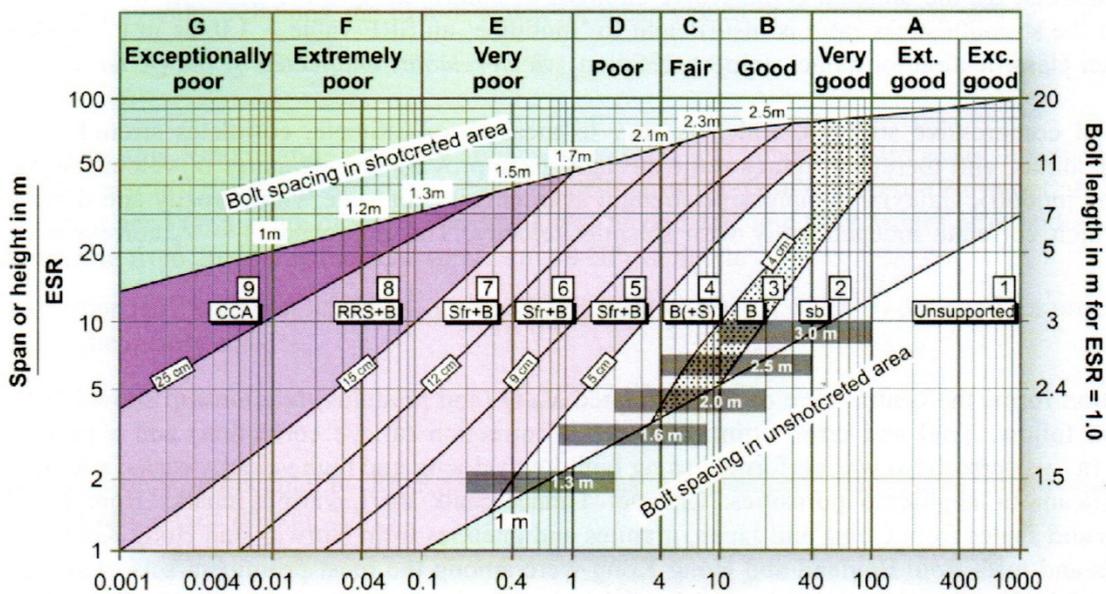
J_r e J_a si riferiscono alle condizioni del meno favorevole dei diversi sistemi di discontinuità rilevati.

L'indice Q è ottenuto applicando l'espressione di Barton

$$Q = RQD J_r J_w / J_n J_a SRF$$

L'intervallo dei valori di Q (0.001 – 1000) è suddiviso in nove classi di qualità dell'ammasso roccioso; ciascuna di esse è messa 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.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 81 di 98	Rev. 1



$$\text{Rock mass quality } Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Fig. 7.2/B: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo l'NGI di Barton (1989)

7.3.2.3 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.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 82 di 98	Rev. 1

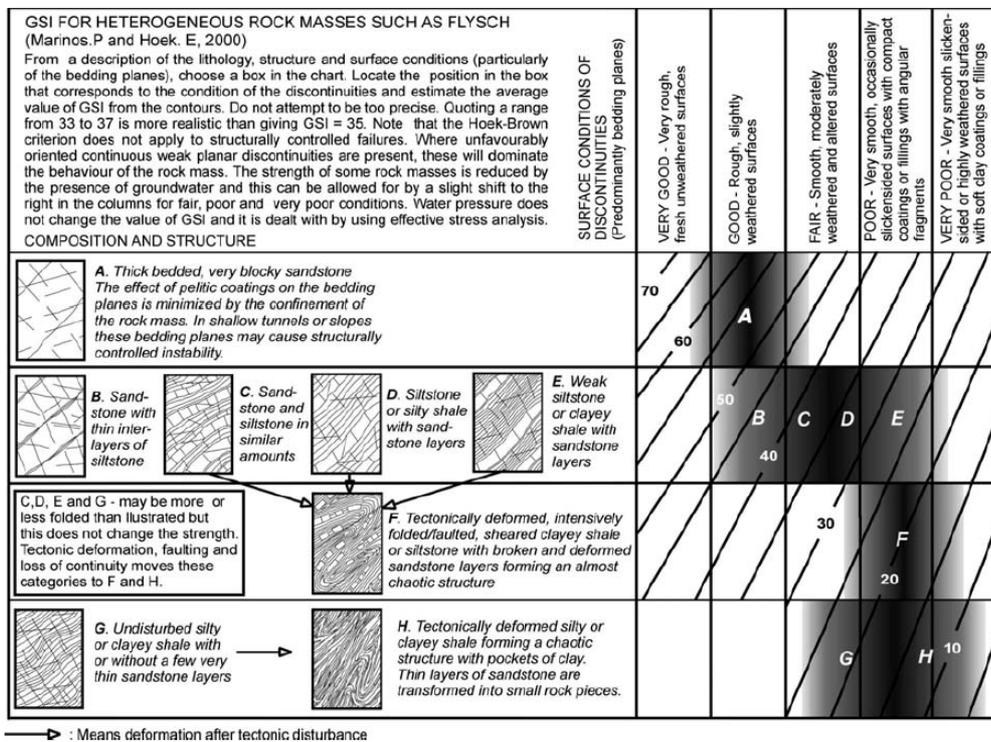


Fig. 7.2/C: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo il GSI, nella versione di Marinos V., Marinos P. and Hoek E. (2005)

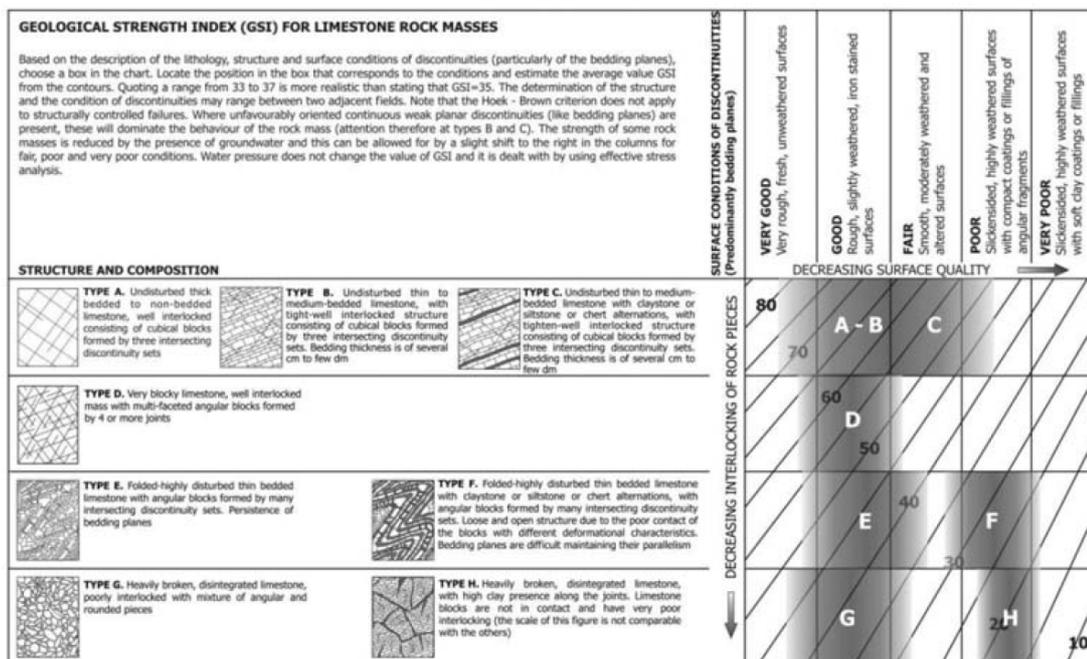


Fig. 7.2/D: Classificazione degli ammassi rocciosi secondo il GSI, nella versione di Marinos (2017)

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 83 di 98	Rev. 1

Con il programma *RocLab* di *Rocscience Inc.* (Toronto, Canada), che applica le equazioni di Hoek, possono essere calcolati, dopo aver stabilito le condizioni al contorno (spessore della copertura del tunnel) e le condizioni di disturbo dell'ammasso roccioso (dipendenti dal metodo di scavo), i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso. Il software impiega i valori dell'indice *GSI* e della resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta σ_c e di m_i (parametro dipendente dalle caratteristiche litologiche), questi ultimi due parametri ottenuti sulla base delle tabelle di valutazione di Hoek fornite dal programma stesso.

Per la ragione sopra esposta (variabilità delle condizioni di carico e di disturbo) nelle tabelle che riassumono i valori dei diversi parametri di base (*GSI*, σ_c , e m_i) non sono stati riportati i valori di resistenza dell'ammasso roccioso.

Nell'Allegato 5 sono raccolti 5 studi relativi ai rilievi geomeccanici e strutturali eseguiti in corrispondenza di 5 opere trenchless di seguito elencate (in senso gas):

- Trenchless San Martino;
- Trenchless la Pezza 2;
- Trenchless Capodesasco;
- Trenchless Costa della Cà;
- Trenchless Monte Bado.

Le 5 opere trenchless sono state scelte perché sono risultate essere le più rappresentative nell'ambito geologico strutturali attraversato, interessate anche, in superficie, dalla presenza di dissesti a suscettività elevata (Pg3a)

In tale allegato, per ciascuno studio, vengono presentati gli inquadramenti geomorfologici e idrogeologici dell'area, gli assetti geologico-strutturali dei siti di indagine e gli studi geomeccanici veri e propri che definiscono la caratterizzazione e la classificazione finale degli ammassi rocciosi considerati interessati dalle opere trenchless

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 84 di 98	Rev. 1

8 INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRECTE

8.1 Premessa alle indagini geofisiche

Le indagini geognostiche indirette (vedi Allegato 6 e 7) sono state eseguite:

- a) in corrispondenza delle opere trenchless per definire in particolare la stratigrafia lungo gli imbocchi nell'ambito della sezione di progetto;
- b) in corrispondenza di situazioni di criticità morfologica di versante quali le interferenze con zone suscettive censite nel PAI classificate come aree Pg3b allo scopo di ottimizzare il tracciato e di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti;
- c) in corrispondenza delle opere di sostegno e/o di prevenzione in c.a spesso realizzate con fondazioni profonde (palificate) che sono state previste nelle situazioni di maggiore criticità geomorfologica quali i tratti di versate di dubbia stabilità a lungo termine o i tratti in cui il tracciato percorre creste molto strette e sia necessario ricavare gli spazi minimi per consentire la realizzazione della pista di lavoro e/o sia 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.

In particolare sono state eseguite prove sismiche MASW (*Multichannel analysis of Surface Waves*) in corrispondenza di siti in cui è prevista la realizzazione di opere in sotterraneo tramite tecnologia trenchless per calcolare il valore V_{seq} (onde di taglio degli strati di terreno) utile al fine di classificare i suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa vigente. Sono state inoltre realizzate prove sismiche a rifrazione (SIS) e/o tomografie (ERT) nei siti in cui è stato necessario intuire la stratigrafia, l'assetto strutturale e le condizioni della formazione sia per verificare la fattibilità di opere trenchless (microtunnel) che per ottimizzarne la progettazione.

La seguente tabella 8.1/A riassume le indagini geofisiche effettuate lungo i tracciati in progetto correlandole all'area e/o all'oggetto dell'indagine ed associandole alle indagini dirette effettuate nella stessa zona. Dalla precedente tabella 7.1/B è possibile desumere i riferimenti alle stratigrafie dei sondaggi qui citati.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 85 di 98	Rev. 1

Tab. 8.1/A: Aree di indagine geofisica ed indagini geognostiche associate

Progressive (km)	Motivazione dell'indagine	Indagini MASW	Indagini SIS / ERT	Sondaggi
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar				
Area trappole di partenza	TRAPPOLA DI PARTENZA	MASW 1		BH01
0,6	TORRENTE PETRONIO 1°ATTRERSAMENTO			BH02
0,6	MT PEZZE		ST01 MT PEZZE	BH03inc
0,8	MT PEZZE		ST01 MT PEZZE	BH04inc
1,35	RAISE BORER ROCCE		ST02	
1,4-1,5	RAISE BORER ROCCE		ST03	
1,6	RAISE BORER ROCCE	MASW 2		
3,7-3,8	CAMPO ALBARO	MASW 3		
6,9	BOENO	MASW 4		
9,8	PIL 2	MASW 5		
11,6	RAISE BORER FRISOLINO	MASW 6	ST04	
11,6	RAISE BORER FRISOLINO			BH08inc
11,7	RAISE BORER FRISOLINO		ST04A, ST04B	BH09inc
11,7-11,8	TORRENTE GRAVEGLIA			BH10
12,7	POGLIASCO	MASW 7		
14,6	LOC. FRANCHINA - COLTRE		ST04AA	
14,8	TORRENTE GARIBALDO			BH12
14,9	RAISE BORER CHIESA NUOVA	MASW 8	ST05	
16,9	SAN VINCENZO	MASW 9		
21,2	COSTA CROCETTA	MASW 10		
21,9	RAISE BORER LA CROCETTA 2		ST06	
22,2	RAISE BORER LA CROCETTA 2		ST06A, ST06B	
22,6-22,7	PIL 4	MASW 11		BH18
22,6-22,7-24,1	MT SAN MARTINO		ST07, ST07A, ST08	BH18
24,5	MT CASA ROMANA IMBOCCO EST		ST09	BH23

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 86 di 98	Rev. 1

Tab. 8.1/A: Aree di indagine geofisica ed indagini geognostiche associate (seguito)

Progressive (km)	Motivazione dell'indagine	Indagini MASW	Indagini SIS / ERT	Sondaggi
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar				
24,7	MT CASA ROMANA IMPLUVIO			BH24
25,2-25,3	MT CASA ROMANA IMBOCCO OVEST		ST10	BH25inc
25,7	PIANO DI SERIALLO	MASW 12		
25,9	MT LA PEZZA 1 IMBOCCO EST		ST11	BH26
26,2-26,6	MT LA PEZZA 1 IMBOCCO OVEST -		ST11A	
27,3	MT LA PEZZA 2 IMBOCCO OVEST		ST12	BH28
29,2	FIUME LAVAGNA 2° ATTRAVERSAMENTO			BH30
29,5	FIUME LAVAGNA 3° ATTRAVERSAMENTO			BH31
29,9.30,0	MT CA' TIEZZI IMBOCCO EST		ST13, ST13B, ST13C	
30,3-30,4	MT CA' TIEZZI - SETTORE CENTRALE		ST13A	
30,8	MT CA' TIEZZI - MT COREGLIA 1	MASW 13		
30,9	MT COREGLIA 1		ST14	BH34
32,4-32,6	MT COREGLIA 1 - MT PENDOLA 1		ST15	
33,1-33,4	MT PENDOLA 1		ST16	
33,7-33,8	c/o Pg4			BH42
34,3	Pg3, COLTRE			BH42-B
34,4	MOLINAZZO - MT CASTELLO ALTO	MASW 14		
34,4	MT CASTELLETTO, MT CASTELLO ALTO		ST17, ST17 EST	
35,4	MT FONTANA BUONA, MT CASTELLO ALTO		ST18	
35,5	MT CASTELLO ALTO		ST17 OVEST	
36,2-36,3	MT CAPODESASCO	MASW 15		
36,3	MT CAPODESASCO IMBOCCO EST		ST20	BH51
37,6-37,7	MT CAPODESASCO IMBOCCO OVEST		ST21	
38,7	PIL 6	MASW 16		
42,6	MONTE SERRO	MASW 17		
44,0-44,3	RAISE BORER SP 19	MASW 18	ST21A	
44,9-45,0	MT COSTA DELLA CA'		ST22	

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 87 di 98	Rev. 1

Tab. 8.1/A: Aree di indagine geofisica ed indagini geognostiche associate (seguito)

Progressive (km)	Motivazione dell'indagine	Indagini MASW	Indagini SIS / ERT	Sondaggi
45,7	MT COSTA DELLA CA' - SETTORE CENTRALE		ST22A	
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar				
Progressive (km)	Motivazione dell'indagine	Indagini MASW	Indagini SIS / ERT	Sondaggi
45,6-45,7	MT COSTA DELLA CA'	MASW 19	ST22B	
46,6	GALLERIA - MT MONTE BADO IMBOCCO EST		ST23 NE-SW, ST23 NW-SE	
48,1	GALLERIA - MT MONTE BADO IMBOCCO OVEST		ST24	
Area trappole di arrivo	AREA TRAPPOLE DI ARRIVO		ST25, ST26,	BH52var
Area trappole di arrivo	AREA TRAPPOLE DI ARRIVO		ST27, ST28,	BH53varS1
Area trappole di arrivo	AREA TRAPPOLE DI ARRIVO		ST29, ST30, ST31, ST32	BH54varS2
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DN 200 (8"), MOP 24 bar / NOME / Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori DN 400(16"), DP 24 bar				
1,3	MONTE FASCE, STRADA DELL'APPARIZIONE		ST33, ST34	BH57

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 88 di 98	Rev. 1

8.2 Prove sismiche attive di superficie (MASW)

Nel periodo 24-26 gennaio 2019 è stata realizzata una serie di indagini geofisiche con prospezione sismica attiva presentate nella precedente tabella 8.1/A.

Si tratta di n° 19 prove MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) (vedi Dis. LB-D-83220), effettuate al fine di determinare le *Vseq* nell'area in oggetto e consentire la definizione dell'assetto sismo-stratigrafico del sito.

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh la cui variazione viene chiamata "dispersione"; grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione, le misure permettono di determinare una stima indiretta della distribuzione delle *Vs* (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare, tramite uno stendimento lineare di sensori, le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

8.2.1 Strumentazione utilizzata e metodologia esecutiva

Le indagini sono state effettuate dallo Studio Geores S.r.l. (Roma) con l'utilizzo della seguente strumentazione:

- Sismografo DAQLINK 3, Seismic Source 24 bit;
- 24 geofoni a 4.5Hz;
- mazza da 10 Kg;
- software winMASW 5.2 PRO.

8.2.2 Metodologia interpretativa

La classificazione del sottosuolo si effettua infatti sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio *VSeq* (in m/s), definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- *h_i*: spessore dell'*i*-esimo strato;
- *V_{s,i}*: velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- *N*: numero di strati;
- *H*: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da *Vs* non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità *H* del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio *Vseq* è definita dal parametro *Vs30*, ottenuto ponendo *H*=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 89 di 98	Rev. 1

8.2.3 Risultati delle prove MASW

La seguente tabella 8.2/A riassume i valori di Vs30 per i vari siti indagati inquadrando ciascuno nella corrispondente classe di riferimento secondo la normativa italiana vigente.

La trattazione completa delle indagini è fornita nell'Allegato 6 "Relazione geofisica – Analisi MASW" nel quale sono fornite:

- Ubicazione generale delle prove lungo il tracciato (il particolare della posizione è fornito nell'Allegato LB-D-83220, su carta CTR in scala 1:10000);
- Dati generali di esecuzione della prova MASW;
- Dati di output della prova MASW che mostrano le immagini dei sismogrammi e dei relativi spettri di velocità sui quali è stato eseguito il picking della curva di dispersione;
- profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione delle prove masw;

La seguente Tabella 8.2/A riassume schematicamente i risultati delle prove effettuate fornendo i valori di $V_{s,eq}$ e la classe di riferimento del suolo secondo la normativa italiana vigente citata al paragrafo 5.1.

Per quanto le prove caratterizzano settori molto limitati dei tracciati di progetto, i risultati ottenuti sono sostanzialmente in accordo con la caratterizzazione sommaria del sottosuolo effettuata al paragrafo 5.1 sulla base della formazione geologica presente ed alle caratteristiche delle coltri identificate in campo.

Tab. 8.2/A: Risultati delle prove MASW

Indagine	valore di $V_{s,eq}$ (m/s)	Profondità bedrock (m)	Categoria di sottosuolo secondo la NTC 2018
MASW 01	515	>30	classe B
MASW 02	> 800	3	classe A
MASW 03	510	8	classe B
MASW 04	> 800	3	classe A
MASW 05	> 800	3	classe A
MASW 06	394	13	classe B
MASW 07	> 800	3	classe A
MASW 08	395	3	classe B
MASW 09	506	13.5	classe B
MASW 10	597	12	classe B
MASW 11	750	18	classe B
MASW 12	301	>30	classe C
MASW 13	565	20	classe B
MASW 14	366	8	classe B
MASW 15	789	21.5	classe B
MASW 16	> 800	3	classe A
MASW 17	408	8	classe B
MASW 18	374	8.5	classe B
MASW 19	421	19.5	classe B

Classe A: ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 90 di 98	Rev. 1

Classe B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Classe C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 91 di 98	Rev. 1

8.3 Indagini sismiche e geoelettriche (SIS/ERT)

8.3.1 Premessa

Lungo il tracciato in progetto sono state riscontrate numerose situazioni di criticità morfologica dovute alla asperità dei rilievi o a deboli fenomeni di instabilità di versante, spesso associate alla presenza di strutture ed insediamenti abitativi che precludono soluzioni alternative per il passaggio della condotta.

In molti casi, quindi, è stato necessario prevedere l'utilizzo di tecnologie trenchless per superare i tratti maggiormente critici, in condizioni di sicurezza ed evitando le interferenze dirette con i fenomeni che rendono critico il tratto. In questi casi le informazioni desumibili dai rilievi di campagna e dalle indagini dirette sono state integrate da studi geofisici volti ricostruire con continuità la situazione stratigrafica delle sezioni interessate dai progetti delle opere trenchless.

In particolare, nel periodo gennaio – aprile 2019 sono state realizzate una serie di indagini geofisiche utilizzando le metodologie della tomografia elettrica di superficie 2D (ERT- Electrical Resistivity Tomography) e della tomografia sismica di superficie 2D (SIS - – Seismic Investigation Surveying) allo scopo di determinare la sismo-stratigrafia e l'elettro-stratigrafia dei siti oggetto di studio e di elaborare un modello geofisico del sottosuolo.

Le indagini sono state effettuate da due ditte (Studio Geores S.r.l., Roma, Studio Georisorse Italia, Siena) che hanno operato talvolta sullo stesso settore del tracciato in aree limitrofe o in tempi successivi. Ciascuna ditta ha fornito, nei propri formati, la documentazione relativa alle attività svolte riassunte in tabella 8.3/A, fornendo anche una piccola descrizione delle problematiche che hanno motivato le indagini.

Per ogni sito sono state realizzate sia indagini di tomografia elettrica di superficie 2D che tomografia sismica di superficie 2D.

La documentazione relativa alle indagini geofisiche comprendente l'ubicazione, l'inquadramento geologico, il profilo di resistività, il profilo sismico e il profilo interpretativo è raccolta nell'Allegato 7, diviso in due sezioni, una per ciascun operatore. La tabella 8.3/A indica contestualmente anche la sezione in cui trovare tale documentazione.

Le ditte che hanno eseguito le indagini sono di seguito elencate:

- Studio Geores: ha eseguito n° 15 indagini lungo il tracciato, la cui documentazione è fornita nella SEZIONE 1;
- Studio Georisorse: ha eseguito n° 12 indagini lungo il tracciato, la cui documentazione è fornita nella SEZIONE 2

Il paragrafo successivo descrive brevemente la strumentazione utilizzata da ciascuna ditta.

CLIENTE: 	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco	Fg. 92 di 98	Rev. 1

Tab. 8.3/A Indagini sismiche a rifrazione (SIS) e elettriche (ERT) effettuate in corrispondenza delle opere trenchless previste

Progressive (km)	Denominazione	Ditta	Sezione (1 o 2) dell'Allegato 5
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar			
0,6 – 0,8	ST01 - MT Pezze	GEORES	1
1,4-1,5	ST02 RB Rocce, ST03 RB Rocce	GEORISORSE	2
11,6-11,7	ST04 Frisolino, ST04A Frisolino, ST04B Frisolino	GEORISORSE	2
14,6-14,9	ST04AA (coltre), ST05 RB Chiesa Nuova	GEORISORSE	2
21,9-22,2	ST06 RB Crocetta, ST06A RB Crocetta, ST06B RB Crocetta	GEORISORSE	2
22,6-22,7	ST07 - MT san Martino est	GEORES	1
22,6-22,7	ST07A - MT San Martino settore centrale	GEORES	1
24,1	ST08 MONTE - San Martino ovest, ST08 PENDIO – San Martino ovest, ST08 VALLE SS225 - San Martino ovest	GEORES	1
24,5	ST09 - MT Casa Romana est	GEORES	1
25,2-25,3	ST10 - MT Casa Romana ovest	GEORES	1
25,9	ST11 - MT La Pezza est	GEORES	1
26,2-26,6	ST11A - MT La Pezza ovest	GEORES	1
27,3	ST12 - La Pezza imbocco ovest	GEORES	1
29,9.30,0	ST13 - MT Cà di Crovo	GEORES	1
29,9.30,0	ST13A Ca' Tiezzi, ST13B Ca' Tiezzi, ST13C Ca' Tiezzi	GEORISORSE	2
30,9-33,4	ST14 Coreglia Est, ST15 Coreglia Ovest, ST16 MT Pendola 1 (ex Pendola)	GEORISORSE	2
34,4	ST17 - MT Castelletto	GEORES	1
34,4	ST17 Castello Alto Est, ST17 Castello Alto Ovest	GEORISORSE	2
35,4-35,5	ST18 - MT Fontana Buona	GEORES	1
36,3	ST20 MT Capodesasco Est, ST21 Capodesasco Ovest	GEORISORSE	2
44,0-44,2	ST21A RB Lumarzo	GEORISORSE	2

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 93 di 98	Rev. 1

Tab. 8.3/A Indagini sismiche a rifrazione (SIS) e elettriche (ERT) effettuate in corrispondenza delle opere trenchless previste (seguito)

Progressive (km)	Denominazione	Ditta	Sezione (1 o 2) dell'Allegato 5
RIF. MET. SESTRI LEVANTE - RECCO DN 400/750 (26"), DP 75 bar			
44,9-45,0	ST22 - MT Costa della Cà	GEORES	1
45,7	ST22A - MT Costa della Cà settore centrale	GEORES	1
45,7	ST22B - MT Costa della Cà settore ovest	GEORES	1
46,6	ST23 NE-SW Monte Bado Est, ST23 NW-SE Monte Bado Est, ST24 Monte Bado Ovest	GEORISORSE	2
HPTR	ST25, ST26, ST27, ST28, ST29, ST30, ST31, ST32	GEORISORSE	2
Dismissione Variante Nuovo Stacco AMGA Calcinara DN 200 (8"), MOP 24 bar / Collegamento IMP di Sori a Der. Recco e Italgas Sori DN 400(16"), DP 24 bar			
1.3	ST33 Apparizione, ST34 Apparizione,	GEORISORSE	2

8.3.2 Strumentazione utilizzata e finalità delle prospezioni

Tomografia sismica 2D

Il fine delle indagini sismiche a rifrazione è di caratterizzare i terreni aventi una differente velocità di propagazione delle onde elastiche, definendone gli spessori e la loro distribuzione spaziale. In tal modo è possibile ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione calcolate con metodologia tomografica.

La tecnica della tomografia sismica 2D prevede l'esecuzione di stendimenti mediante l'utilizzo di un sismografo DAQlink III System 24 bit, con 24 geofoni verticali per la registrazione delle onde di compressione o onde "P".

La sorgente delle onde sismiche è costituita da un martello da 10 kg, collegato ad un geofono starter, che genera un treno di onde di cui risulta esaltata la componente verticale, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni, posizionati con passo di circa 5 metri, ed inviati al sismografo di acquisizione. L'energizzazione per la generazione delle onde è stata ripetuta 7 volte per ciascuno stendimento sismico, al fine di permettere una interpretazione dei dati di tipo "tomografico". Il sismografo registra i tempi di arrivo delle onde di compressione P (o primarie), ovvero le prime onde a raggiungere i geofoni di misura.

L'elaborazione dei dati ha permesso la ricostruzione della stratigrafia sismica locale, lungo i profili, con l'attribuzione delle velocità caratteristiche dei terreni e la profondità e la giacitura dei rifrattori presenti nel sottosuolo, per una profondità d'indagine media di circa 35/40 metri dal p.c.. I dati dei primi arrivi sono stati inseriti in specifici files di input per il software di ricostruzione tomografica RAYFRACT (Rowdewahl, 2003), che ha permesso la rappresentazione ed evoluzione delle velocità sismiche delle onde P nel sottosuolo.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 94 di 98	Rev. 1

Tomografia elettrica 2D

Il principio metodologico si basa sostanzialmente sulla misura del campo elettrico creato artificialmente nel terreno con particolari dispositivi elettrodici, costituiti da due coppie di elettrodi infissi nel terreno (quadripolo elettrico), dei quali la prima coppia costituisce il circuito di iniezione di corrente, mentre la seconda il circuito di misura della differenza di potenziale provocata nel terreno dal passaggio della corrente stessa. Più in particolare, si misurano le variazioni di tale campo elettrico indotte dalle strutture presenti nel sottosuolo. L'intervallo di variazione è funzione del contrasto di resistività elettrica (il parametro fisico che viene misurato), fra le strutture (litotipi) oggetto di indagine.

I profili elettrici vengono eseguiti secondo la configurazione elettrodica DIPOLO - DIPOLO con passo elettrodico che viene definito in base alla problematica da studiare. Orientativamente, la configurazione elettrodica prescelta consente di misurare la resistività apparente del terreno nella posizione centrale tra gli elettrodi di tensione (M-N) e quelli di corrente (A-B) fino ad una profondità da piano campagna che dipende dalla lunghezza dello stendimento.

Si dimostra, infatti, che si ottiene un valore di resistività apparente:

$$(\Omega \text{ m}) \rho_a = K (V/I)$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei 4 elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nel parametro K, detto fattore geometrico), della distribuzione della resistività elettrica dei sedimenti nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente "I".

E' stato utilizzato il georesistivimetro multielettrodo multicanale IRIS SYSCAL PRO, capace di gestire contemporaneamente oltre 256 elettrodi e di personalizzare, tramite specifico software applicativo, tutte le misure desiderate e la loro posizione nel sottosuolo. Questo strumento ha una precisione strumentale di circa 0,5% ed utilizza una alimentazione in corrente continua fino a 2,5 A.

L'Allegato 5, diviso nelle due Sezioni relative a ciascuna Ditta che ha eseguito le indagini, riporta il particolare della strumentazione utilizzata e delle metodiche di elaborazione dei dati.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 95 di 98	Rev. 1

9 Conclusioni

La presente Relazione Geologica costituisce uno specifico annesso al Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'opera denominata "Metanodotto Sestri Levante - Recco DN 400 (16")", DP 75 bar ed opere connesse" e completa la documentazione collegata allo Studio di Impatto Ambientale (vedi SPC LA-E-83010).

La definizione del tracciato di progetto ha comportato una fase di studio sviluppata per approfondimenti successivi nel corso di circa dieci mesi, supportata da una fase di indagini geognostiche dirette ed indirette delle quali si è riferito nella presente relazione.

Il tracciato ha evitato le maggiori criticità geomorfologiche e, nei casi in cui non è stato possibile, si è ricorsi a tecnologie trenchless per evitare le interferenze dirette con pochi fenomeni che possono costituire delle criticità.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti.

Il tracciato di progetto, dopo aver attraversato brevemente per un chilometro circa i depositi alluvionali della valle del fiume Petronio, risale il versante destro della medesima valle, incontra in successione i rilievi della valle del torrente Gromolo e del torrente Graveglia, rimanendo lungo linee di crinale. I rilievi sono formati in prevalenza da serpentiniti e subordinatamente da basalti e gabbri. Il tracciato poi continua verso ovest ed incontra le coperture sedimentarie dell'unità Gottero, formata dalle Argille a Palombini, dagli Scisti Zonati, dalle Arenarie del Monte Gottero e dalle Argilliti di Giaiette. Dopo aver attraversato lo spartiacque Graveglia - Sturla e la valle del torrente Sturla, il tracciato esce nel versante sinistro della val Lavagna e, dopo averne attraversato l'alveo, si mantiene sul versante destro della valle per oltre una decina di chilometri, percorrendo in parte la piana alluvionale, in parte i rilievi collinari principalmente per mezzo di opere trenchless. Il tracciato lascia la val Lavagna e, per mezzo del microtunnel Capodesasco impostato principalmente nelle Ardesie di Monte Verzi, giunge nella valle del rio Liteglia risalendone successivamente il crinale e seguendolo con continuità. Dopo aver attraversato il rio di Lumarzo, all'interno degli Scisti Manganesiferi, il tracciato risale nuovamente il crinale e rimane in cresta giungendo fino al versante orientale di Monte Bado, in cui gli Scisti Manganesiferi sono in contatto tettonico (sovrascorrimento) con i calcari della Formazione del Monte Antola. All'uscita dell'opera in sotterraneo (galleria tradizionale e microtunnel), nella testata del Fosso del Becco sarà costruita la stazione di lancio e ricevimento PIG e l'impianto di riduzione (HPRS) di Sori, termine della linea di progetto.

Il settore orientale del tracciato, che attraversa principalmente le torbiditi arenacee, le formazioni ofiolitiche e la loro copertura siliceo-calcareo di ambiente pelagico, è caratterizzato da una morfologia controllata marcatamente dalla litologia, con un rilievo aspro, formato da rocce ofiolitiche, diaspri e calcari, che raggiunge le quote più elevate, e valli profondamente incise, generalmente impostate in corrispondenza delle litologie a maggiore erodibilità (Argille a Palombini, torbiditi del Gruppo del Lavagna). Nel complesso i versanti hanno pendenze relativamente alte, prevalentemente comprese tra 35% e 50%, che caratterizzano un rilievo ad elevata energia. I settori occidentale e centrale del tracciato sono situati sul versante destro della Val Lavagna,

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 96 di 98	Rev. 1

impostato soprattutto sulle formazioni torbiditiche arenaceo-pelitiche. L'andamento del corso del Lavagna, orientato secondo una direzione ONO-ESE, è attribuibile al controllo esercitato da una fase tettonica distensiva.

In relazione alla Carta della Suscettività al Dissesto dell'Autorità di Bacino della Regione Liguria, che costituisce la sintesi cartografica della Pericolosità, il tracciato di progetto interferisce in massima parte con aree suscettive al dissesto appartenenti alla classe Pg3b, e solamente con cinque aree della classe Pg3a, attraversate in tutti i casi in sotterraneo.

Le indagini geologiche che sono state realizzate in corrispondenza di queste aree (in particolare rilievi geomeccanici e strutturali) hanno evidenziato buone caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi (vedi Allegato 5 a questa relazione). Analogamente i risultati delle indagini indirette (in particolare le analisi MASW) hanno permesso la classificazione dei terreni (secondo le NTC 2018) nell'ambito delle classi A e B (vedi Allegato 6 a questa relazione).

Nei casi in cui il tracciato interferisca con situazioni di modesta criticità geomorfologica sono stati previsti interventi di ripristino allo scopo di ristabilire le condizioni di stabilità geologica preesistenti.

Lo Studio di Impatto Ambientale (vedi SPC LA-E-83010) descrive gli interventi previsti e identifica la loro ubicazione lungo i tracciati. In particolare le interferenze con le aree a pericolosità idraulica e geomorfologica (dissesti) sono state rappresentate negli Annessi C e D (vedi SPC LA-E-83050 e LA-E-83019) al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (vedi SPC LA-E-83009).

Da quanto esposto in questi documenti risulta che l'opera è compatibile sia con le aree a pericolosità idraulica sia con le aree a pericolosità geomorfologica in quanto o l'opera non modifica lo stato di fatto attuale o sono stati previsti degli interventi preventivi, mitigativi o migliorativi delle condizioni attuali dovunque sia stata individuata la necessità.

La caratterizzazione sismica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata in maniera sintetica in questa relazione e dettagliatamente nel documento SPC LA-E-83017, Annesso H al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (vedi SPC LA-E-83009).

In particolare la sismicità storica dell'area evidenzia che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

L'azione sismica massima attesa nel territorio interessato dall'opera è stata stimata in accordo ai requisiti della normativa nazionale attualmente in vigore (NTC 2018).

Le verifiche degli stati tensionali indotti dallo scuotimento sismico del terreno sono state eseguite sui tratti rettilinei e curvi delle tubazioni interrato in occasione dell'azione sismica massima attesa e in concomitanza con l'esercizio dell'opera (Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (vedi SPC LA-E-83009).

I risultati delle verifiche hanno evidenziato l'idoneità dello spessore della tubazione a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno in occasione dell'evento sismico massimo atteso.

Nello studio di dettaglio della caratterizzazione sismica del territorio interessato dal tracciato in progetto (vedi SPC LA-E-83017) è stata valutata la pericolosità di eventuali deformazioni cosismiche (i.e. dislocazioni su piani di faglia; liquefazione) dedotti dalla verifica di cataloghi ufficiali (DISS; ITHACA), dai dati disponibili in letteratura scientifica

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 97 di 98	Rev. 1

e dai sopralluoghi nelle zone di interesse. Da tali analisi risulta che l'area non è interessata da faglie attive e capaci.

L'analisi del rischio sismico della condotta in progetto rispetto alla possibile interferenza dell'opera con terreni potenzialmente suscettibili a liquefazione in caso di eventi sismici è stata eseguita considerando i requisiti riportati nella normativa vigente (NTC 2018).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi di dettaglio effettuata nelle aree identificate lungo l'asse del metanodotto in progetto, come potenzialmente suscettibili a liquefazione dei terreni (vedi SPC LA-E-83017), non si sono riscontrate zone dove si possono verificare tali fenomeni.

CLIENTE: 	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83016	
WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante - Recco		Fg. 98 di 98	Rev. 1

10 BIBLIOGRAFIA

Autorità di bacino regionale della Liguria (2013) – *Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico, Ambito di bacino 17 torrente Gromolo – Relazione generale*

Autorità di bacino regionale della Liguria (2013) – *Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico, Ambito di bacino 17 torrente Petronio – Relazione generale*

Autorità di bacino regionale della Liguria (2016) – *Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico, torrente Lavagna – Relazione generale*

Autorità di bacino regionale della Liguria (2017) – *Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico, torrente Bisagno – Relazione generale*

Autorità di bacino regionale della Liguria (2018) – *Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico, Ambito di bacino 16 – Relazione generale*

Bortolotti V. et al. (2014) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 232 – Sestri Levante.*

Brancucci G. et al (1988) – *Segnalazione di superfici pianeggianti lungo i versanti della Val Fontanabuona riconducibili a terrazzamenti del T. Lavagna – Suppl. Geogr. Fis. _Din.Quat., 1*

Brancucci G. et al (1989) – *Morfotettonica della Val Fontanabuona e delle valli limitrofe – Mem. Acc. Sc. Lunigiana Cappellini, 57-58.*

Brandolini P. et al. (2007) – *Geomorphological and Geo-Environmental features of the Graveglia valley- Geogr. Fis. Din. Quat., 30*

Elter P., Marroni M., Pandolfi L. (2012) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 214 – Bargagli.*

Rovereto G. (1939) – *Liguria geologica – Mem. Soc. Geol. It., 2, pp.743.*

Società Geologica Italiana (1994) - *Guide Geologiche Regionali, Appennino Ligure – Emiliano – BE-MA editrice.*

Servizio Geologico d'Italia (in stampa) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 232 – Sestri Levante.*

Servizio Geologico d'Italia (2012) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 214 – Bargagli.*