

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 1 di 59

METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO

DN 400 (16"), DP 75 bar

ed opere connesse

Attraversamenti in subalveo nell'Ambito 16 – Torrente LAVAGNA

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	Caccavo	Mencucci	Guiducci	Mag. '19
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 2 di 59
				Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	6
1.3	Definizioni	6
1.4	Normativa di Riferimento	7
2	PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	9
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	13
4	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL SITO	18
4.1	Lineamenti geologici generali	18
4.2	Inquadramento tettonico-strutturale	21
4.3	Caratteri geomorfologici dell'area d'intervento	22
4.4	Caratteri idrogeologici dell'area d'intervento	24
4.5	Indagine geognostica	26
5	ANALISI IDROLOGICHE DI BASE	28
5.1	Vita utile dell'opera e tempo di ritorno dei fenomeni idrologici	28
5.2	Stima della portata di modellazione idraulica	28
6	STUDIO IDRAULICO	32
6.1	Presupposti e finalità e dello studio idraulico	32
6.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	34
6.3	Perdite localizzate di energia e fattori di attrito	37
6.4	Parametri del deflusso di piena	37
6.5	Valutazione dei potenziali fenomeni erosivi	52
7	SINTESI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	55
	APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI	59
	Allegato 1 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83505	
	Allegato 2 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83507	
	Allegato 3 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83508	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 3 di 59	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

Il progetto del metanodotto Sestri Levante-Recco, costituito da una condotta DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse, prevede l'attraversamento in sub-alveo del torrente Lavagna in tre punti differenti nel territorio comunale di San Colombano Certenoli, in provincia di Genova, come riportato nella relazione Generale (vedi Doc. SPC LA-E-83050) al km 23,877, km 28,662 e al km 29,002). Gli attraversamenti interessano areali corrispondenti a perimetrazione, identificata dagli Enti preposti in materia, come aree a pericolosità idraulica; nel dettaglio, il tracciato ricade nell' "alveo attuale" e nella "fascia di riassetto fluviale" del torrente e, ai margini di questa, in aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (fascia A – Pericolosità idraulica molto elevata P_{i3}).

Il nuovo metanodotto previsto è finalizzato al potenziamento della rete esistente, mediante realizzazione di una maglia chiusa fra Recco e Sestri Levante, ed è stato progettato in modo da ottimizzare il tracciato planimetrico e il profilo di posa della condotta. L'esperienza raccolta sul territorio provinciale nella precedente costruzione del Metanodotto esistente, così come il riscontro delle condizioni di stabilità fino ad oggi manifestatesi, hanno costituito utili riferimenti per la definizione della nuova linea, la cui esecuzione, tuttavia, è prevista mediante l'impiego di tecniche realizzative mirate, a maggior efficienza e maggior sicurezza del gasdotto, per tutto il periodo di esercizio stabilito ("vita utile" dell'opera), garantendo così la durabilità del servizio di trasporto verso gli utilizzatori del sistema nello specifico territorio servito. (vedi Fig. 1.1/A e 1.1/B)

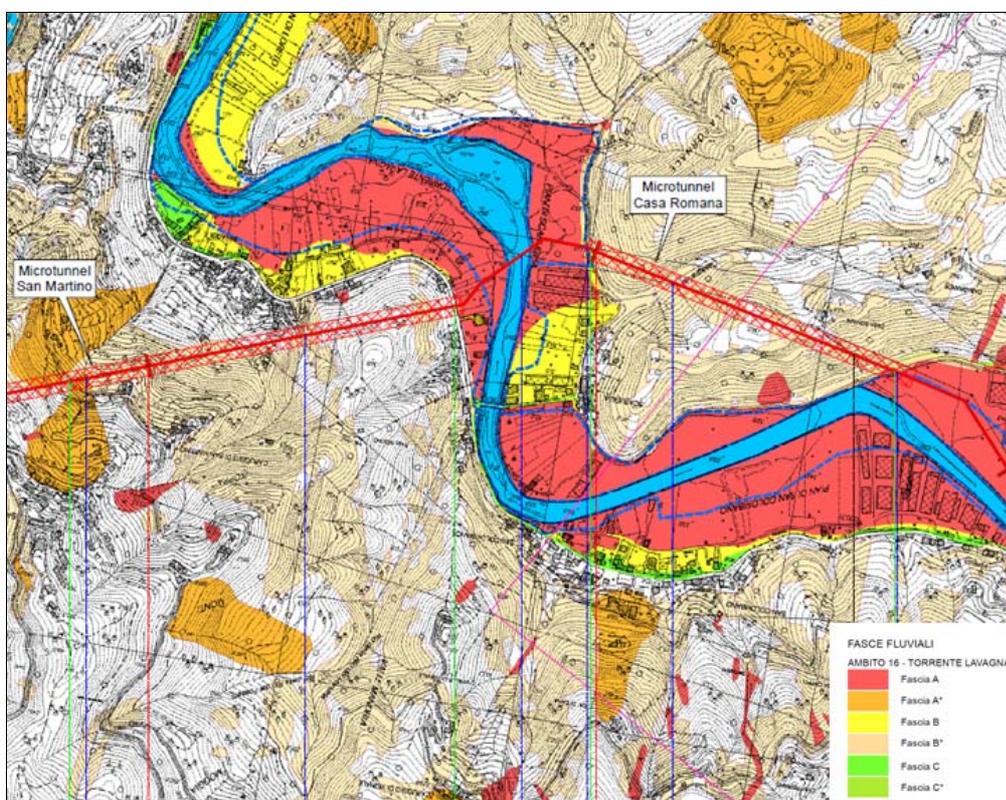


Fig. 1.1/A: Rappresentazione del tracciato nell'ambito delle perimetrazioni di pericolosità idraulica: attraversamento #1 torrente Lavagna (Km 23,877)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 4 di 59

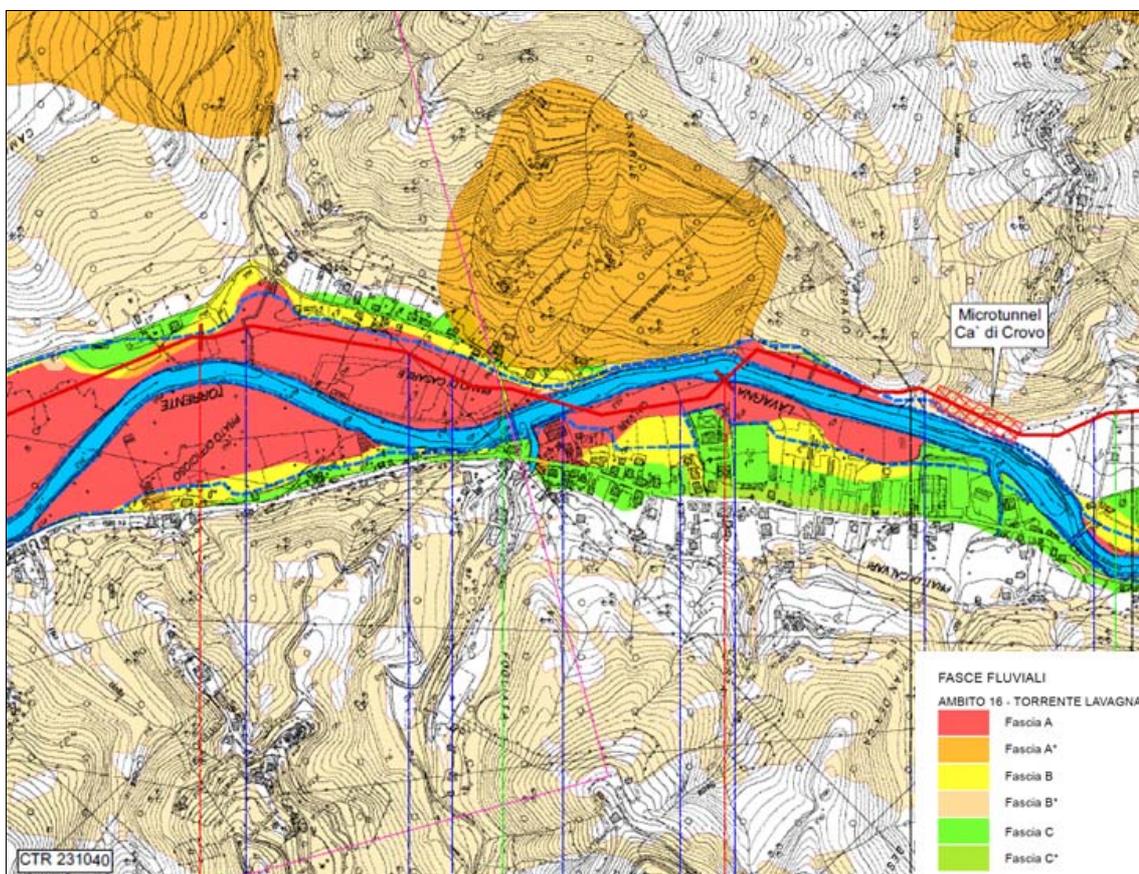


Fig. 1.1.B: Rappresentazione del tracciato nell'ambito delle perimetrazioni di pericolosità idraulica: attraversamenti #2 (km 28.662) e #3 (km 29.002) torrente Lavagna (procedendo da destra verso sinistra, in senso gas)

La definizione planimetrica e le modalità di realizzazione degli attraversamenti, oltre che il profilo della tubazione da posare in sub-alveo sono stati preliminarmente individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico, in base alle conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato di progetto e sulle condizioni idrologico-idrauliche del torrente. Nella progettazione gli aspetti di carattere idraulico sono stati comunque contemplati anche in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore. La presente relazione, in particolare, descrive le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità dell'intervento e le relative conclusioni. Difatti, per quanto in precedenza esposto in relazione alle perimetrazioni di pericolosità idraulica, secondo le norme di attuazione, il PAI predisposto dall'Autorità di bacino regionale per il torrente Lavagna è necessario che l'opera corrisponda a specifici requisiti.

In aggiunta all'"alveo attuale", le "fasce di riassetto fluviale" costituiscono settori di territorio oggetto di perimetrazione ai fini di tutela così definiti: *"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*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 5 di 59	Rev. 0

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". In base alle Norme di attuazione del PAI (Art. 14), l'inserimento di opere e infrastrutture in detti ambiti non è categoricamente precluso, purché la loro fattibilità venga tecnicamente accertata e correlata ai criteri ed agli interventi previsti dall'autorità competente per il riassetto delle aree interessate.

Secondo quanto stabilito dall' Art. 15-bis - *Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche, nelle fasce A e B, possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante della Provincia (Regione Liguria n.d.r), a condizione che:*

- a) non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;*
- b) non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;*
- c) non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;*
- d) siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, (...), che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree.*

Pertanto, la presente relazione tende a fornire tutte le informazioni atte a verificare come il progetto degli attraversamenti fluviali e delle interferenze di tracciato con area perimetrata possa ritenersi confacente a tali prescrizioni. Poiché non è prevista alterazione della morfologia superficiale, ciò si riconduce essenzialmente nella stima della profondità minima di posa della tubazione affinché risulti tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo dell'alveo e più in generale nell'area fluviale; di conseguenza, si escludono possibili interazioni con le fluenti e in particolare con la corrente di massima piena. Come successivamente esposto, la definizione progettuale degli interventi assicura anche da possibili interferenze con opere programmate o future, mirate a ridurre le condizioni di pericolosità idraulica.

In sintesi, i contenuti del presente documento sono così articolati:

- inquadramento territoriale dell'area d'intervento e presupposti di compatibilità idraulica;
- caratterizzazione locale del corso d'acqua e descrizione della tecnologia esecutiva di attraversamento;
- valutazioni idrologiche mirate alla stima della portata al colmo di piena di riferimento, in corrispondenza delle sezioni di attraversamento fluviale;
- modellazione idraulica volte ad individuare i parametri caratteristici di deflusso di piena ed i fenomeni associati con specifico riferimento alla stima dei massimi possibili fenomeni erosivi, in corrispondenza del tracciato di attraversamento.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 6 di 59	Rev. 0

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento nei seguenti elaborati (vedi Allegato 1, 2 e 3):

- **LB-3C-83505** 1° Attraversamento torrente Lavagna
- **LB-3C-83507** 2° Attraversamento torrente Lavagna
- **LB-3C-83508** 3° Attraversamento torrente Lavagna

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Tubazione

Insieme di tubi, uniti tra loro, comprese le curve ottenute mediante formatura a freddo.

Diametro nominale (DN)

Indicazione convenzionale, che serve quale riferimento univoco per individuare la grandezza dei tubi e dei diversi elementi accoppiabili. Si indica con DN seguito dal numero, che ne esprime la grandezza in millimetri o pollici ("inches").

Trincea

Scavo a cielo aperto, con definita sezione geometrica, finalizzata alla collocazione interrata della tubazione.

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

Distanza compresa tra la generatrice superiore esterna della tubazione o del relativo manufatto di protezione, ove presente, e la superficie del terreno (piano campagna o fondo alveo).

Copertura minima

Valore minimo della profondità di interramento della tubazione, che vien stabilito in ciascun tratto della linea caratterizzato dalle medesime condizioni generali di esecuzione.

Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 7 di 59	Rev. 0

di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimenti storicamente interessati dal deflusso o attualmente interessati da andamento pluricorsale e da naturali divagazioni delle correnti, e le aree manifestamente soggette alle dinamiche evolutive del corso d'acqua. La sua delimitazione è, di norma, individuata graficamente dalle Autorità aventi competenza sui corpi idrici o da strumenti di pianificazione.

Opere di ripristino

Opere di sistemazione e di recupero ambientale delle aree attraversate dal metanodotto; possono essere correlate e contestuali a lavori di consolidamento e stabilizzazione dei terreni o di regimazione e difesa idraulica della condotta, tra cui: sistemazioni arginali; ripristino di strade e servizi interferiti dal tracciato; ripristini morfologici; ripristini vegetazionali.

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, oltre alla pianificazione territoriale di settore (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Ambito Torrente Lavagna), si ha riferimento negli strumenti normativi e nei documenti tecnici di seguito elencati.

Criteri generali di progettazione del metanodotto

- DM 17 aprile 2008 del Ministero dello Sviluppo Economico - Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- DLgs 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- DLgs 23/02/2010 n. 49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- RD 11/12/1933 n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L 05/01/1994 n.37 Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- DLgs 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- DM Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al DPR 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della Legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

Strumenti di pianificazione ai fini del rischio idraulico e idrogeologico

Distretto dell'Appennino Settentrionale – Dal 17 febbraio 2017 sono sopresse le

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 8 di 59	Rev. 0

Autorità di Bacino ex L 183/1989 e i relativi organi, sostituite dalle nuove Autorità di Bacino Distrettuali.

I Piani di bacino stralcio vigenti continuano in ogni caso ad essere pienamente applicabili nei territori di riferimento, fino all'emanazione di corrispondenti atti adottati a livello distrettuale o a diverse disposizioni. In data 29 ottobre 2018 è stato firmato l'accordo, ex art. 15 L 241/1990, con l'Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale ai fini di assicurare la continuità delle funzioni della soppressa Autorità di Bacino regionale, che prevede l'avvalimento delle strutture regionali operanti nel regime previgente. Il Torrente Lavagna riguarda l'Ambito 16 del Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 9 di 59	Rev. 0

2 PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il Torrente Lavagna nasce da un gruppo di sorgenti situate sulle pendici sud del Monte Lavagnola (1132 metri) e scorre incassato fra le rocce fino alla confluenza, sulla destra idrografica, con il rio di Vallebuona in una valle orientata NE-SW. Prosegue poi piegando leggermente verso SE fino a Ferriere, da dove l'andamento del suo corso prende decisamente la direzione NW-SE, che mantiene fino alla confluenza, sulla sinistra orografica, con il Torrente Sturla. A partire dall'abitato di Gattorna iniziano, alternate a tratti con sponde rocciose, le zone alluvionali pianeggianti.

Nel suo primo tratto, dalle sorgenti alla località Ferriere, il Torrente Lavagna non riceve tributari importanti ad esclusione del Rio di Vallebuona e del Rio delle Ferriere, ambedue sulla destra orografica.

Nel secondo tratto, che rappresenta l'asta principale del torrente, esso riceve sempre sulla destra orografica, il Rio di Lumarzo, il Torrente Litteglia, il Rio delle Bolle, il Rio Pendola, il Fosso di Roncazzi, il Fosso di Camposasco ed altri numerosi corsi d'acqua di minore importanza.

Il bacino del torrente Lavagna presenta l'insolita caratteristica, per un corso d'acqua ubicato in provincia di Genova, di essere disposto in direzione Est-Ovest e di avere una forma asimmetrica decisamente sbilanciata sul versante sinistro nettamente più ramificato del destro.

Gli affluenti principali del Torrente Lavagna sono però tutti situati in sponda orografica sinistra, dove il Torrente Lavagna riceve, da monte verso valle, come principali affluenti il Rio d'Urri, il Torrente Neirone, il Canale di Moconesi, il Torrente Malvaro e il Canale d'Isolona. Nei pressi di Carasco nel Torrente Lavagna confluisce il Torrente Sturla formando il fiume Entella (come dal Primo Elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Genova): la chiusura del bacino per il presente studio è localizzata immediatamente a monte di tale confluenza, per un'estensione complessiva di circa 160 chilometri quadrati di bacino.

Le tre sezioni (#1, #2, #3) progettualmente definite per gli attraversamenti in sub-alveo del torrente Lavagna all'interno della "area fluviale", sono identificabili rispettivamente a circa 1,8, 7,5 e 7,8 chilometri a monte della confluenza del torrente Sturla, nell'asse del torrente Lavagna. Tale tronco si colloca nelle zone alluvionali pianeggianti in cui il torrente descrive ampie anse nel suo procedere verso valle in direzione NW-SE.

Nel tratto compreso tra la confluenza con il T. Sturla e la località Pian dei Manzi, l'alveo del torrente risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree golenali.

Esso ha una larghezza complessiva variabile tra 200 e 400 metri circa e presenta un andamento curvilineo con direzione prevalente NO-SE; le aree golenali sono delimitate su entrambe le sponde dalle emergenze rocciose dei versanti, la pendenza media è pari allo 0.3 per cento circa.

L'alveo di magra ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili da 30 a 50 metri circa e altezza delle sponde pari a circa 4-5 metri; il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

Le aree golenali sia in sponda destra che in sponda sinistra risultano per la maggior parte coltivate e sono state in parte invase da una serie di edifici per lo più ad uso

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 10 di 59

industriale, che ne hanno compromesso in parte la funzionalità idraulica.

Nel tratto compreso tra la località Pian dei Manzi e la confluenza con il Canale di Isolona l'alveo è delimitato su entrambe le sponde dal versante naturale.

Le sezioni sono di forma sostanzialmente trapezia, con larghezze al fondo variabili tra 13 m e 23 m circa; il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza di depositi e di vegetazione arbustiva.

La viabilità principale (S.P. 225 della Val Fontanabuona) si sviluppa in sponda sinistra per tutto il tratto in esame. (Fig. 2/A)

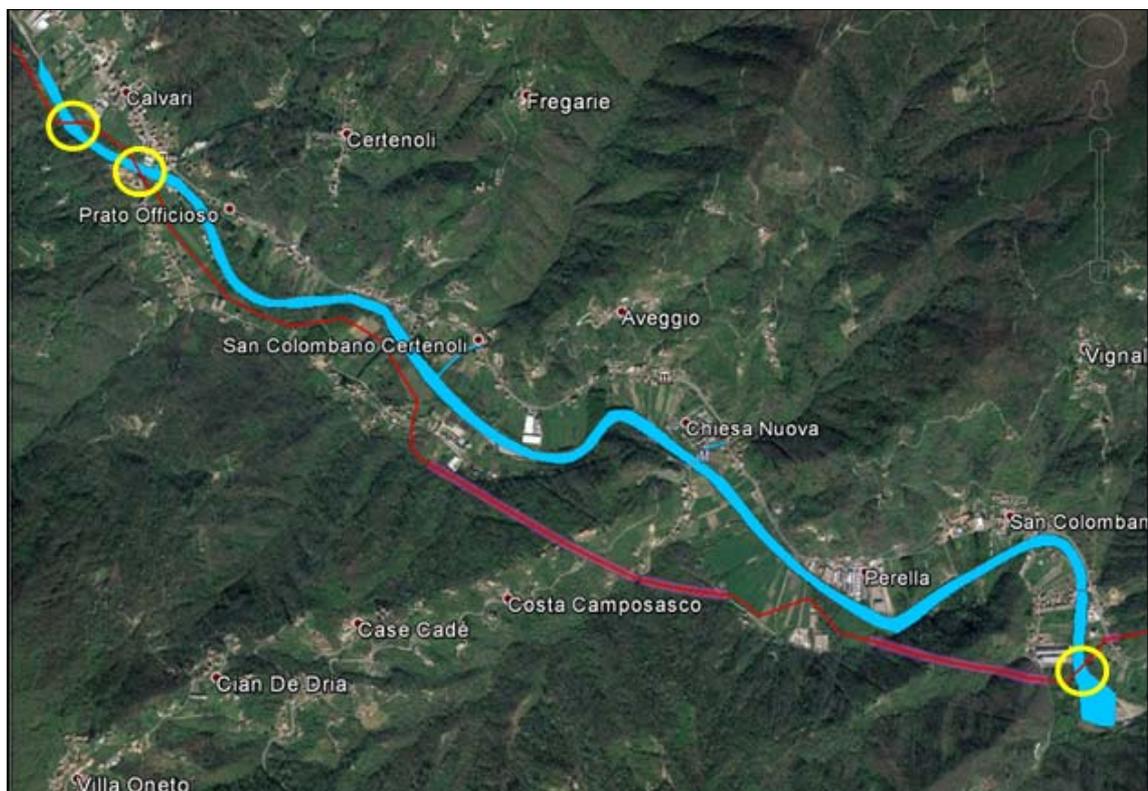


Fig. 2/A: Rappresentazione del tracciato di attraversamento su immagine satellitare (procedendo da destra a sinistra, in senso gas, si hanno gli attraversamenti #1, #2, #3)

Gli aspetti generali del progetto qui trattato, con riferimento alla situazione geomorfologica, idrogeologica, pedologica, naturalistica, floristica e faunistica locale, sono stati affrontati in sede di impatto ambientale¹ cui si rimanda per ogni approfondimento del caso.

In merito all'assenza di possibile diversa localizzazione dell'opera, è bene precisare che il nuovo gasdotto è stato progettato in modo da minimizzare ogni impatto sul territorio e da sfruttare le conoscenze operative e ambientali acquisite in precedenza.

La costruzione del metanodotto rientra in un contesto regolamentato dalle direttive europee (da ultimo la Direttiva 2009/73/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 13/07/09 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale), dalla

¹ Studio di Impatto Ambientale - SIA - SPC LA-E-83010

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 11 di 59	Rev. 0

legislazione nazionale (Decreto Legislativo 164/00, legge 239/04 e relativo decreto applicativo Ministero Attività Produttive 28/4/2006) e dalle delibere della “Autorità per l’energia elettrica, il gas e il sistema idrico”. In generale, nel quadro di questo complesso normativo, si 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, nell’interesse nazionale, attraverso un sistema sicuro, efficiente ed in linea con le più moderne tecnologie costruttive. Nello specifico, il progetto in questione costituisce quindi opera infrastrutturale non vincolata da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione, purché sia accertabile che gli effetti sull’assetto morfologico-idraulico dei corsi d’acqua attraversati non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e che l’opera non alteri i fenomeni idraulici naturali.

Pur non entrando nel dettaglio riguardo alla valenza dell’opera in progetto rispetto a considerazioni di pubblico interesse, che, seppur manifeste, esulano dal presente contesto tecnico, può invece rimarcarsi come le modalità esecutive dell’intervento non prevedano alterazioni della attuale assetto litologico e della morfologia dei siti. In progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all’interno dell’“area fluviale” del torrente Lavagna. Inoltre, il progetto prevede, per l’attraversamento, l’adozione di soluzione di posa in sotterraneo più idonea, in base a considerazioni tecniche (litologia, regime idraulico superficiale e sotterraneo, geometria dell’alveo e delle sponde) e costruttive (spazi disponibili, interferenze, ecc.). Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Le opere qui trattate, in base a quanto esposto, saranno eseguite in modo da non interessare la morfologia delle sponde, da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d’acqua. L’intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell’alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell’asta o modifiche morfologiche. Dal punto di vista dell’interazione con i deflussi, l’intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d’invaso, non interverrà sull’assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità e non sarà apportata alcuna alterazione che possa avere influenza sulle portate naturalmente fluenti.

Con riferimento alle prescrizioni riportate dalle citate Norme di attuazione del PAI, è quindi possibile riscontrare come l’opera sia in grado di garantire le seguenti condizioni:

- non altera le attuali condizioni di funzionalità idraulica e non aumenta le condizioni di pericolo dell’area interessata né a valle o a monte della stessa;
- non interferisce con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico fluente ed esclude interferenze nocive con l’assetto idraulico e idrogeologico.
- non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva del corpo idrico.

Come di seguito illustrato (→ 6.4, → 6.5), la profondità di posa della tubazione e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, determinati in base alle modellazioni numeriche rese pubbliche dalla Regione Liguria, risultano attestare pienamente la compatibilità dell’opera.

Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati dalla pianificazione di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 12 di 59

bacino vigente² o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

² **Piano degli Interventi di Mitigazione del Rischio** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 13 di 59	Rev. 0

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto più idonea per la collocazione della tubazione in sub-alveo all'interno dell'"area fluviale", finalizzata ad evitare ogni interferenza con i deflussi superficiali per tutta la "vita utile" del metanodotto, mantenendo sostanzialmente inalterate le interazioni tra gli stessi deflussi e gli acquiferi alluvionali. In fase di studio di impatto ambientale, infatti, è stata valutata l'eventuale interferenza tra il flusso idrico sotterraneo ed il metanodotto, e l'effetto della eventuale sottospinta idraulica sulla tubazione.

L'assetto idraulico del corpo idrico, nell'intorno delle sezioni identificate per l'attraversamento, si caratterizza in ragione di ampie escursioni di portata tra i periodi di magra e di piena. Gli eventi di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi e i dati disponibili consentono di definire "torrentizio" il regime di portata, strettamente legato, con brevi ritardi, all'andamento pluviometrico stagionale, caratterizzato da forte disomogeneità temporale, alla distribuzione spaziale delle piogge sul bacino ed alla loro intensità. Il progetto prevede comunque di realizzare gli attraversamenti ad opportune profondità in sub-alveo, oltre ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento per erosione all'interno del letto, delle sponde e ai margini di queste lungo il tracciato. A tal fine, la copertura della tubazione è prevista in progetto in misura non inferiore a 5,0 metri in corrispondenza della massima incisione e dell'alveo attivo, progressivamente ridotta a non meno di 2,5 metri in corrispondenza delle aree golenali. Questo perché, se è vero che tutto il tratto vallivo del torrente Lavagna risulta critico per l'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere gli eventi di piena più significativi (con tempi di ritorno maggiori di 50 anni), dando luogo all'inondazione delle aree golenali su entrambe le sponde con tiranti dell'ordine di 1-2 metri circa, è anche vero che nel tronco di interesse, il torrente ha un letto di magra approfondito che annulla la possibilità di esondazione nei periodi di piena ordinari (tempi di ritorno minori di 50 anni). Come specificato dagli studi geologici, non è presente roccia affiorante in alveo nelle tre sezioni di attraversamento.

La posa sarà realizzata mediante scavi a cielo aperto, assegnando le citate coperture che permettono di escludere ogni interferenza con eventuali fenomeni erosivi correlati ai massimi eventi di portata e garantiscono l'equilibrio del sistema atteso di forze gravitative e idrauliche. Appositi collaudi saranno effettuati, secondo predefinite specifiche tecniche, corrispondenti al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili.

In ciascun sito di attraversamento, la ricostituzione spondale è prevista mediante rivestimento in massi, per una lunghezza lungo l'alveo pari a 60 metri in destra ed in sinistra idrografica, estendibile in sponda sinistra di circa 140 metri, in località Piano Casarile / Calvari, allo scopo di proteggere la condotta fra gli attraversamenti #2 e #3, e di circa 20 m in sponda destra per proteggere la spalla del ponte a valle dall'attraversamento #2. Tale accorgimento esecutivo non indurrà variazioni sensibili di permeabilità laterale né mutamenti di scabrezza che possano avere effetto sui parametri idrici delle correnti smaltite, in specie per quanto attiene alla portata di piena.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono definite a livello di progetto in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle specificità geotecniche del terreno. Gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con idoneo angolo di inclinazione delle pareti. Le caratteristiche geometriche dell'attraversamento in sub-alveo e le opere di ricostituzione spondale sono illustrate negli elaborati grafici di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 14 di 59	Rev. 0

progetto (→ 1.2).

Le coordinate piane degli ambiti di attraversamento del corso d'acqua sono riportate nella tabella seguente:

Coordinate Piane WGS84 – UTM Fuso 32	Est	Nord
1° Attraversamento – Località Pian di Scaruglia	526620,1278	4912020,5545
2° Attraversamento – Località Piano Casarile	522835,3996	4914040,2978
3° Attraversamento – Località Calvari	522568,6314	4914213,2867

La tubazione sottopasserà il torrente Lavagna e le zone di esondazione con le seguenti direzioni prevalenti in senso gas:

- 1° Attraversamento con direzione NE-SO al km 23,877 (vedi Fig. 3/A);
- 2° Attraversamento con direzione SE-NO al km 28,662 (vedi Fig. 3/B);
- 3° Attraversamento con direzione E-O al km 29,002 (vedi Fig. 3/C).

Come già esposto, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree al margine dell'alveo; quindi, a lavori conclusi, saranno del tutto assenti opere fuori terra permanenti, che possano incidere sul deflusso di eventuali portate eccezionali, sia nell'area fluviale sia nelle zone perimetrate di pericolosità idraulica.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo,
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato da massima adattabilità alle specifiche condizioni morfologiche, soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

Per il rinterro degli scavi necessari, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato preliminarmente ai margini della pista di lavoro; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità dei terreni lungo l'asse di posa della tubazione, anche tenuto conto delle opere di ricostituzione spondale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 15 di 59
				Rev. 0



Fig. 3/A: Rappresentazione satellitare dell'alveo nella sezione di attraversamento #1 in progetto



Fig. 3/B: Rappresentazione fotografica dell'alveo nella sezione di attraversamento #2 in progetto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 16 di 59



Fig. 3/C: Rappresentazione satellitare dell'alveo nella sezione di attraversamento #3 in progetto

Lungo l'attraversamento sono previsti idonei ripristini e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Come detto, non si indurrà variazione rilevante delle condizioni di scabrezza e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale del corso d'acqua e delle portate naturalmente rilasciate a valle. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione eventualmente presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini. Nella fattispecie del corso d'acqua di interesse è presente vegetazione arborea interferente con i lavori, che necessiterà di ripristini specialistici: la visibilità dell'intervento di rinterro sarà limitata al tempo necessario per ottenere la completa ricostituzione dell'originario assetto vegetativo.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo. In relazione alle specifiche caratteristiche idrologiche, al periodo climatico di esecuzione,

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 17 di 59

ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri: questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Apposite fasi finali di lavorazione sono pianificate per ripristinare le aree di occupazione nelle condizioni esistenti prima delle operazioni; pertanto, non si darà luogo ad alcuna modificazione morfologica, in modo che l'intervento compiuto possa risultare influente sull'assetto dei terreni e sulle condizioni di deflusso delle acque superficiali.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 18 di 59	Rev. 0

4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL SITO

4.1 Lineamenti geologici generali

La valle del torrente Lavagna è impostata nella formazione geologica di Val Lavagna costituita da alternanze di argilliti scistose grigio-nerastre. Nella parte media della valle, in particolare nel versante sinistro, fra le località di Moconesi e San Colombano Certenoli, e nel versante destro fra il Passo della Spinarola, Coreglia e Villa Oneto, è stata distinta la falda delle Ardesie del Monte Verzi, rappresentata da alternanze di marne scure scistose, in banchi di alcuni metri, con arenarie ed argilloscisti. Lo spartiacque sinistro, caratterizzato da rilievi generalmente più alti, presenta in corrispondenza delle cime più elevate (Monte Ramaceto, Monte Caucaso, Monte Carpena) affioramenti di arenarie alternate a livelli di argilloscisti, appartenenti alla formazione delle Arenarie di Monte Zatta. Lo spartiacque destro è invece caratterizzato, alle quote alte, da affioramenti calcareo-marnosi della formazione dei Calcari di Monte Antola. Completano il quadro geologico gli affioramenti della formazione delle Argille a Palombini nella parte bassa della valle ed un lembo del termine arenaceo della Formazione della Val Lavagna nei pressi del Monte Ramaceto.

Le formazioni, o litologie, presenti sono disposte stratigraficamente, dalla più antica alla più recente, secondo la seguente successione (vedi Fig. 4.1/A):

- Argille a Palombini del Lago di Giacopiane;
- Formazione di Ronco;
- Formazione di Val Lavagna, comprendente il membro delle Ardesie di Monte Verzi;
- Arenarie di Monte Zatta;
- Formazione dei Calcari di Monte Antola;

Argille a Palombini del Lago di Giacopiane [aq-GIC]

(Cretaceo inf.) (Aptiano ? - Hauteriviano ?): alternanze di argilliti grigio-scure, scagliettate, e di calcarei silicei grigio-chiaro; interstrati di biocalcareni gradate, soprattutto nella parte alta della formazione. Nel territorio in esame la formazione affiora nel tratto terminale del Torrente Lavagna, lungo la sua sponda destra, in località La Pozza, nel comune di San Colombano Certenoli in posizione di nucleo più antico dell'anticlinale della Val Fontanabuona, messo a nudo dall'erosione.

Formazione di Ronco [as-RON]

(Cenomaniano - Albiano): calcari marnosi, marne calcaree e marne grigie, alternate ad arenarie, calcareniti ed argilliti scistose. Sono presenti vasti affioramenti nel tratto iniziale del Torrente Lavagna, lungo la sua sponda destra, in prossimità del Passo della Scoffera.

Formazione della Val Lavagna [aq-LVG]

(Cretaceo sup. - Albiano): argilliti scistose, più o meno siltose, per lo più grigio scure o nerastre, a volte varicolori, alternate ad arenarie e calcareniti fini con ossido di ferro e di manganese diffusi; intercalazioni di calcari marnosi, calcari silicei, marne plumbee scistose (ardesie); scisti argillosi e arenaceo-marnosi zonati; localmente sono state distinte, come Membro delle Ardesie di Monte Verzi [m-LVG] (Albiano - Cenomaniano): le marne scistose plumbee, in banchi di alcuni metri, alternati a strati di argilliti fogliettate. Si tratta della formazione più diffusa nell'ambito del bacino, ed affiora con

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 19 di 59
				Rev. 0

continuità lungo l'intero corso della vallata, a cavallo dell'asta fluviale principale.

Arenarie di Monte Zatta [ar-ZAT]

(Paleocene - Cretaceo sup.): arenarie micacee grigio-chiare, in strati e banchi gradati, con intercalazioni, soprattutto verso la base, di siltiti, marne ed argilliti; rari e sottili strati calcarei microdetritici. La formazione affiora con continuità nei tratti più elevati del versante sinistro della Val Lavagna, con affioramenti caratteristici lungo i crinali del Monte Caucaso e del Monte Ramaceto.

Calcari di Monte Antola [cm-FMA]

(Paleocene - Turoniano): calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose, in sequenze ritmicamente ripetute, talora a base calcarenitica; argilloscisti e arenarie straterellate, marnoscisti e calcari marnosi di tipo ardesiaco. La formazione affiora con continuità nei tratti più elevati del versante destro della Val Lavagna, con affioramenti caratteristici lungo i crinali del Monte Becco e del Monte Manico del Lume.

Le coperture detritiche (dt) comprendono anche gli accumuli di antiche paleofrane. In Val Lavagna, come in altre valli della Liguria, ai più comuni effetti del processo di peneplanizzazione per alterazione ed erosione dei versanti (agevolate dall'acclività e dalle particolari caratteristiche di erodibilità delle formazioni presenti per litologia e fratturazione, quali le coltri eluviali e colluviali precedentemente descritte) si aggiungono gli effetti di instabilità dei versanti prodotti da un'intensa dinamica quaternaria connessa ai sollevamenti tettonici dell'area, allo sviluppo di lineazioni tettoniche ed alle variazioni del livello di base dei fiumi legati all'eustatismo di carattere glaciale (Brancucci et al., 1985; Fanucci e Nosengo, 1979). Questi effetti sono rappresentati dagli accumuli di frana antica o paleofrana rilevati in tutto l'ambito territoriale di riferimento, sia nella parte alta e nella parte terminale della valle, sia alle quote alte ed alle quote basse dei versanti. Le dimensioni variano per estensione e per potenza, da quelle di ridotta entità come le paleofrane osservate a Piana e Fuela a quelle di notevoli dimensioni e storicamente riconosciute dei paesi di Lezzaruole e Neirone.

Come per le coltri eluviali e colluviali, la composizione litologica degli accumuli di frana antica o paleofrana è determinata dalla formazione o dalla litologia coinvolta. Data la maggiore distribuzione del litotipo argilloscistoso, prevalgono le componenti fini. Frazioni più grossolane si riscontrano negli accumuli di frane antiche che hanno interessato rocce maggiormente massive, come i termini arenacei della Formazione della Val Lavagna, i calcari marnosi delle formazioni dei Calcari di Monte Antola, di Ronco e le arenarie della Formazione di Monte Zatta. Rispetto alle coltri eluviali e colluviali, tuttavia è presente una maggiore percentuale della componente grossolana e di blocchi, tenuto conto della dinamica del fenomeno generativo.

Nel bacino del Lavagna per quel che riguarda i sedimenti alluvionali sono state distinte e cartografate, le seguenti tipologie:

Le alluvioni mobili (am) che sono formate da materiale generalmente grossolano e corrispondono alle zone di alveo attuale ed attivo, ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Lungo l'alveo del Torrente Lavagna, le alluvioni attuali si ritrovano con continuità a partire da località Terrarossa.

Le alluvioni terrazzate recenti (ar), che rappresentano le aree pianeggianti lungo il corso del Torrente Lavagna, con ampio sviluppo nel tratto terminale, ed i fondovalli dei principali affluenti, come il Neirone ed il Malvaro. Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto l'alveo attuale, sono ampiamente antropizzati rivelandosi favorevoli per gli

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 20 di 59

insediamenti e l'agricoltura nonostante possano essere interessate dalle piene dei corsi d'acqua. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti ed in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi. Queste alluvioni caratterizzano il fondovalle a partire da Ferrada di Moconesi fino alla confluenza del torrente Sturla. Depositi recenti si rilevano anche lungo il corso terminale dei torrenti Moconesi, Neirone, Malvaro e del Fosso Barbarasco.

I terrazzi fluviali di età antica (aa), rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Essi presentano materiale molto elaborato; si tratta di elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argillo-sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose. Localmente si è riscontrato un arrossamento di taluni orizzonti che potrebbero rappresentare episodi di ferrettizzazione (località Gallinaria).

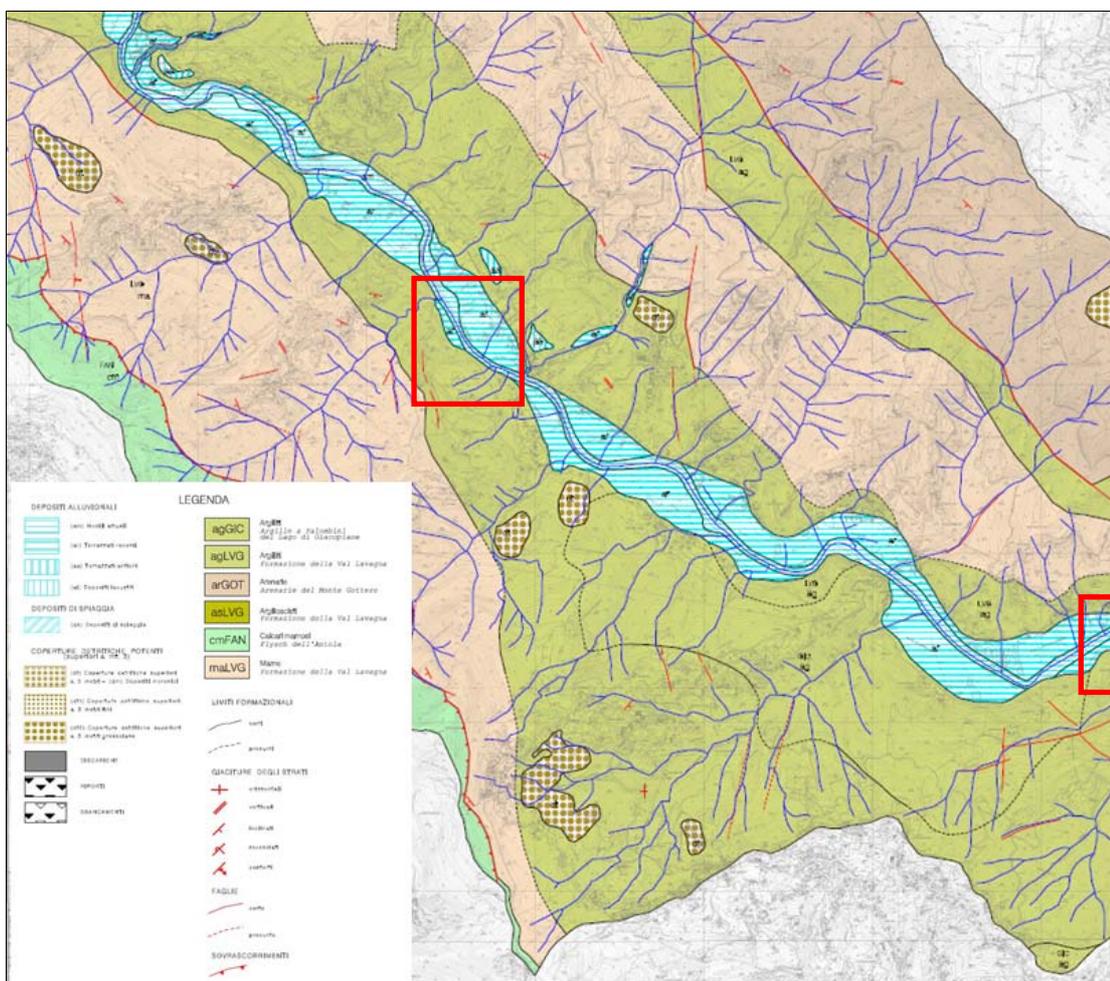


Fig. 4.1/A Carta geologica della sezione del torrente Lavagna interessata degli interventi in progetto (da Regione Liguria, Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico, Tavola 231040 - 232010)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 21 di 59	Rev. 0

4.2 Inquadramento tettonico-strutturale

A differenza della quasi totalità delle vallate tirreniche della Liguria, la caratteristica peculiare della valle in discorso è la direzione dell'asse principale che è orientato WNW-ESE, con andamento parallelo alla costa e l'asimmetria trasversale dei versanti. L'orientazione parallela alla costa genera un doppio spartiacque di cui il principale determina la divisione tra il versante ligure e quello padano, mentre il secondario è interamente compreso nel versante ligure. L'asimmetria della sezione trasversale della valle, facilmente rilevabile in sito o sulla cartografia, è rappresentato da un maggiore sviluppo in lunghezza e dalle quote dei versanti delle valli in sponda sinistra del Torrente Lavagna. Il versante Nord è, infatti, molto più esteso e dotato di un'energia del rilievo maggiore rispetto al versante Sud, ridotto da un punto di vista della superficie e con una minore percentuale di aree fortemente acclivi.

Le caratteristiche morfologiche appaiono legate ad importanti direttrici tettoniche connesse all'evoluzione geomorfologica pleistocenica, alla quale è assai evidente la stretta correlazione dell'assetto del reticolo idrografico attuale.

Nella parte centrale del bacino, dove più evidente appare l'asimmetria della vallata, con un versante destro ridotto ed decisamente acclive e con quello sinistro molto più esteso ed articolato in sottobacini, caratterizzato dalla presenza dei due maggiori affluenti del Torrente Lavagna, il Torrente Neirone ed il Torrente Malvaro, si riscontra sempre una notevole presenza di aree occupate da detrito di diversa origine, in particolare a ridosso del fondovalle principale e sui versanti dei principali affluenti. Ampie zone di affioramento roccioso sono situate alle testate del Torrente Moconesi e del Torrente Malvaro, dove molto numerose sono le aste in erosione regressiva di fondo favorita dalla forte pendenza.

In questo settore, hanno un grande sviluppo gli elementi salienti della geomorfologia del bacino: i terrazzamenti fluviali, le cave di ardesia e le discariche di materiale ardesiaco. I terrazzi fluviali di origine recente si sviluppano principalmente lungo le sponde del Torrente Lavagna ed in misura minore anche lungo alcuni tratti del Torrente Neirone e del Torrente Malvaro. Residui di terrazzamenti più antichi, ascrivibili a precedenti fasi deposizionali del Lavagna, sono individuabili a quote variabili (dai 205 mt. s.l.m. in prossimità di Gattorna ai 60 mt. presso Calvari) su entrambi i versanti, anche se con maggiore frequenza su quello in sinistra idrografica.

Il settore Est del bacino, quello più a valle, presenta le quote assolute inferiori ed, in generale, una minore energia del rilievo. Coltri detritiche e paleofrane hanno una minore frequenza, così come le zone di affioramento roccioso in corrispondenza dello spartiacque di Nord-Est; anche in questa parte di bacino, associati a queste aree, sono localizzati i più importanti fenomeni di erosione concentrata e ruscellamento diffuso. I depositi alluvionali terrazzati occupano quasi con continuità il fondovalle su entrambe le sponde del Lavagna ed esigui tratti degli affluenti principali; superfici terrazzate antiche sono state individuate in questo settore solo sul versante Nord. In questo settore le cave e discariche di ardesia sono limitate ai versanti del Canale d'Isolona.

La zona che interessa l'area in esame non ricade all'interno di nessuna area sismogenetica e, come dettagliato in apposito studio³, la pericolosità sismica risulta decisamente modesta.

³ Caratterizzazione delle sismicità e verifica allo scuotimento sismico – vedi SPC LA-E-83017

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 22 di 59

4.3 Caratteri geomorfologici dell'area d'intervento

Il territorio in questione presenta diverse aree, più o meno estese, occupate da coltri o accumuli detritici più o meno potenti. In particolare il settore Ovest del bacino presenta numerose aree coperte da detrito interpretabile spesso come l'accumulo di frane avvenute in epoche remote. Accumuli di paleofrana sono comunque distribuiti in tutto il bacino, tra i più importanti, accompagnati da zone di coltre più o meno potente, ricordiamo quelli di Pannesi, Ognio, Neirone, Camposasco e Moconesi. Questi grossi centri abitati, ma anche molti altri meno importanti, sorgono in corrispondenza di accumuli detritici grazie alle favorevoli condizioni per l'insediamento umano che, in epoca remota, trovarono i primi abitanti. Caratteristiche delle paleofrane e degli accumuli detritici in genere sono infatti una minore acclività rispetto alle zone circostanti, maggiore potenza del terreno sfruttabile ad uso agricolo, presenza di sorgenti o falde acquifere dovute alla permeabilità generalmente buona.

Nel bacino fluviale non mancano aree caratterizzate dalla presenza di roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino ad 1 metro di spessore (vedi Fig. 4.3/A).

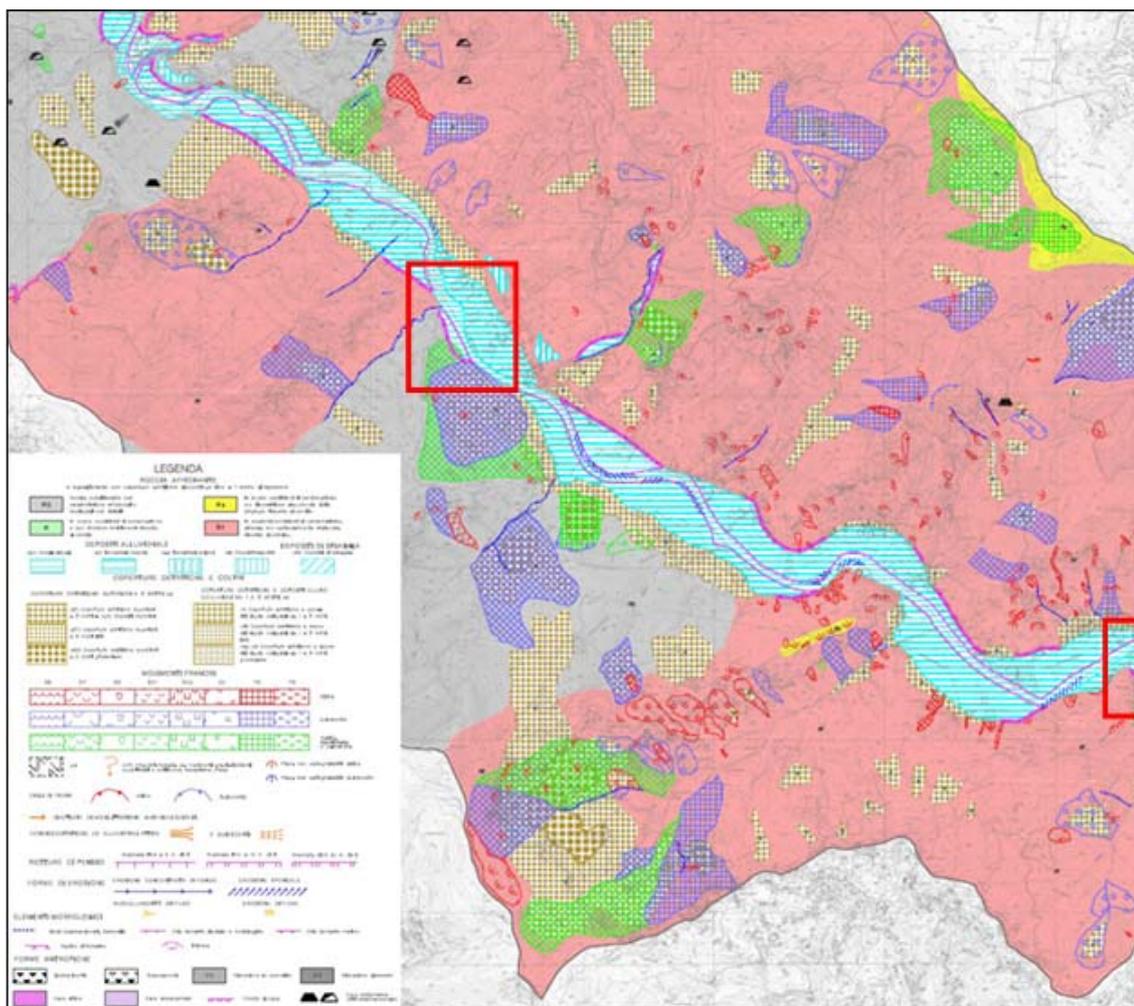


Fig. 4.3/A Carta geomorfologica della sezione del torrente Lavagna interessata degli interventi in progetto (da Regione Liguria, Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico, Tavola 231040 - 232010)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 23 di 59	Rev. 0

Depositi alluvionali attuali sono riscontrabili solo sul fondovalle principale, dove appaiono in maniera discontinua a partire dalla zona di Cicagna per poi espandersi e diventare più potenti in prossimità di Pian dei Ratti, da dove il Lavagna scorre nelle proprie alluvioni.

I depositi alluvionali terrazzati, recenti ed antichi, si trovano concentrati in massima parte lungo il fondovalle principale a partire dalla zona di Gattorna. Piccole aree occupate da depositi fluviali recenti si ritrovano anche lungo il corso degli affluenti principali del Lavagna: in sponda sinistra in alcuni tratti del Torrente Neirone, del Torrente Moconesi e del Fosso Barbarasco, e, più diffusamente, lungo il Torrente Malvaro ed il Canale d'Isolona, in sponda destra solamente nei tratti più a valle del Torrente Litteglia.

I residui di depositi alluvionali più antichi risultano più frequenti nella parte mediana del bacino, sempre lungo la fascia del fondovalle, a quote sopraelevate rispetto ai terrazzi recenti e che variano dai 60 ai 205 m slm, nel tratto tra gli abitati di Terrarossa e Calvari.

In termini geomorfologici, i fenomeni erosivi sono un problema di rilevanza per il bacino del Lavagna; tuttavia si tratta di una condizione che si colloca in aree ben definite e che quindi interessa porzioni di versante facilmente individuabili.

I fenomeni erosivi sui versanti all'interno del bacino sono localizzati, in linea generale, in prossimità degli spartiacque, anche quelli interni, e nelle testate vallive dove la copertura vegetale è ridotta. In particolare, per quanto riguarda la sponda in sinistra idrografica, le localizzazioni più consistenti interessano le testate vallive del Lavagna, del Neirone, del Canale di Moconesi, del Malvaro ed il displuviale del lato sud del Monte Mignano.

La situazione cambia per la sponda idrografica destra, in rapporto alla diversa copertura vegetale, all'esposizione ed all'orientamento dei versanti. In generale si può quindi rilevare che tale sponda, anche nelle sue parti sommitali, presenta una minore incidenza dei fenomeni di erosione che risultano più marcati esclusivamente in alcune testate vallive identificabili nella parte alta degli impluvi senza nome e, procedendo lungo la valle, l'alto bacino del rio Vallebuona, fossato Coreglia, rio Canevale.

La condizione erosiva si manifesta in generale secondo fenomenologie tipiche del ruscellamento diffuso e del ruscellamento incanalato ed in taluni casi hanno significativo riguardo delle aste minori, specie nei tratti più montani laddove incidono litotipi teneri o coltri di versante. Un caso tipico si riscontra sul versante sud in loc. Pian dei Preti in comune di Tribogna.

I fenomeni di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi si manifestano spesso associati e portano ad un dilavamento dei versanti con l'asportazione della coltre di suolo superficiale. Le zone del bacino maggiormente interessate da questo tipo di fenomeni si riscontrano alle testate vallive dei Torrenti Moconesi e Malvaro, lungo gli spartiacque di Nord-Ovest e lungo quelli di Nord-Est.

Non sono da trascurare anche significative azioni erosive lungo il corso d'acqua principale specie nella parte terminale, dove i fenomeni, in alcuni casi, assumono un'evoluzione parossistica che dovrà essere controllata con idonei provvedimenti, al fine di evitare l'innescò di pericolosi fenomeni di rimbalzo della corrente con conseguenti gravi ripercussioni sulle sponde e su ampie zone di territorio ad esse prospicienti.

Episodi di erosione spondale sono anch'essi piuttosto diffusi lungo i principali corsi

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 24 di 59	Rev. 0

d'acqua del reticolo idrografico. Fenomeni di questo tipo, che portano talvolta allo scalzamento al piede di versanti o di opere idrauliche con i conseguenti dissesti indotti, sono localizzati principalmente lungo il corso del Torrente Lavagna, in corrispondenza di anse più o meno accentuate e, in maniera minore, lungo il corso del Torrente Malvaro.

4.4 Caratteri idrogeologici dell'area d'intervento

Nell'ambito del rilevamento generale del territorio finalizzato alla redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico del Torrente Lavagna, sono state valutate le caratteristiche ed il comportamento delle varie formazioni sotto il profilo idrogeologico, in particolare le condizioni di drenaggio naturale e la permeabilità utilizzate per la classificazione seguente, riportata nella carta idrogeologica:

- permeabili per porosità;
- permeabili per fessurazione, fratturazione o carsismo;
- semipermeabili per fratturazione;
- impermeabili.

Formazioni permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza.

Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana, il materiale detritico presenta in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste sono zone di serbatoi idrici). Le sorgenti generalmente si manifestano, in questo caso, in superficie al contatto tra materiale franato e roccia in posto seguendo l'andamento del piano di scivolamento. In taluni casi si ha invece una circolazione idrica abbastanza superficiale, con la falda che interseca il piano topografico nella parte alta del corpo di frana.

Formazioni permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo

Appartengono a questa categoria i calcari marnosi della formazione di Monte Antola e le arenarie appartenenti alle Arenarie di Monte Zatta, i litotipi prevalentemente arenacei della formazione della Val Lavagna ed i terreni calcareo marnosi della formazione di Ronco. In entrambi i casi sono in presenza di grandi stratificazioni fratturate con una certa regolarità in senso normale alla stratificazione; si possono tuttavia riscontrare localmente aree discretamente impermeabili, là dove vi sia una preponderanza d'interstrati argillosi, o dove, come nel caso dei Calcari di Monte Antola, le fratture sono state intasate da materiale d'alterazione argillificati tipici di questa formazione nella zona di cappellaccio.

Formazioni semipermeabili

Appartengono a questa categoria le argille a palombini del Lago di Giacopiane e il membro delle ardesie di Monte Verzi (formazione della Val Lavagna). Nonostante dal punto di vista litologico queste due formazioni siano da considerarsi impermeabili, la presenza di fratturazioni in grande e di interstrati arenacei nelle ardesie e di inclusioni di svariate origini nelle argille a palombini giustificano la collocazione di queste due formazioni in questa classe. Questa situazione è del resto ben riscontrabile nelle

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 26 di 59	Rev. 0

4.5 Indagine geognostica

La finalità delle indagini in sito è stata quella di ricostruire più dettagliatamente le principali caratteristiche e i lineamenti del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica e stratigrafica delle aree per le quali è previsto l'attraversamento in sottosuolo. Inoltre è stato possibile avere utili informazioni circa lo spessore degli strati e le loro caratteristiche strutturali e idrologiche.

Nel caso specifico, si è proceduto all'esecuzione di n. 2 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo spinti alla profondità di ml 10,0 da p.c.. I sondaggi sono stati eseguiti in conformità alle norme ANISIG. I risultati, nel dettaglio, dell'indagine geognostica eseguita da CAM PERFORAZIONI S.r.l. per conto di Saipem S.p.A., sono riportati in Appendice I.

In corrispondenza dei sondaggi eseguiti, per il sottosuolo indagato, si riscontrano le seguenti successioni stratigrafiche:

Sondaggio BH30: si osserva un livello superficiale, fino a 3,0 ml dal p.c., costituito da sabbie limose con granulometria media moderatamente addensate, localmente argillose, inglobanti clasti millimetrici e raramente centimetrici eteromorfi di natura calcareo-marnosa. Da 3,0 ml fino a circa 5,0 ml dal p.c. si rileva ghiaia in abbondante matrice sabbioso-limosa con clasti eteromorfi e poligenici che lascia il posto ad un livello sabbioso-limoso con resti lignei sino alla profondità di circa 6,5 ml dal piano campagna. Da questa profondità e sino a quella di 10,0 ml dal p.c. si osserva nuovamente la ghiaia in abbondante matrice sabbioso-limosa con clasti poligenici ed eteromorfi sub-arrotondati e a tratti sub-angolari.

Sondaggio BH31: i primi metri sino alla profondità di circa 5.5 ml dal piano campagna sono interessati dalla presenza di sabbie e sabbie limose a granulometria medio-fine con rara presenza di clasti sub-arrotondati, eteromorfi e poligenici, in prevalenza di natura calcarea. Dalla profondità di circa 5,5 ml le sabbie sono prevalentemente limose e debolmente argillose e talvolta inglobano frammenti spigolosi di natura calcareo-marnosa. A 6,0 e 8,5 ml sono stati osservati alcuni trovanti aventi dimensioni di circa 10 centimetri di natura calcarea.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella seguente immagine (vedi Fig. 4.5/A).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 27 di 59	Rev. 0

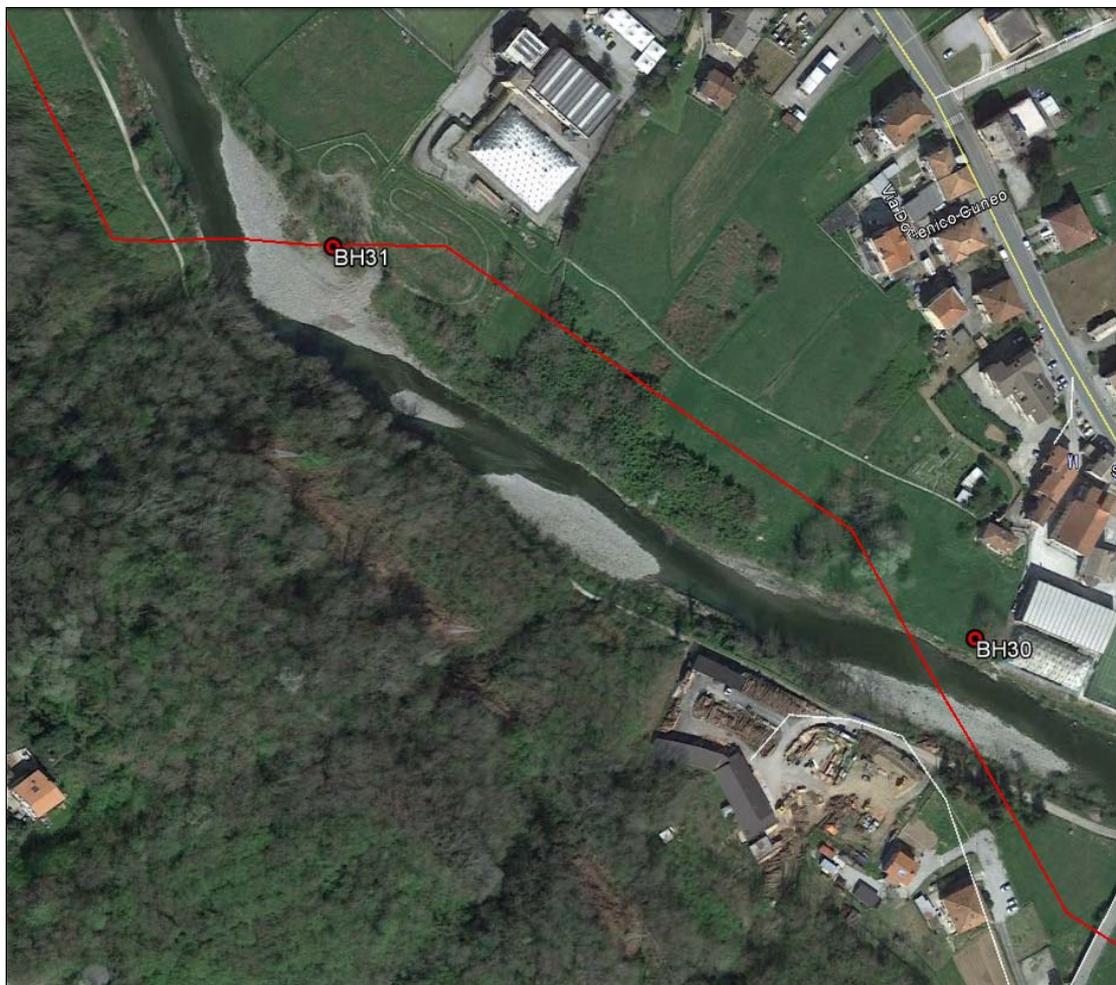


Fig. 4.5/A: Posizione dei sondaggi geognostici eseguiti in asse al tracciato del metanodotto in progetto, in corrispondenza dei siti di attraversamento fluviale (immagine tratta da Google Earth acquisita il 30/03/2017)

Alla luce della valutazioni di carattere litologico, geomorfologico e idrogeologico locali non si riscontrano specifiche tipologie di pericolo dovute a condizioni di instabilità, né motivi ostativi alla esecuzione dell'attraversamento come in precedenza descritto (→3); le modalità esecutive previste per le opere sono quindi corrispondenti alle caratteristiche del sito di intervento, determinate sulla base dei dati acquisiti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 28 di 59

5 ANALISI IDROLOGICHE DI BASE

5.1 Vita utile dell'opera e tempo di ritorno dei fenomeni idrologici

La "vita utile" del gasdotto, intesa come periodo di esercizio ordinariamente previsto, ha particolare rilevanza per quanto concerne l'identificazione delle condizioni limite di progetto, correlate alla durabilità dell'opera, in relazione al dimensionamento delle relative infrastrutture, alla scelta delle tecnologie esecutive e dei materiali, e delle misure protettive atte a garantirne resistenza e funzionalità. In tal senso, le scelte progettuali devono essere tali da assicurare, nell'ambiente di esecuzione definito dal tracciato, l'idoneità della condotta durante il periodo di esercizio stabilito, senza che si debba ricorrere ad interventi correttivi.

Stanti le cautele progettuali appositamente previste, segue che la "vita utile" del metanodotto "Collegamento Sestri Levante-Recco", costituito da condotta DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse, può considerarsi, dal punto di vista squisitamente tecnico, anche elevata; tuttavia, come per tutti i gasdotti, l'effettivo periodo di esercizio continuo è, di fatto, limitato: tenuto conto dell'evoluzione normativa e costruttiva, e delle variazioni che progressivamente vengono indotte sul sistema nazionale di approvvigionamento energetico, il riferimento temporale da assegnare alla "vita utile" è pari a 50 anni.

Il concetto di "evento critico" cui sottopone l'opera scaturisce da tale dato, correlandosi però alla rilevanza che il metanodotto può avere in termini di possibili alterazioni e/o influenze indotte sull'ambiente, così come su altre infrastrutture e/o su insediamenti e attività varie. In tal senso, la "vita utile" dell'opera acquisisce un carattere convenzionale, teso a massimizzare le condizioni di sicurezza dell'opera stessa e del contesto in cui si inserisce. Il riferimento temporale da assegnare all'"evento critico" può essere posto pertanto, del tutto cautelativamente, pari a 200 anni.

5.2 Stima della portata di modellazione idraulica

Il bacino del Lavagna è situato nella Liguria orientale e si estende tra le latitudini 44°20' e 44°29' e le longitudini 9°5' e 9°21' est di Greenwich; la superficie del bacino si sviluppa per un'estensione di poco oltre 160 km² in direzione Ovest-Est; una marcata orografia, costituita dai rilievi appenninici, delimita il bacino nella parte settentrionale, mentre a Sud uno spartiacque meno pronunciato lo separa dai bacini che si immettono direttamente sul litorale ligure.

Il clima, pur influenzato dalla presenza della catena appenninica e dall'orientamento parallelo alla linea di costa, risulta comunque di tipo temperato caldo o sublitoraneo, protetto dal clima più continentale delle regioni confinanti a Nord e beneficamente influenzato dalla funzione termoregolatrice del mare. La temperatura media annua è compresa tra i 12°C dell'alto bacino e i circa 14°C nella regione prossima alla confluenza nel fiume Entella.

La particolare conformazione geografica del bacino determina una diversa esposizione alle perturbazioni meteorologiche che, normalmente investono il litorale ligure associata alla presenza in una fascia di territorio così ristretta da un'orografia marcata a ridosso della costa, determinano le principali caratteristiche spazio-temporali del regime pluviometrico. L'ampia variabilità spaziale delle precipitazioni, comprese tra i circa 1500 mm annui a ridosso dello spartiacque meridionale delle zone occidentali e i

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 29 di 59

2000 mm della zona appenninica, risulta caratterizzata sostanzialmente da un unico tipo pluviometrico, quello sublitoraneo, che determina l'andamento stagionale delle piogge. La distribuzione degli afflussi meteorici nell'arco dell'anno presenta, in pratica, due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno invernale. Le perturbazioni autunnali, in particolare, dovute alla formazione di aree depressionarie sul Mar Ligure e, più in generale, sull'Alto Tirreno, sono responsabili delle piogge più intense e degli eventi critici per molti dei corsi d'acqua della regione.

Le tre sezioni di attraversamento sul torrente Lavagna sono site nel tratto di valle del corso d'acqua, poco a monte della confluenza del torrente Sturla, e sottendono la quasi totalità della la superficie imbriferà del Lavagna.

Il Torrente Lavagna nasce da un gruppo di sorgenti situate sulle pendici sud del Monte Lavagnola (1132 metri), l'asta principale misura circa 31 km fino alla confluenza con lo Sturla e nel suo bacino sono state individuate 2663 aste, con ordine gerarchico compreso tra 1 e 7. La superficie boscata costituisce il 75%, quella agricola il 15% mentre il tessuto urbano il 3,7% della superficie del bacino.

Come in precedenza esposto, gli eventi idrometrici di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi, che danno luogo al regime "torrenzioso" di portate nel torrente e il suo carattere torrenzioso si esplica in piene improvvise e violente. (vedi Fig. 5.2/A)

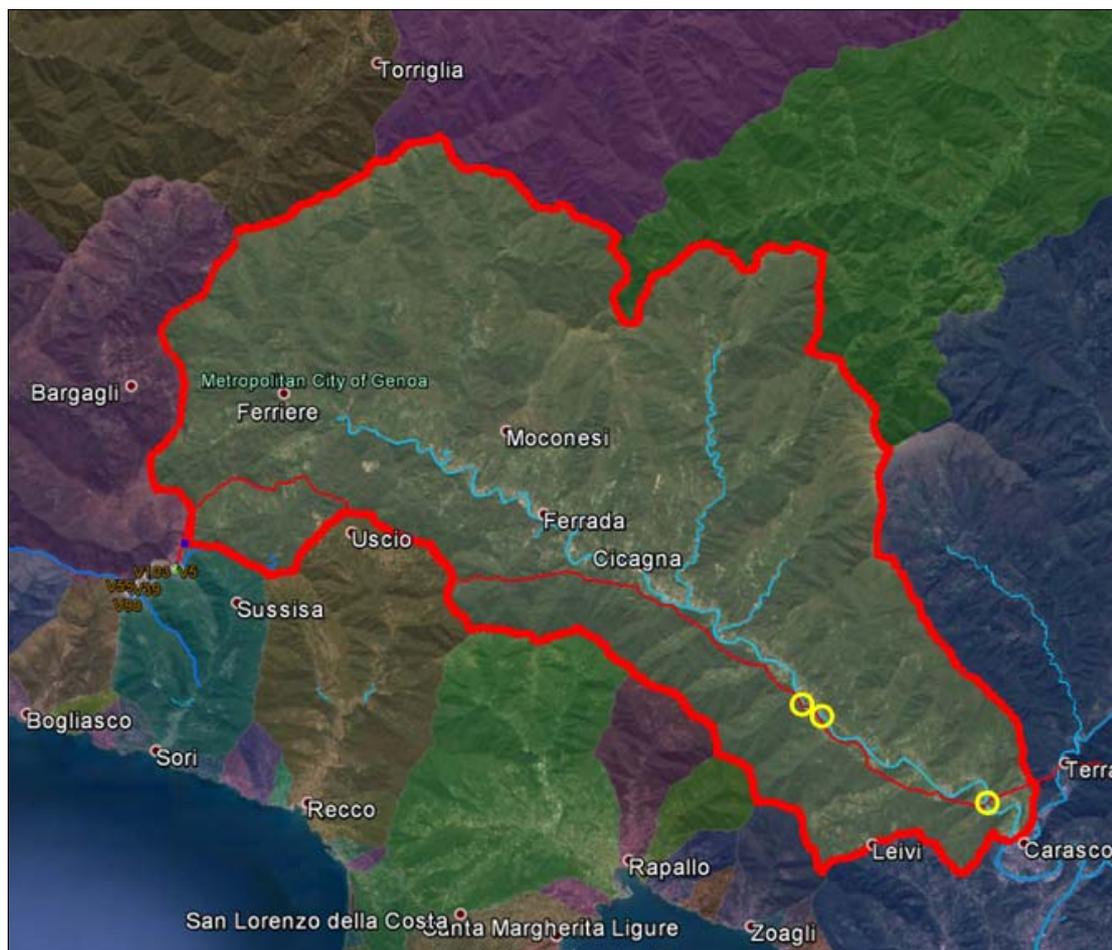


Fig. 5.2/A: Posizione dei siti di attraversamento in relazione al sistema idrografico

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 30 di 59

Come evidenziato in numerosi studi idrologici, condotti sia a livello istituzionale sia a livello accademico, appare quindi complessa una stima probabilistica degli eventi piena, che non coinvolga tutti i fenomeni influenti. Pur in base a tali circostanze è comunque possibile dar luogo ad una stima sommaria e cautelativa della portata di riferimento. Per le finalità progettuali, è possibile fare riferimento a quanto riportato nello studio idraulico sul torrente Lavagna, eseguito dalla Autorità di Bacino Regionale⁵, ove la portata massima è determinata mediante analisi delle precipitazioni.

Nell'ambito del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto idrogeologico⁶, le analisi e le verifiche idrauliche effettuate lungo l'asta del Torrente Lavagna e dei suoi principali affluenti hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni d'alveo in relazione al deflusso della portata di piena con diversi periodi di ritorno.

L'intera asta del torrente è stata divisa in cinque tratti, dal ponte in località Pian di Loreto (LAV-01) sino alla località Campo Martino (LAV-194).

Di interesse ai fini progettuali è il tratto "valle" (compreso tra il ponte in località Pian di Loreto (LAV-01) e la confluenza con il Canale di Isolona (LAV-62)), in cui ricadono i tre attraversamenti; il tratto vallivo del Torrente Lavagna si trova a monte della sua confluenza con il Torrente Sturla ed è compreso tra la località Pian di Loreto e la confluenza con il Canale di Isolona, per una lunghezza complessiva di circa 10 km.

Ai fini delle verifiche l'asta del tratto "valle" è stata divisa in quattro tratti distinti in funzione delle sezioni di calcolo delle portate di piena, con assegnato tempo di ritorno.

Procedendo nell'ordine da valle verso monte i quattro tratti sono:

- Tratto I - da Località Pian di Loreto a Località Chiesa Nuova (L=4500 m): dalla sez. LAV-01 alla sez. LAV-26;
- Tratto II - da Località Chiesa Nuova a Località Calvari (L=2800 m): dalla sez. LAV-27 alla sez. LAV-41;
- Tratto III - da Località Calvari a Località Pian dei Ratti (L=2300 m): dalla sez. LAV-42 alla sez. LAV-53.
- Tratto IV - da Località Pian dei Ratti a confluenza con Canale Isolona (L=1560 m): dalla sez. LAV-54 alla sez. LAV-62.

Secondo il citato studio, per le portate al colmo del Lavagna alle diverse sezioni di chiusura in cui ricadono gli attraversamenti in progetto, si avrebbe la seguente stima probabilistica:

Lavagna a monte dell'immissione del t. Sturla: portata massima Q_M in m^3/s			
T_r	50 anni	200 anni	500 anni
Q_M tratto I	920	1600	2360
Q_M tratto II	880	1540	2280
Q_M tratto III	820	1460	2160

⁵ **Idrologia** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016).

⁶ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 31 di 59	Rev. 0

Q_M tratto VI	802	1411	2048
-----------------	-----	------	------

In base a tali dati, per una superficie imbriferà complessiva avente area pari a circa 160 km², il contributo unitario di piena assume valori 10 |14,7 m³/s·km², per i tempi di ritorno maggiori T_r .

Senza entrare nel merito dei presupposti di calcolo delle stime riportate, si ammette che esse siano congruenti con i presupposti delle valutazioni progettuali relative all'esecuzione del metanodotto: non richiedendosi alla relativa analisi idrologica di addivenire a risultati di valenza assoluta ma solo di fornire un dato utile alla modellazione idraulica, per l'analisi dei potenziali effetti della piena, in relazione al tempo di ritorno cautelativamente prefissato e non corrispondente alla reale "vita utile" dell'opera. Il fine è, infatti, la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che, sulla base di ampi coefficienti di sicurezza, devono dimostrarsi limitati entro valori tali da assicurare condizioni di stabilità della condotta ed assenza di interferenza tra questa e le correnti di piena.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 32 di 59	Rev. 0

6 STUDIO IDRAULICO

6.1 Presupposti e finalità e dello studio idraulico

Lo studio idraulico di supporto alla verifica delle condizioni di compatibilità è finalizzato alle seguenti determinazioni:

- stima ed analisi dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena di riferimento, in corrispondenza della sezione interessata dall'attraversamento in progetto;
- valutazione dei potenziali fenomeni erosivi del fondo alveo e degli approfondimenti, che possono verificarsi sia in esso sia nell'area fluviale, in concomitanza delle piene di riferimento, assunte come parametro di calcolo.

In particolare, ai fini di stabilità e funzionalità del metanodotto, oltre che per escludere interferenze idrauliche e ambientali, occorre attestare come le condizioni di posa della tubazione disposta in sub-alveo permettano di escludere ogni mutua influenza tra l'opera e il deflusso, così come tra l'opera e la conformazione del corso d'acqua.

Al fine di stimare i fenomeni di approfondimento, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto fluviale e dei potenziali fenomeni di escavazione; in modo che un eventuale asportazione di materiale, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. I criteri di stima in questione sono basati su condizioni di fondo mobile, del tutto privo di coesione e di resistenza al trascinarsi; pertanto risultano sovradimensionati rispetto a molteplici circostanze reali.

Per tali valutazioni, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati⁷, può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che lo forma. Per attraversamenti realizzati in sub-alveo, mediante i quali non si induce alcun "disturbo" alla morfologia ed all'assetto resistivo degli strati superficiali del letto fluviale, detti modelli risultano immediatamente applicabili ed estremamente cautelativi.

Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso, di norma, raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti che lo compongono. Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri, sotto l'azione di vene particolarmente veloci; nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Per la verifica di tali potenziali effetti delle piene, ci si rifà agli studi⁸ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un

⁷ D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

⁸ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 33 di 59	Rev. 0

valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di deflusso ivi determinata. In particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica; una generalizzazione prudentiale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁹.

Pertanto, una stima del tutto prudentiale della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza della sezione di interesse, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno possono individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano l'erosione.

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dal fenomeno sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione.

In termini "qualitativi", per determinare un valore conservativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch¹⁰ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e individua un valore rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota minima indisturbata del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0,35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

⁹ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

¹⁰ Schoklitsch A., "Stauraum Verlandung und kolkbewehr"; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 34 di 59
				Rev. 0

Diametro limite dei clasti trasportabili

In merito al problema della determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, si ricorre alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento ($Re^* > 1000$), diviene

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

- δ è il diametro delle particelle;
- τ_0 è la tensione tangenziale in alveo;
- γ_s è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m³);
- γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

Lo schema utilizzato per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello.

La validità delle analisi eseguite in condizioni di moto permanente è avvalorata dalle seguenti considerazioni:

- le valutazioni idrauliche sono condotte per un tratto limitato dei corsi d'acqua;
- lo studio è essenzialmente incentrato sugli effetti del massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento di piena ed al corrispondente carico energetico.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS¹¹, nella versione 4.1.0 e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

Poiché gli interventi in progetto non comportano alcuna variazione della geometria dell'alveo, lo studio idraulico è pertanto riferibile sia alla situazione ante sia alla configurazione post-opera. Si considera che la ricostituzione spondale in massi, non induca variazione delle condizioni di scabrezza che possano avere effetto sul deflusso di piena.

6.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

Nell'ambito del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto idrogeologico¹², il tratto "valle" le torrente Lavagna è stato oggetto di modellazione per una lunghezza complessiva dell'asta pari a circa 10 km (→ 5.2), dalla sez. LAV-01 alla sez. LAV-62.

I tre attraversamenti in progetto ricadono in prossimità delle sezioni identificate nel

¹¹ River Analysis System, versione 4.1.0, sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street, Davis, CA (U.S.A.)

¹² **Verifiche Idrauliche Asta Principale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 35 di 59	Rev. 0

modello come LAV-14 (#1), LAV-42 (#2) e LAV-44 (#3).

Dal momento che il modello idraulico si sviluppa per un tratto significativo a monte e a valle delle sezioni di interesse, è possibile far riferimento ai parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena di riferimento, in corrispondenza delle sezioni interessate dagli attraversamenti in progetto.

Procedendo nell'ordine da valle verso monte, i tratti in cui ricadono gli attraversamenti di progetto sono:

- Tratto I - da Località Pian di Loreto a Località Chiesa Nuova (L=4500 m): dalla sez. LAV-01 alla sez. LAV-26;
- Tratto III - da Località Calvari a Località Pian dei Ratti (L=2300 m): dalla sez. LAV-42 alla sez. LAV-53.

Lungo tutto il tratto sono state individuate, sempre nell'ambito dello studio della AdB (vedi nota 12), una serie di sezioni trasversali in funzione del numero di manufatti d'attraversamento (ponti, passerelle) e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo. Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici specificatamente effettuati. All'interno del modello di calcolo utilizzato, le singole sezioni sono state integrate con una serie di sezioni intermedie, ottenute per interpolazione. Tali sezioni sono generate automaticamente dal programma di simulazione, su istanza dell'operatore, per esigenze di convergenza della procedura iterativa di calcolo e/o per implementare informazioni di dettaglio relative a singolarità locali rilevanti.

Con riferimento al codice di calcolo utilizzato, la sezione di deflusso in ciascuna sezione trasversale di calcolo è suddivisa in più parti, in ognuna delle quali la velocità si può ritenere uniformemente distribuita ed alle quali è associata normalmente una variazione delle condizioni di scabrezza (vedi par. 6.3); la parte centrale (o canale principale), interessata dalle portate medie ordinarie e dalle massime stagionali, e le aree di deflusso laterale, potenzialmente interessate dalle esondazioni delle portate di piena.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 36 di 59

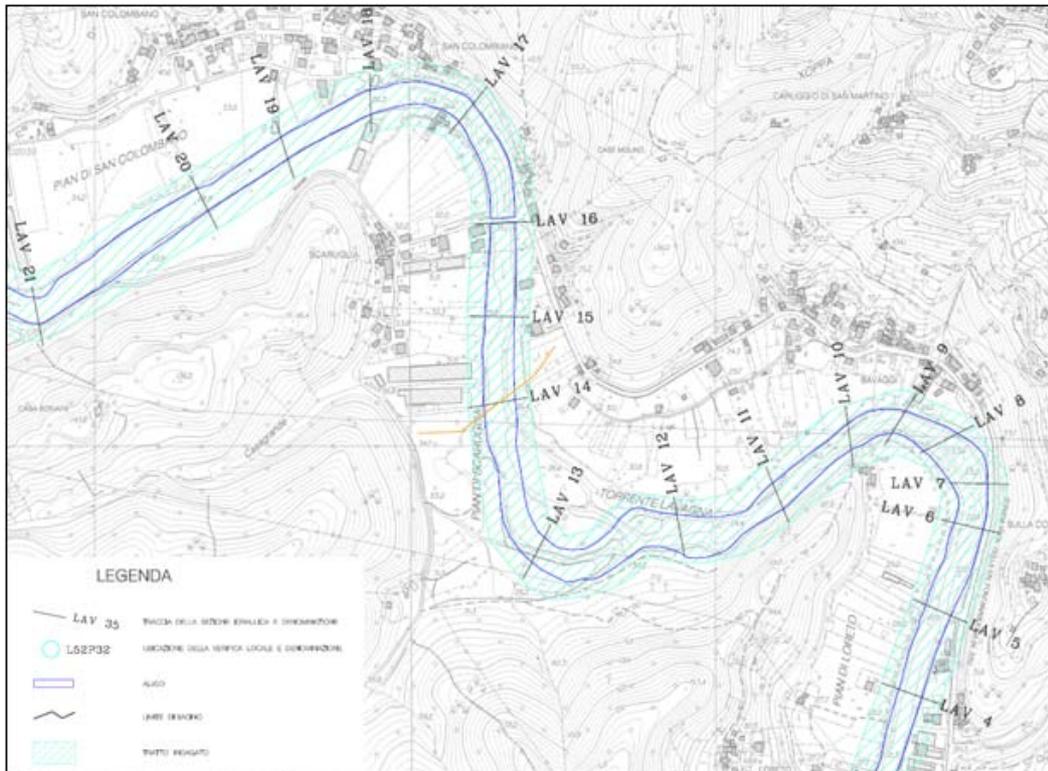


Fig. 6.2/A: Geometria di base della modellazione idraulica HEC-RAS nel tratto I interessato dall'attraversamento #1, dalla sez. LAV-01 alla sez. LAV-26

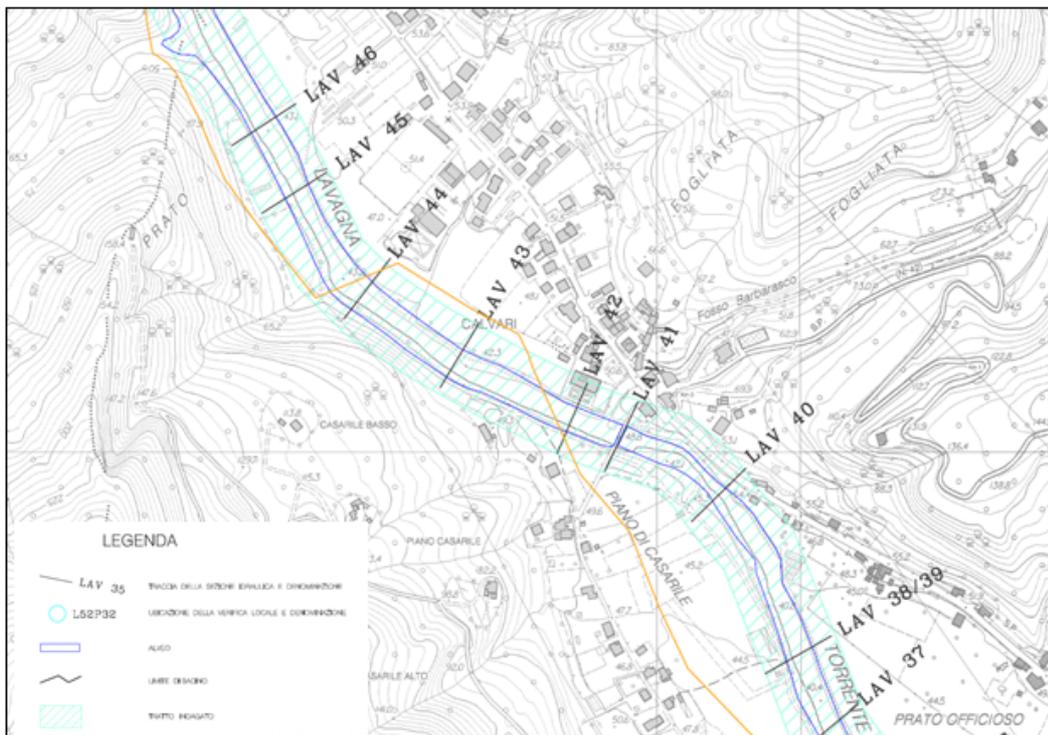


Fig. 6.2/B: Geometria di base della modellazione idraulica HEC-RAS nel tratto III interessato dagli attraversamenti #2 e #3, dalla sez. LAV-42 alla sez. LAV-53

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 37 di 59
				Rev. 0

6.3 Perdite localizzate di energia e fattori di attrito

Per il torrente Lavagna, nella parte oltre sponda gli effetti di attrito sono da ritenersi condizionati da fasce di vegetazione, in gran parte delle porzioni di area fluviale esterne all'alveo di magra, all'interno del quale, invece, non sono presenti ostacoli e cause di variazioni brusche degli elementi di confinamento della corrente. Pertanto, nella modellazione sono state differenziate tre porzioni delle aree di scorrimento della portata, assegnando parametri di scabrezza minore alla parte d'alveo largo, libero e relativamente profondo. In ragione dei fattori influenti descritti, per le perdite per attrito, si è quindi fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", i cui valori caratteristici, assunti costanti per l'intero tronco di analisi sono:

- 0,030 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,040 per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB).

Per quanto riguarda la presenza occasionale di materiale ordinariamente trasportato dalle piene, che potrebbe comportare incremento localizzato delle condizioni di attrito relativamente alle portate successive, oppure restringimenti localizzati delle sezioni di deflusso, stanti le caratteristiche litologiche del bacino e per quanto direttamente rilevabile in sito, deve presumersi che tali eventuali fenomeni (peraltro non schematizzabili mediante valori specifici dell'indice di scabrezza) possano considerarsi di effetto trascurabile. Più in generale, occorre specificare che la validità dei risultati delle valutazioni eseguite presuppone che l'alveo sia soggetto ad ordinarie operazioni di pulizia ed a manutenzione periodica, affinché non vengano ad indursi effetti imprevedibili ed imprevedibili sui deflussi.

6.4 Parametri del deflusso di piena

Le verifiche idrauliche sono state condotte in regime di corrente mista, per i tre valori della portata al colmo con tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, per diverse sezioni di chiusura¹³ (vedi par. 6.4).

L'analisi del flusso di piena è basata su sezioni trasversali, la cui geometria deriva da rilievi topografici di dettaglio (vedi par. 6.2 e note 12 e 13) integrativi ai dati territoriali estratti da cartografia tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972 e relativa all'asta terminale del Torrente Lavagna). Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta quella dell'alveo di magra e di morbida.

Tutte le sezioni sono costruite osservando i corsi d'acqua da monte verso valle. La loro lunghezza è tale da includere l'intera area fluviale e le aree golenali.

¹³ **Verifiche Idrauliche Asta Principale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 38 di 59
				Rev. 0

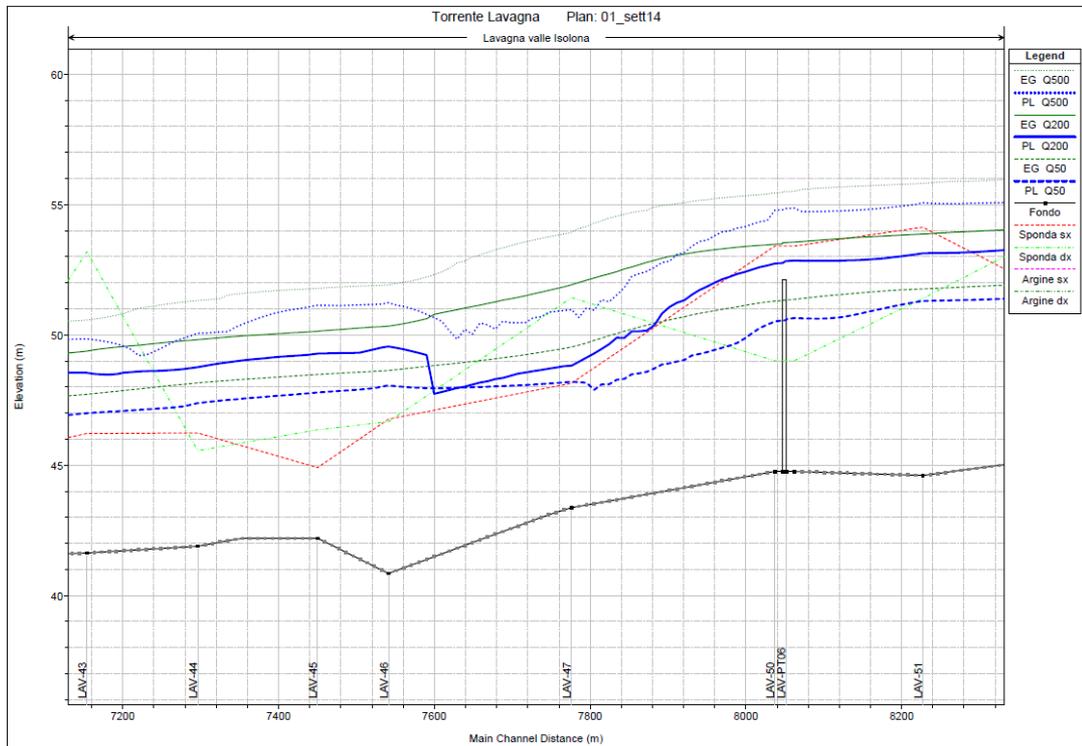


Fig. 6.4/A: Torrente Lavagna, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dall'attraversamento #3, in prossimità della sezione LAV44

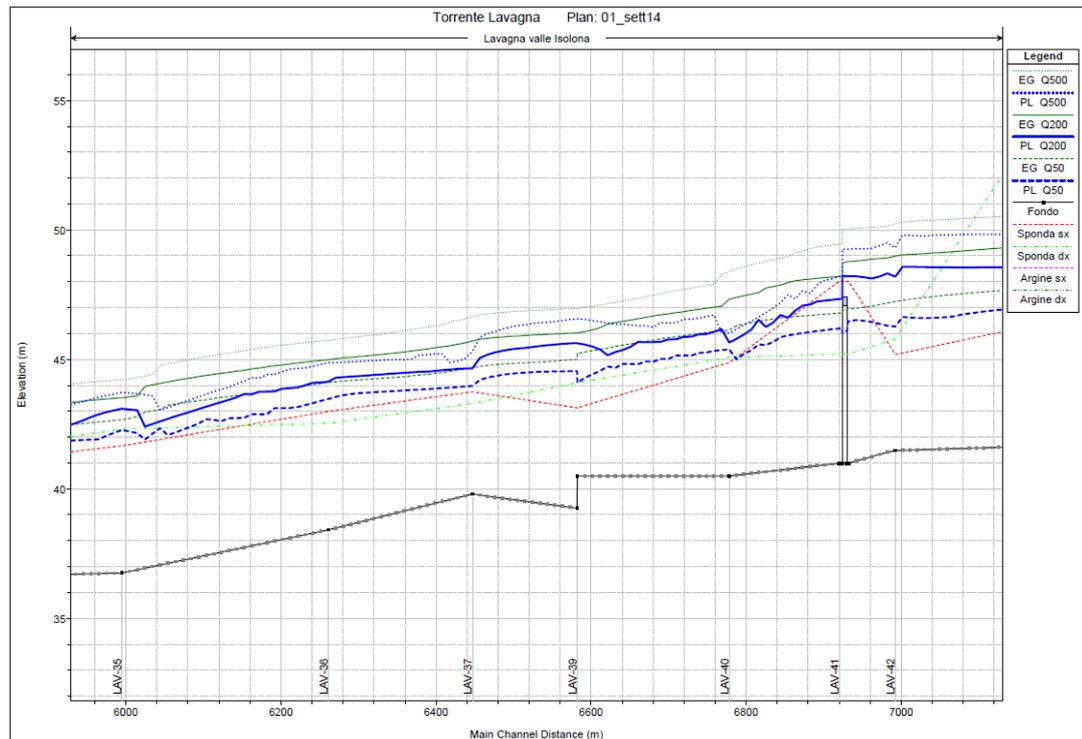


Fig. 6.4/B: Torrente Lavagna, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dall'attraversamento #2, in prossimità della sezione LAV42

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 39 di 59

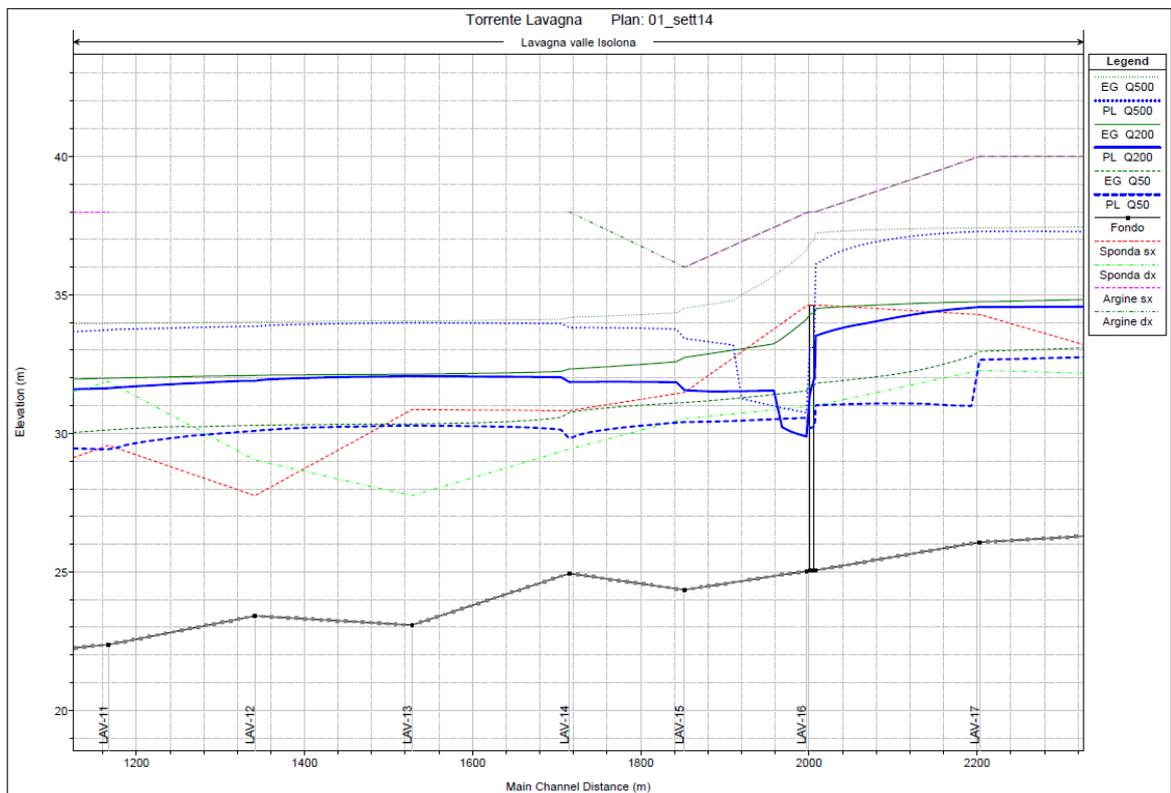


Fig. 6.3/C: Torrente Lavagna, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dall'attraversamento #1, in prossimità della sezione LAV14

Nelle sezioni di interesse per le opere di attraversamento in sub-alveo e per la posa della tubazione lungo il tracciato, non si determinano condizioni che possano inficiare la stima dei potenziali fenomeni erosivi; risultando, al contrario, parametri di deflusso del tutto adeguati alle metodologie cautelative di stima in precedenza descritte (→ 6.1).

La tabella seguente riporta a titolo di esempio, per alcune sezioni di calcolo, il prospetto sintetico dei valori dei parametri fondamentali di deflusso. I dati di impostazione e le risultanze della modellazione idraulica sono illustrati in dettaglio negli elaborati dello studio idraulico sul torrente Lavagna¹⁴, eseguito dalla Autorità di Bacino Regionale.

¹⁴ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del torrente LAVAGNA (BURL n.17 del 27/04/2016).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 40 di 59	Rev. 0

HEC-RAS Plan: 01_sett14 River: Lavagna Reach: valle Isolona (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	LOB Elev (m)	L. Freeboard (m)	ROB Elev (m)	R. Freeboard (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
valle Isolona	11.1 LAV-17	Q50	920.00	26.07	32.66	34.29	1.63	32.28	-0.38	31.07	32.96	0.001132	2.83	493.55	243.96	0.43
valle Isolona	11.1 LAV-17	Q200	1600.00	26.07	34.56	34.29	-0.27	32.28	-2.28	32.67	34.75	0.000541	2.44	959.10	245.82	0.31
valle Isolona	11.1 LAV-17	Q500	2360.00	26.07	37.30	34.29	-3.01	32.28	-5.02	33.24	37.42	0.000224	2.00	1654.71	255.42	0.21
valle Isolona	10.3 LAV-16	Q50	920.00	25.06	31.01	34.64	3.63	31.00	-0.01	29.69	31.81	0.002220	3.96	232.23	52.08	0.60
valle Isolona	10.3 LAV-16	Q200	1600.00	25.06	33.52	34.64	1.12	31.00	-2.52	31.14	34.51	0.001681	4.39	364.18	53.06	0.54
valle Isolona	10.3 LAV-16	Q500	2360.00	25.06	36.11	34.64	-1.47	31.00	-5.11	32.51	37.23	0.001395	4.70	502.04	53.49	0.49
valle Isolona	10.2 LAV-16	Q50	920.00	25.06	30.25	34.64	4.39	31.00	0.75	29.63	31.74	0.004313	5.41	170.05	36.83	0.80
valle Isolona	10.2 LAV-16	Q200	1600.00	25.06	31.97	34.64	2.67	31.00	-0.97	31.41	34.36	0.005031	6.88	233.25	36.83	0.87
valle Isolona	10.2 LAV-16	Q500	2360.00	25.06	34.22	34.64	0.42	31.00	-3.22	33.11	37.06	0.004475	7.46	316.40	36.83	0.81
valle Isolona	10.11 LAV-PT02	Bridge														
valle Isolona	10.1 LAV-16	Q50	920.00	25.06	30.18	34.64	4.46	31.00	0.82	29.63	31.72	0.004511	5.49	167.56	36.83	0.82
valle Isolona	10.1 LAV-16	Q200	1600.00	25.06	31.41	34.64	3.23	31.00	-0.41	31.41	34.29	0.006634	7.53	212.62	36.83	1.00
valle Isolona	10.1 LAV-16	Q500	2360.00	25.06	33.11	34.64	1.53	31.00	-2.11	33.11	36.85	0.006693	8.57	275.52	36.83	1.00
valle Isolona	10.0 LAV-16	Q50	920.00	25.03	30.56	34.61	4.04	30.97	0.40	29.66	31.54	0.003017	4.37	210.52	51.80	0.69
valle Isolona	10.0 LAV-16	Q200	1600.00	25.03	29.88	34.61	4.72	30.97	1.08	31.10	34.12	0.016170	9.12	175.52	51.32	1.57
valle Isolona	10.0 LAV-16	Q500	2360.00	25.03	30.75	34.61	3.86	30.97	0.22	32.47	36.60	0.017240	10.72	220.23	51.93	1.66
valle Isolona	9 LAV-15	Q50	920.00	24.35	30.41	31.48	1.07	30.53	0.12	28.59	31.11	0.001658	3.71	248.15	61.70	0.54
valle Isolona	9 LAV-15	Q200	1600.00	24.35	31.56	31.48	-0.08	30.53	-1.03	30.20	32.74	0.002620	4.91	363.58	109.80	0.69
valle Isolona	9 LAV-15	Q500	2360.00	24.35	33.42	31.48	-1.94	30.53	-2.89	32.02	34.52	0.001722	4.89	567.98	109.80	0.59
valle Isolona	8 LAV-14	Q50	920.00	24.94	29.81	30.82	1.01	29.43	-0.38	29.30	30.76	0.004148	4.34	218.44	133.62	0.81
valle Isolona	8 LAV-14	Q200	1600.00	24.94	31.85	30.82	-1.03	29.43	-2.42	30.64	32.33	0.001290	3.40	618.99	194.18	0.49
valle Isolona	8 LAV-14	Q500	2360.00	24.94	33.82	30.82	-3.00	29.43	-4.39	31.48	34.19	0.000684	3.10	1005.04	197.96	0.38
valle Isolona	7.2 LAV-13	Q50	920.00	23.08	30.28	30.86	0.58	27.75	-2.53	27.30	30.34	0.000188	1.17	860.33	240.54	0.18
valle Isolona	7.2 LAV-13	Q200	1600.00	23.08	32.07	30.86	-1.21	27.75	-4.32	28.07	32.14	0.000141	1.27	1558.28	381.20	0.17
valle Isolona	7.2 LAV-13	Q500	2360.00	23.08	33.99	30.86	-3.13	27.75	-6.24	28.76	34.06	0.000100	1.29	2302.98	387.99	0.15
valle Isolona	7.1 LAV-12	Q50	920.00	23.41	30.09	27.75	-2.34	29.04	-1.05	27.23	30.29	0.000460	2.12	514.60	240.82	0.29
valle Isolona	7.1 LAV-12	Q200	1600.00	23.41	31.89	27.75	-4.14	29.04	-2.85	28.57	32.09	0.000363	2.28	1036.91	279.48	0.27
valle Isolona	7.1 LAV-12	Q500	2360.00	23.41	33.86	27.75	-6.11	29.04	-4.82	29.58	34.03	0.000247	2.22	1603.43	295.13	0.23
valle Isolona	6.2 LAV-11	Q50	920.00	22.37	29.43	29.57	0.14	31.87	2.44	27.12	30.12	0.001443	3.69	249.53	146.90	0.50
valle Isolona	6.2 LAV-11	Q200	1600.00	22.37	31.63	29.57	-2.06	31.87	0.24	28.92	31.99	0.000732	3.11	791.05	249.88	0.37
valle Isolona	6.2 LAV-11	Q500	2360.00	22.37	33.74	29.57	-4.17	31.87	-1.87	31.07	33.97	0.000403	2.68	1317.36	250.04	0.28
valle Isolona	6.1 LAV-10	Q50	920.00	21.95	29.55	27.93	-1.62	30.52	0.97	26.00	29.85	0.000539	2.49	423.56	133.14	0.32
valle Isolona	6.1 LAV-10	Q200	1600.00	21.95	31.52	27.93	-3.59	30.52	-1.00	27.52	31.89	0.000520	2.90	692.00	139.50	0.32
valle Isolona	6.1 LAV-10	Q500	2360.00	21.95	33.48	27.93	-5.55	30.52	-2.96	29.56	33.88	0.000454	3.12	971.78	145.46	0.31
valle Isolona	5.4 LAV-09	Q50	920.00	21.26	29.01	29.43	0.42	28.13	-0.88	26.91	29.73	0.001520	3.77	254.48	65.87	0.52
valle Isolona	5.4 LAV-09	Q200	1600.00	21.26	30.59	29.43	-1.16	28.13	-2.46	28.91	31.72	0.001805	4.83	369.89	113.80	0.59
valle Isolona	5.4 LAV-09	Q500	2360.00	21.26	32.89	29.43	-3.46	28.13	-4.76	30.49	33.77	0.001081	4.54	684.55	122.99	0.48
valle Isolona	5.3 LAV-08	Q50	920.00	21.00	29.28	31.50	2.22	28.00	-1.28	24.95	29.52	0.000374	2.19	425.16	72.24	0.27
valle Isolona	5.3 LAV-08	Q200	1600.00	21.00	30.98	31.50	0.52	28.00	-2.98	26.37	31.44	0.000545	3.02	550.22	127.02	0.33

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 41 di 59
				Rev. 0

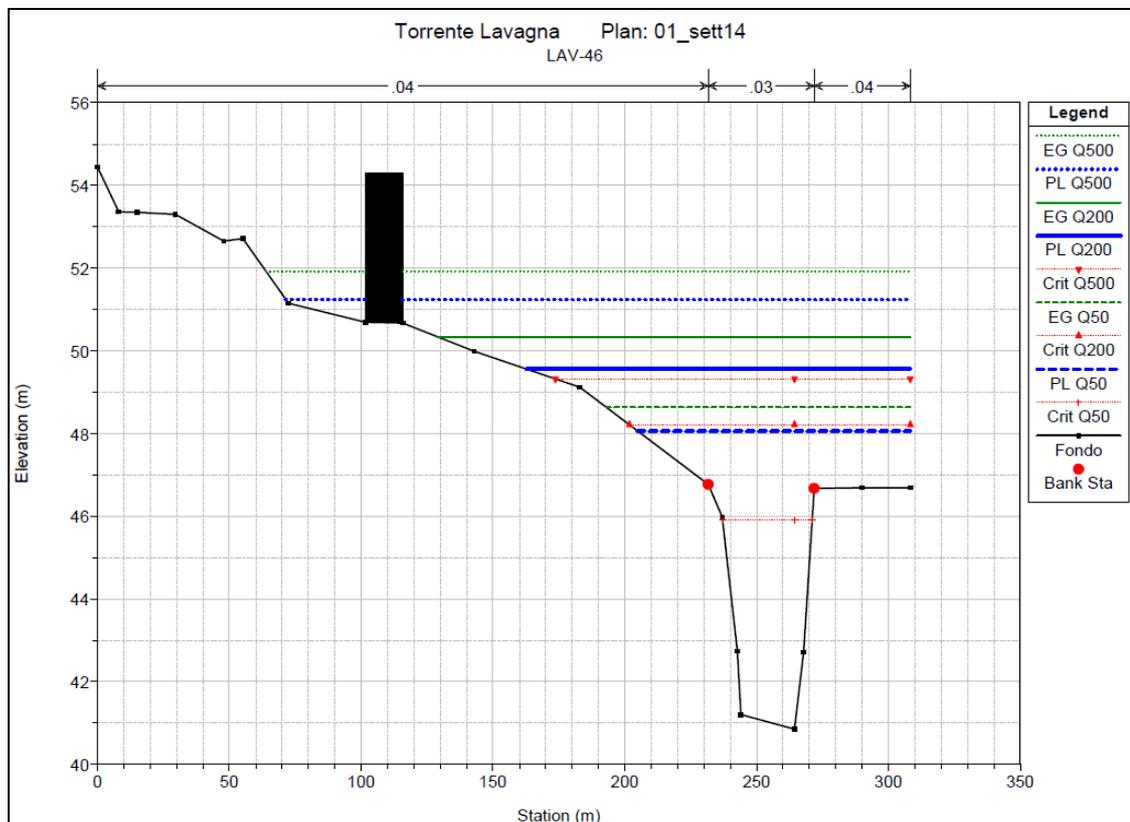
I principali parametri determinati, assumono i significati qui di seguito specificati:

- River Station: Numero identificativo della sezione;
- Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
- Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero;
- Crit W.S: Altezza critica;
- E.G. Elev: Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
- E.G. Slope: Pendenza della linea dell'energia;
- Vel Chnl: Velocità media nel canale principale dell'alveo;
- Flow Area: Area della sezione liquida effettiva;
- Top Width: Larghezza superficiale della sezione liquida;
- Levee: Terrapieno o muro che confina il deflusso idrico;
- Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale dell'alveo.

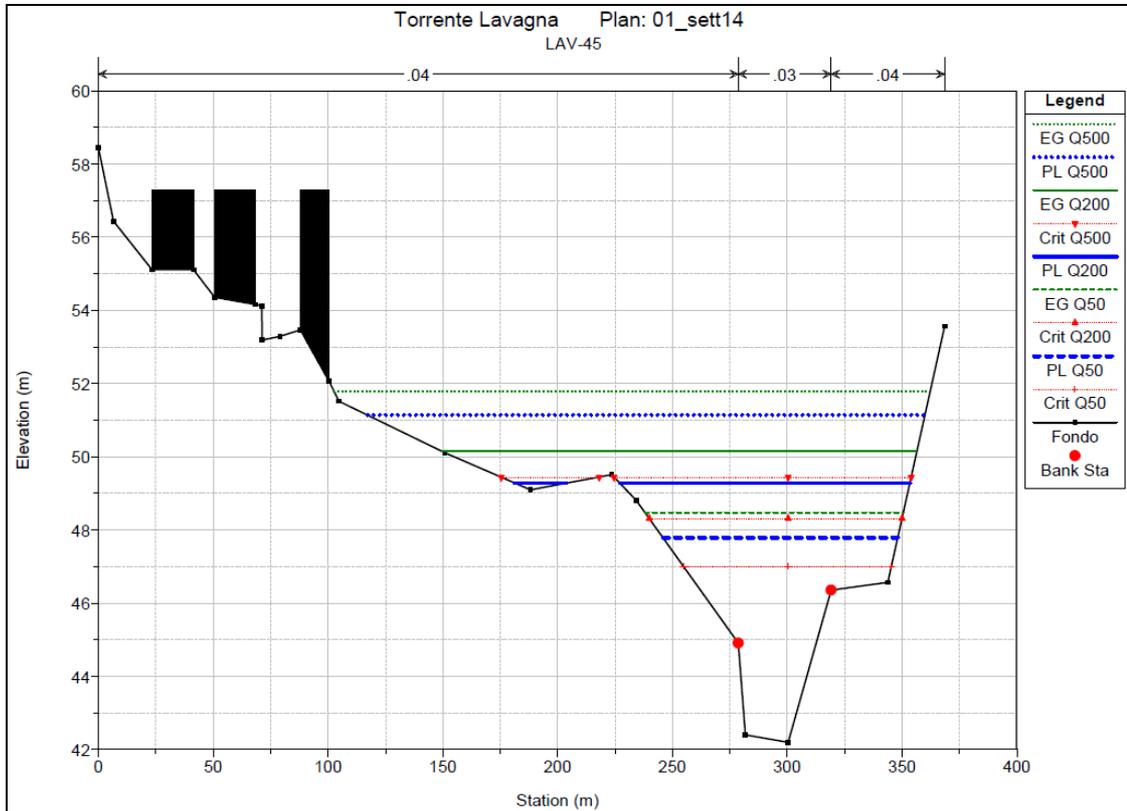
Nel seguito sono presentati i grafici relativi ai risultati di maggiore interesse idraulico, limitatamente alle nuove opere in progettazione.

Le sezioni sono costruite e rappresentate con vista da monte verso valle.

Sezioni da LAV-46 a LAV-40:



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 42 di 59
				Rev. 0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

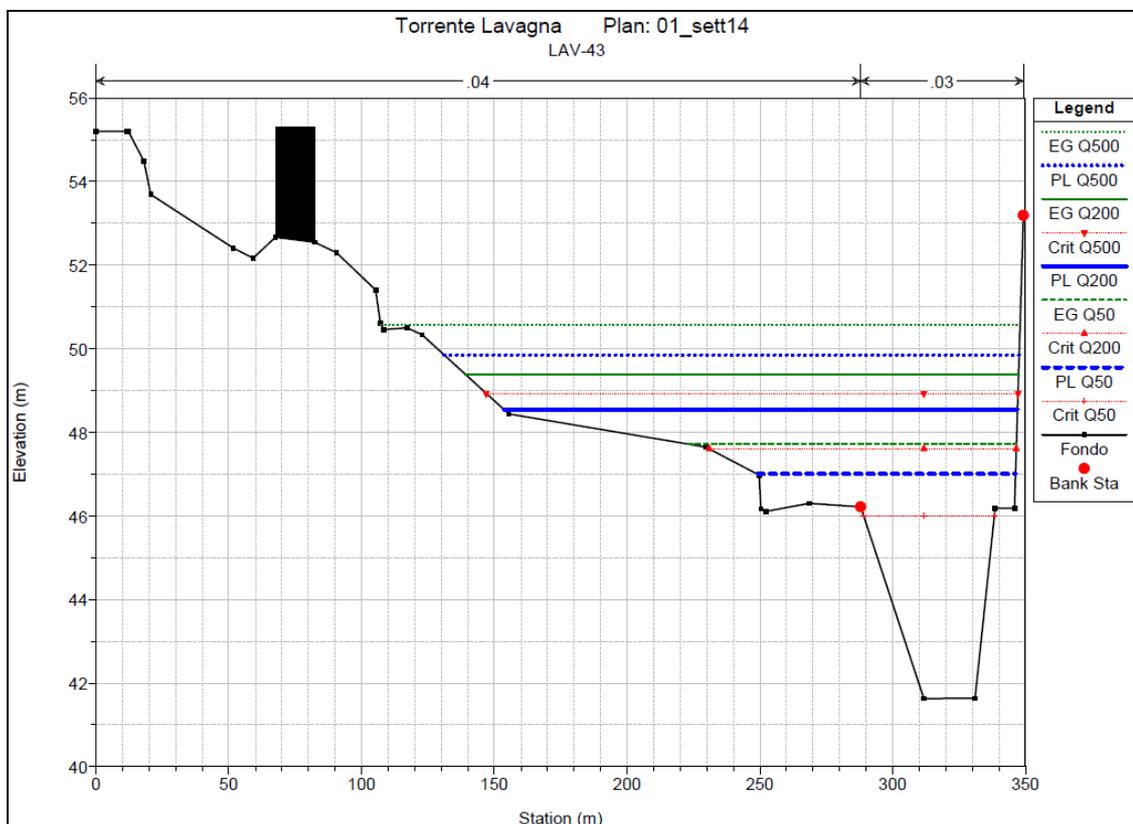
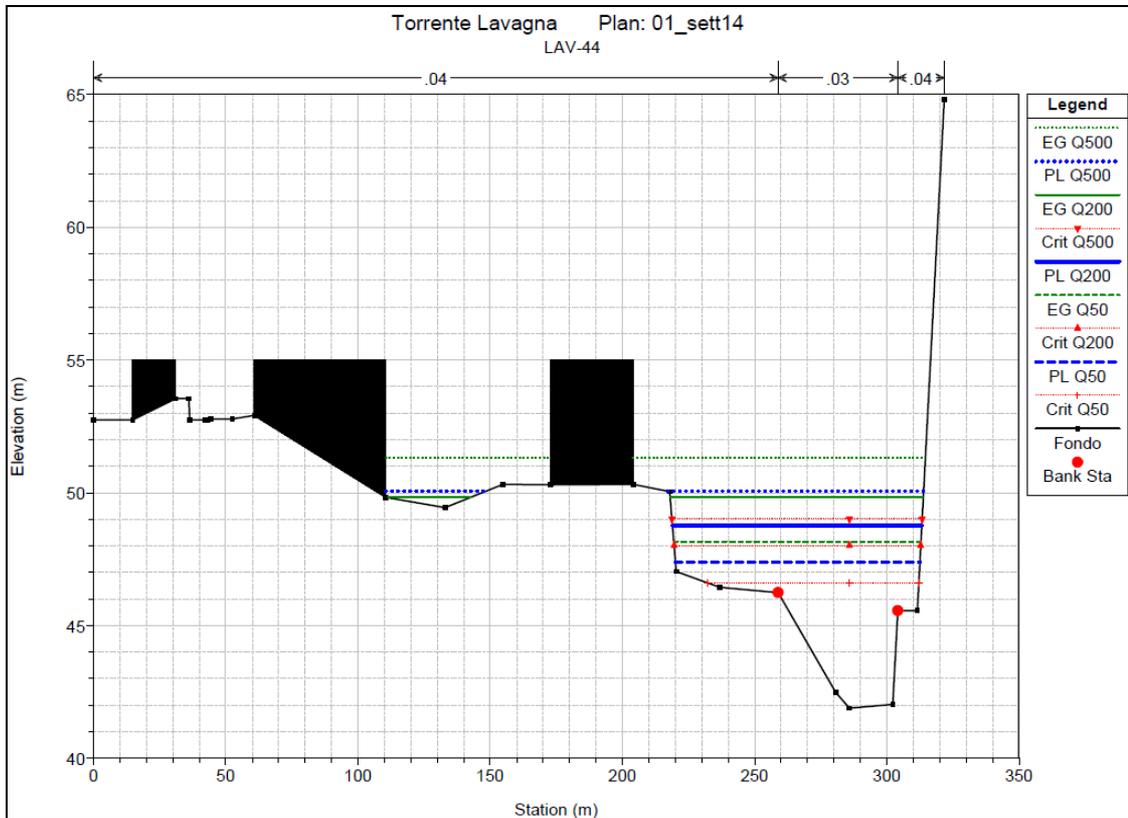
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 43 di 59

Rev.
0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

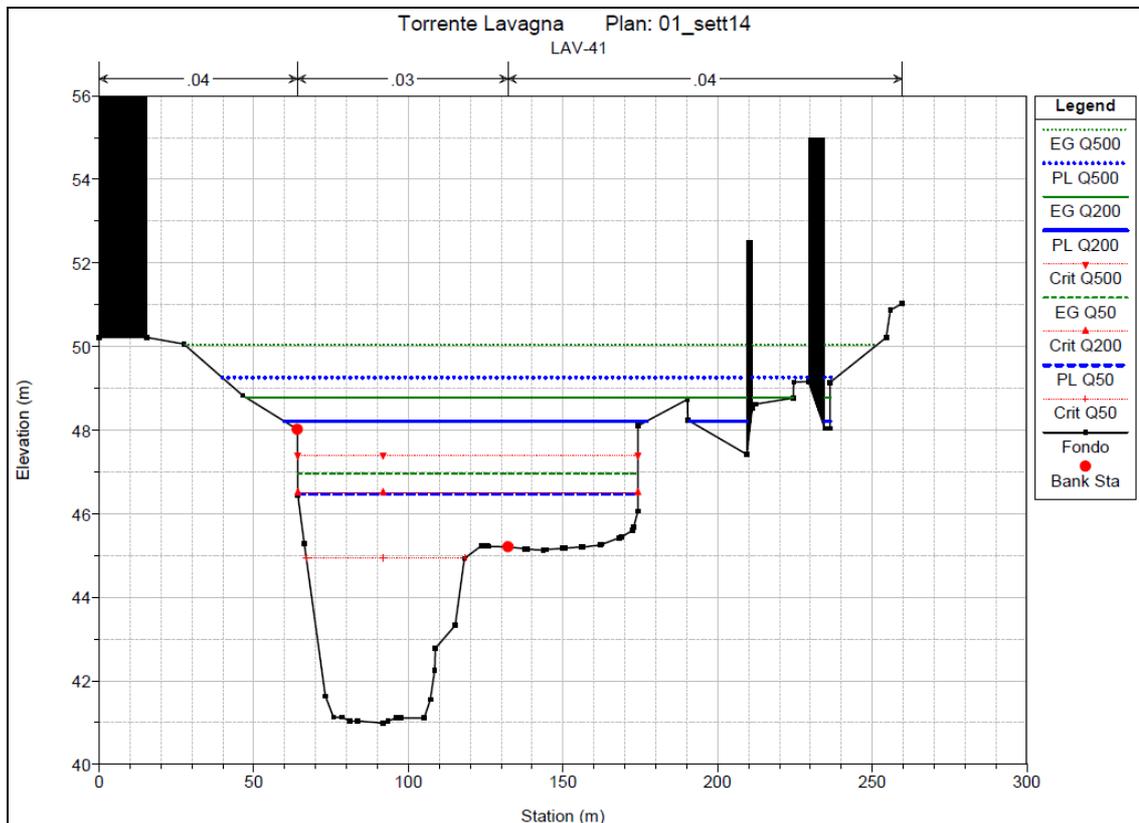
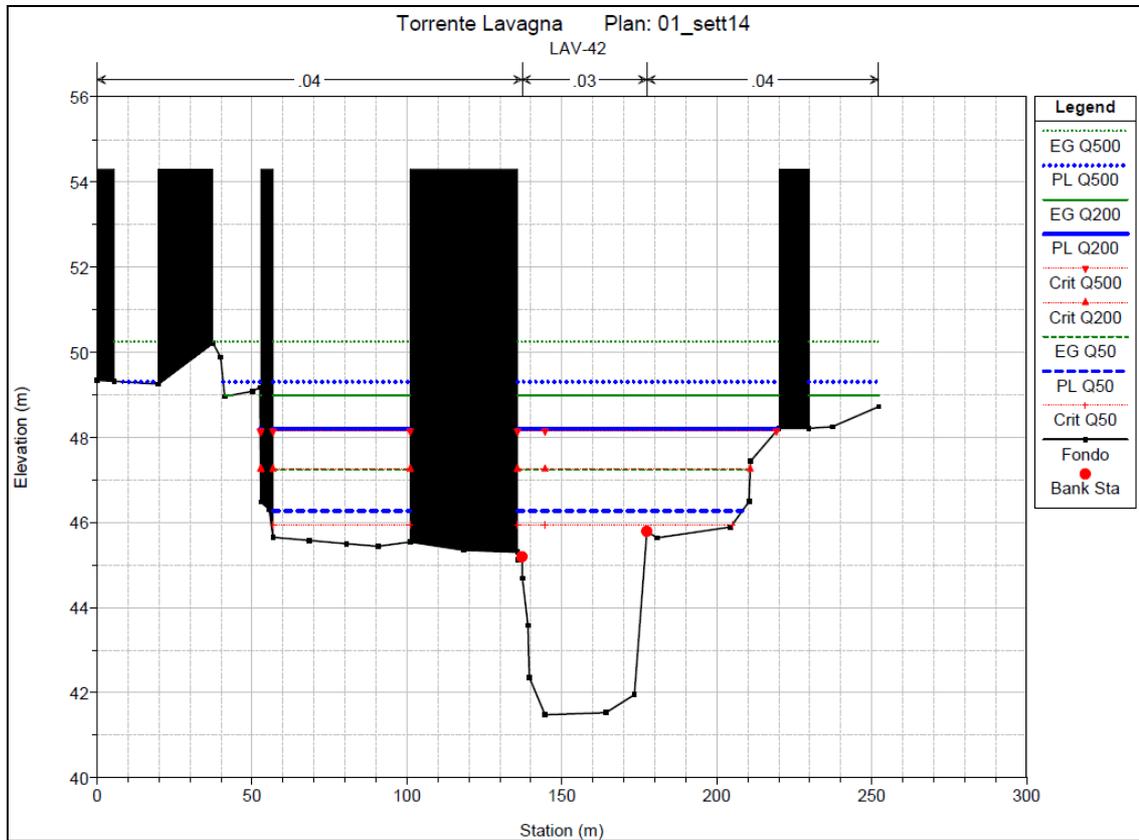
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 44 di 59

Rev.
0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

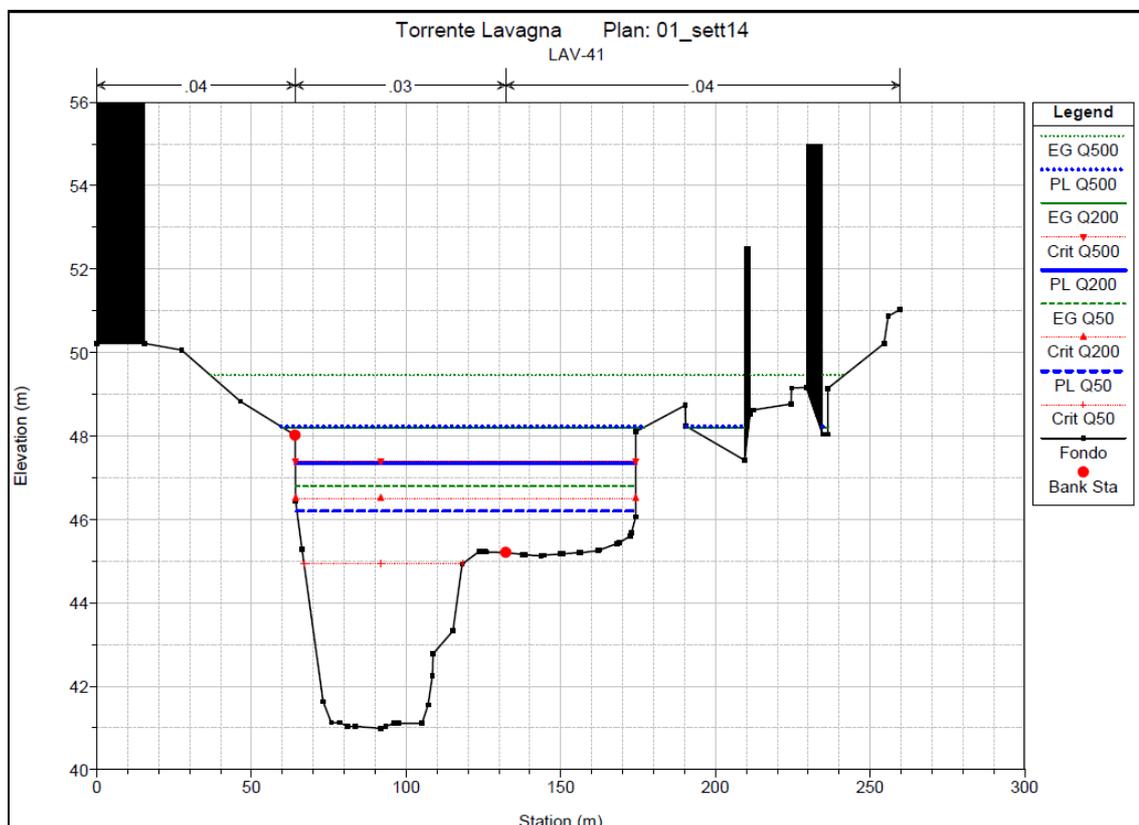
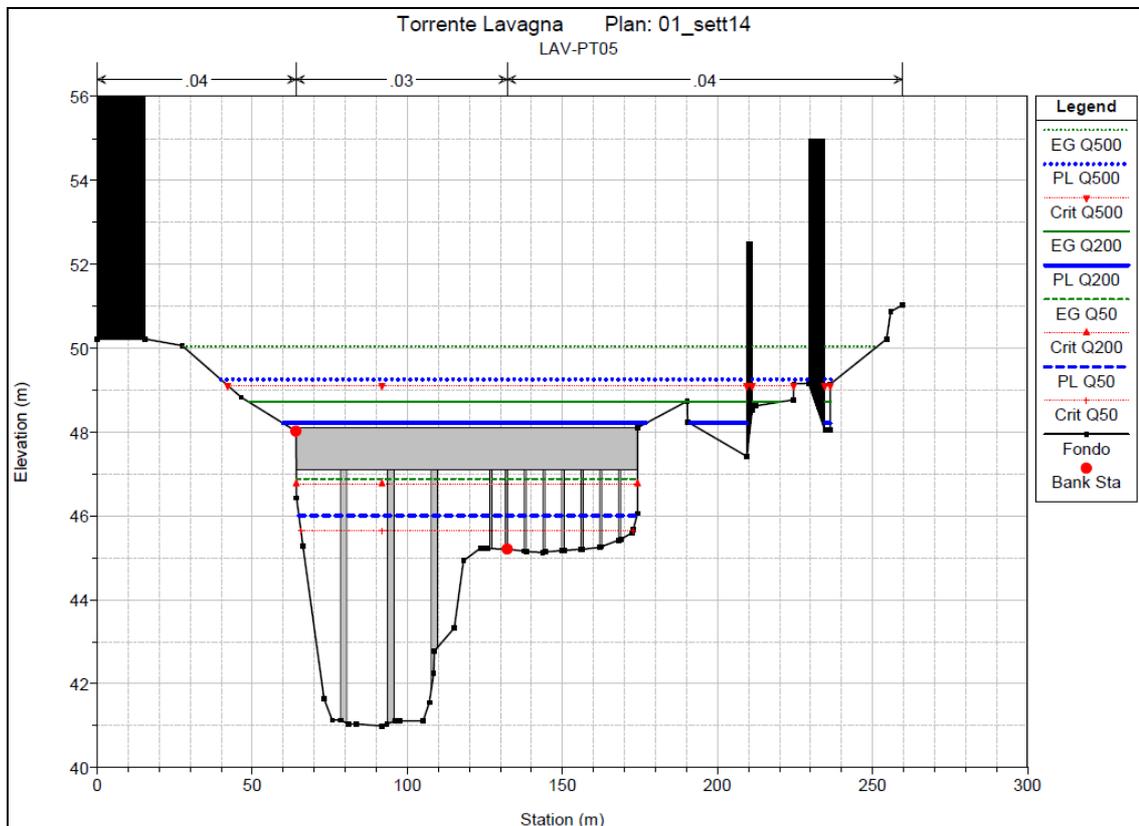
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 45 di 59

Rev.
0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

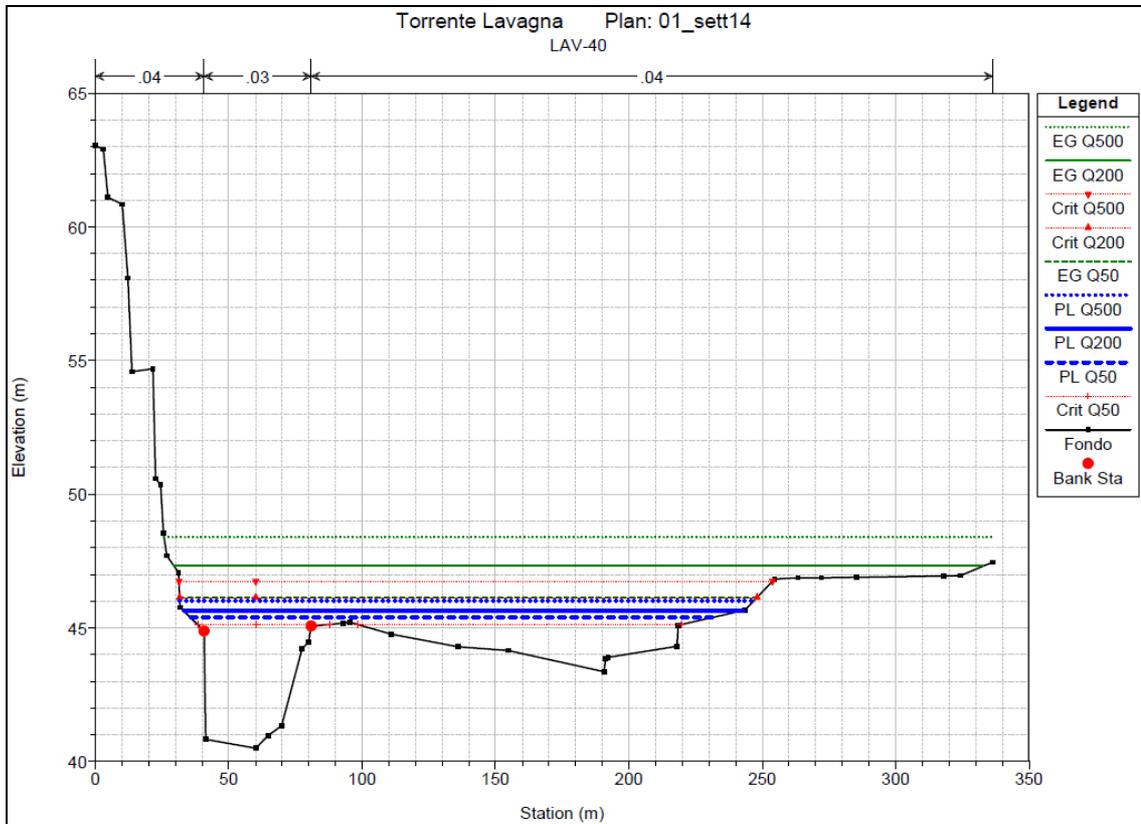
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 46 di 59

Rev.
0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

LA-E- 83053

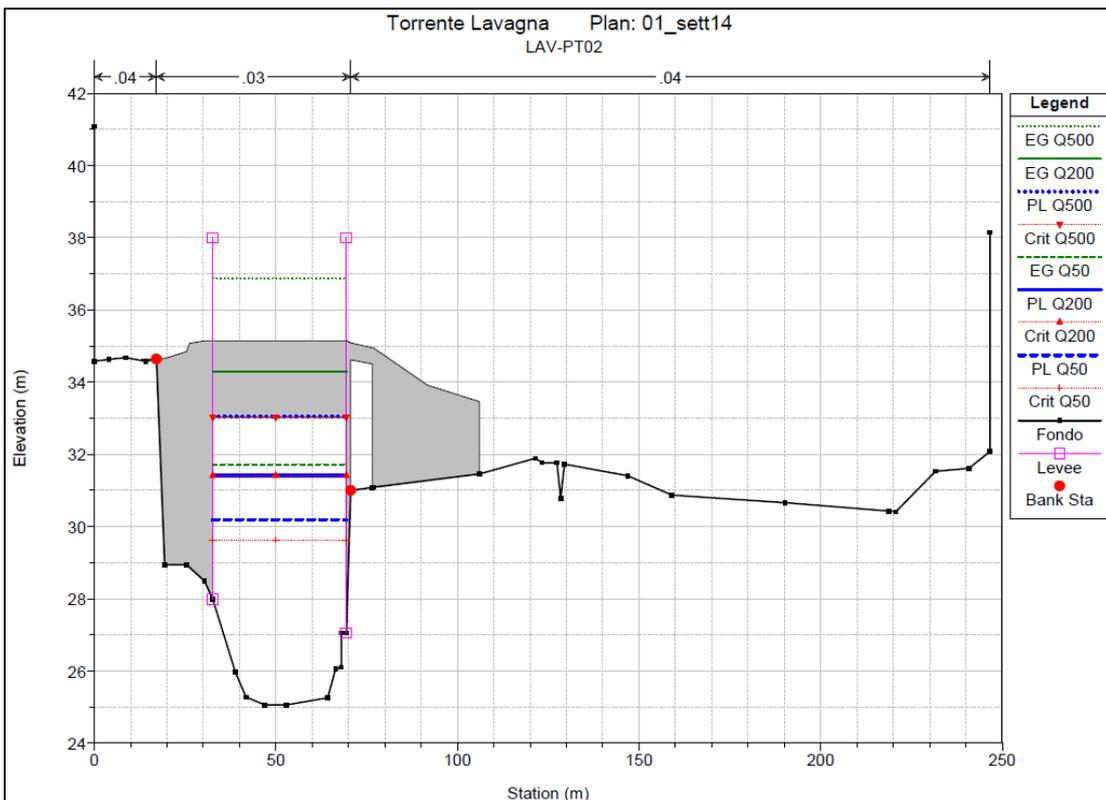
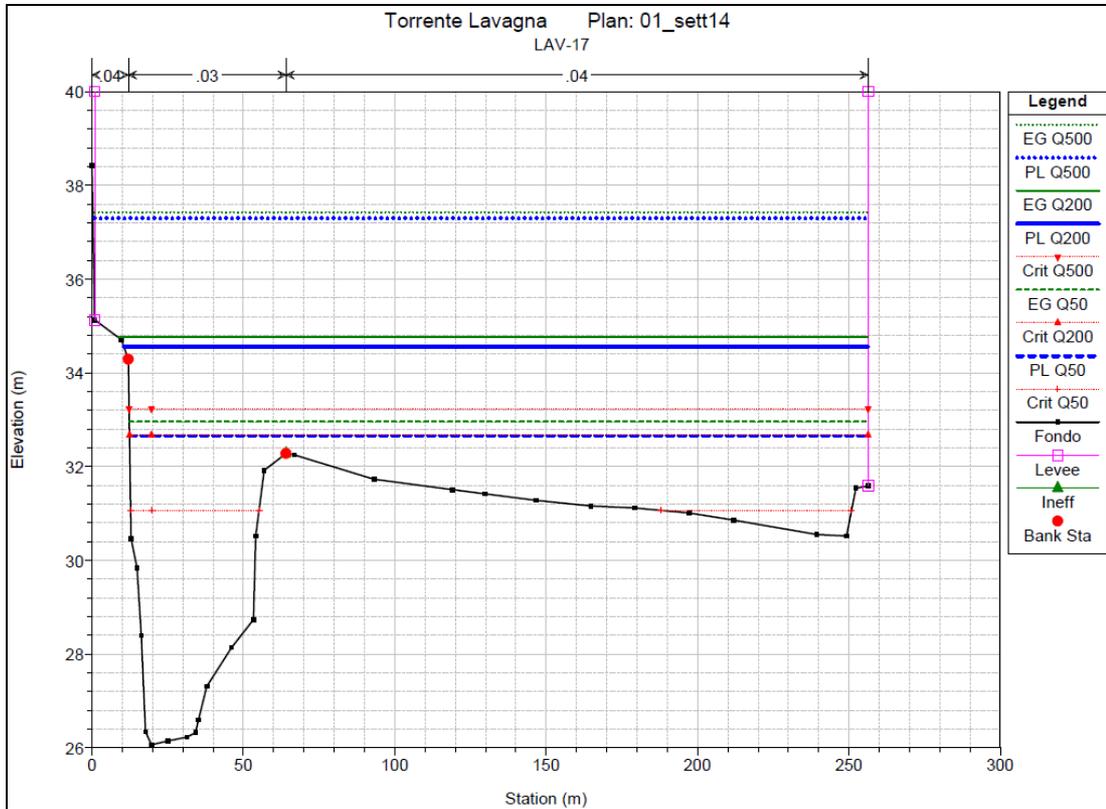
PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 47 di 59

Rev.
0

Sezioni da LAV-17 a LAV-13:





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

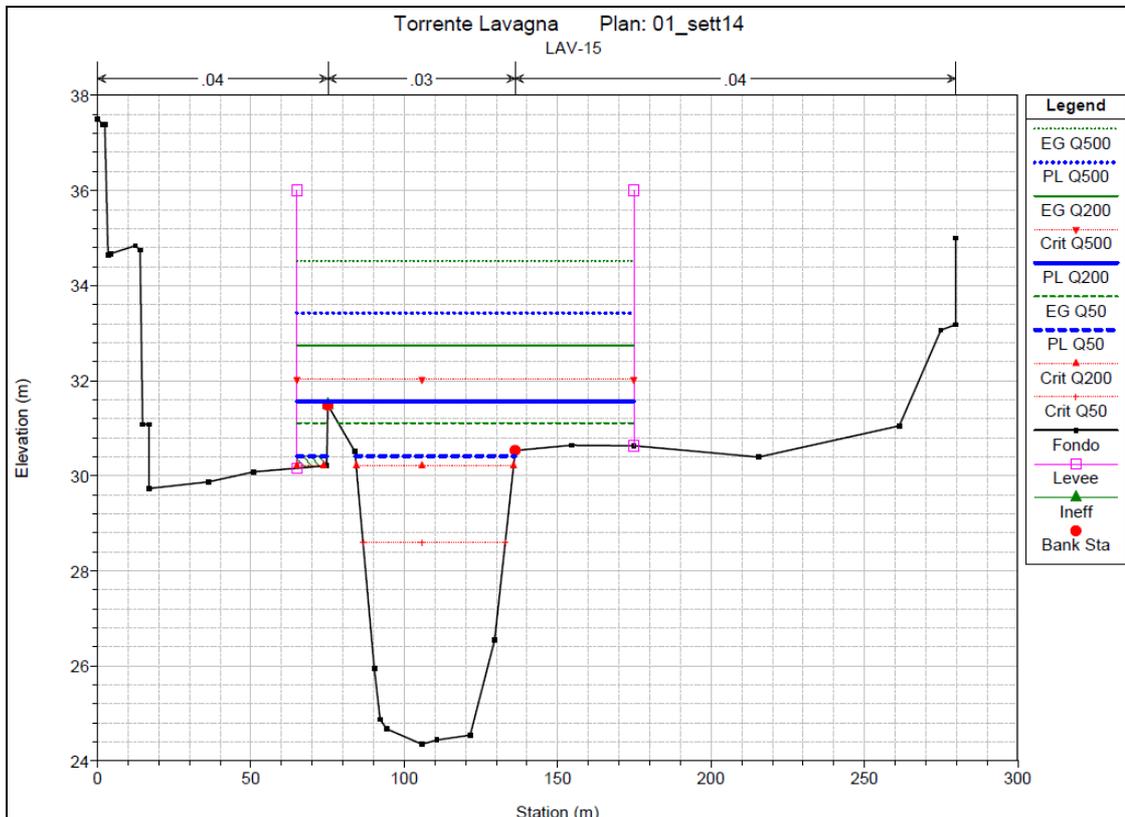
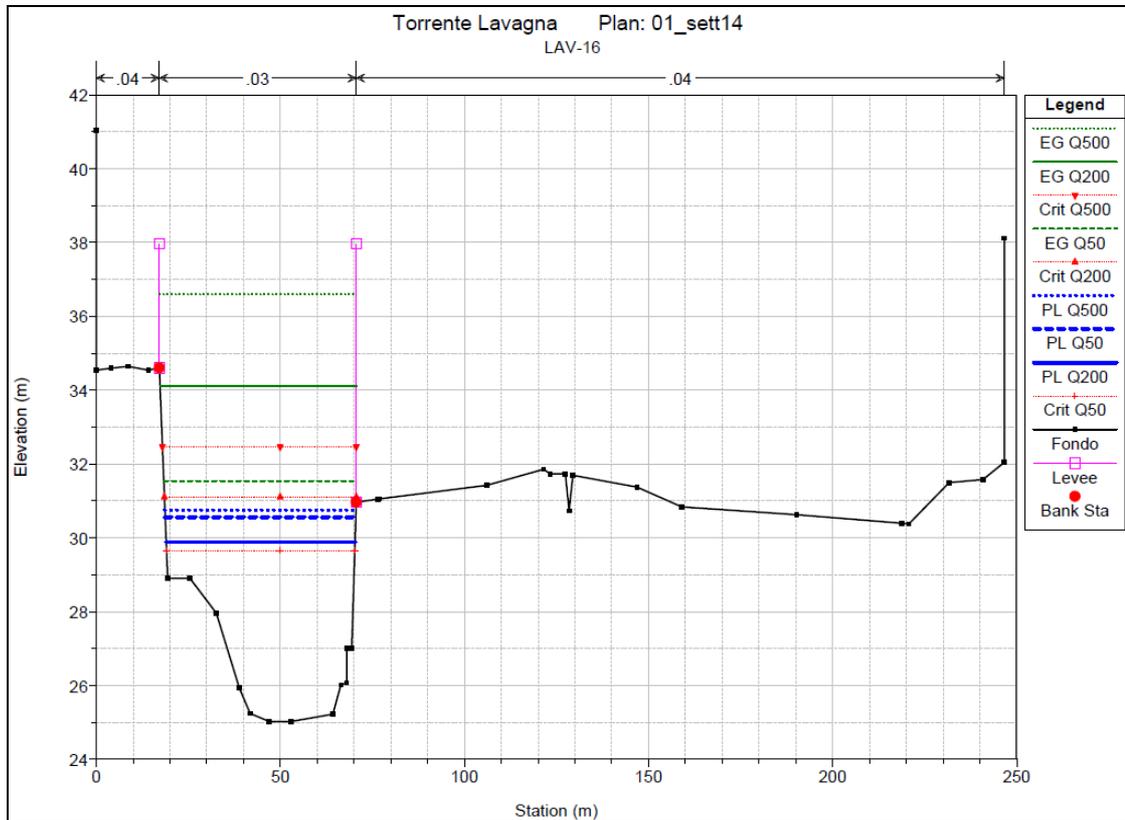
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 48 di 59

Rev.
0





PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023089

LOCALITÀ

Regione Liguria

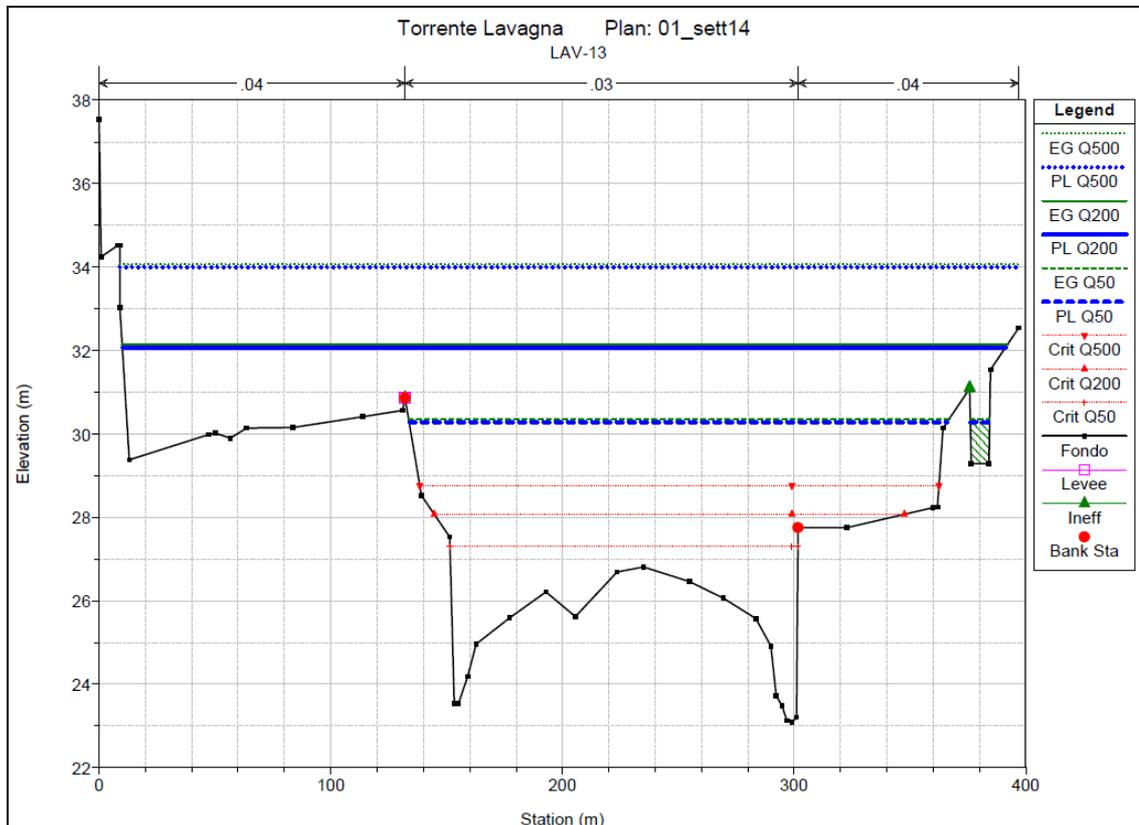
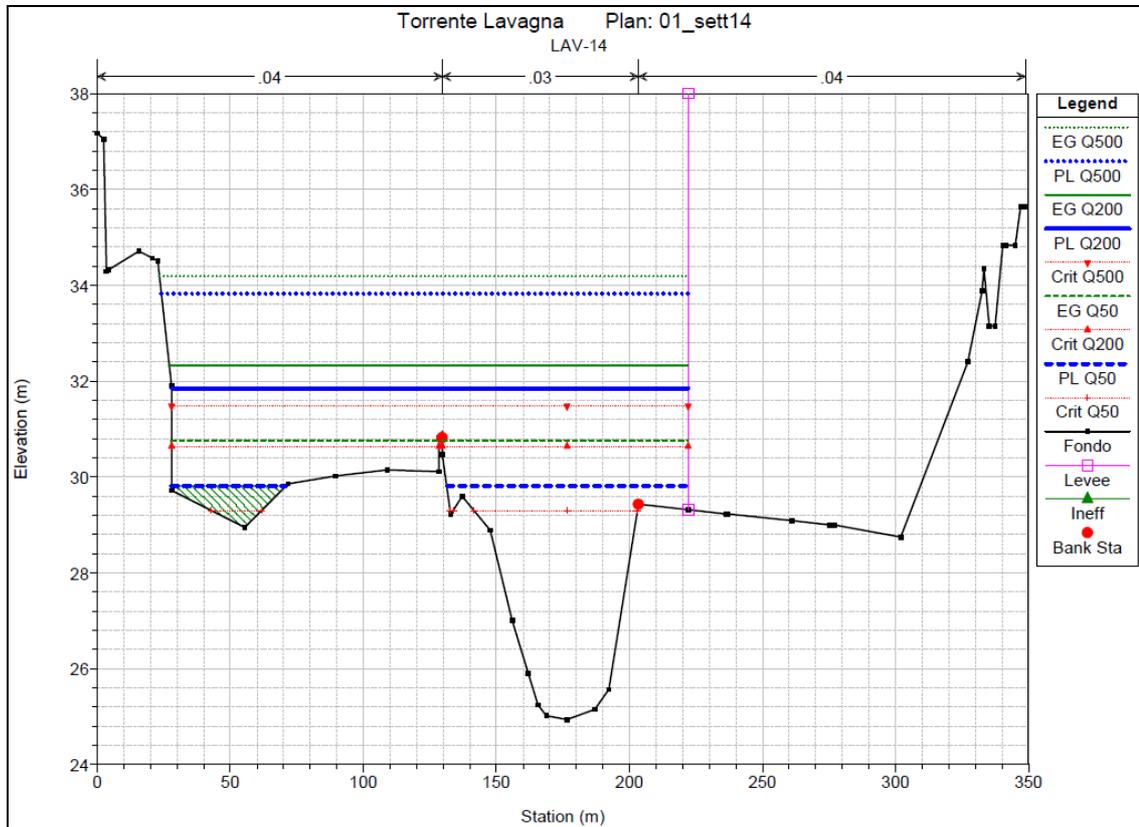
LA-E- 83053

PROGETTO

Metanodotto Sestri Levante-Recco

Fg. 49 di 59

Rev.
0



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 50 di 59

Le verifiche hanno mostrato che lungo il tratto compreso tra le sezioni LAV-01 e LAV-57 il deflusso della portata 50-ennale avviene prevalentemente in corrente lenta con numeri di Froude variabili da 0,3 a 0,9 e velocità mediamente comprese tra 1.7 e 6.1 metri al secondo, le profondità medie del pelo libero all'interno dell'alveo centrale risultano comprese tra 3,9 m e 9,2 m circa.

Dalla sezione LAV-62 alla sezione LAV-58 la corrente si mantiene prossima allo stato critico, con numeri di Froude variabili tra 1 e 1,2.

Il deflusso della portata 200-ennale e 500-ennale è del tutto analogo al caso precedente con altezze del pelo libero mediamente superiori rispettivamente di circa 1,6 m e 3,1 m.

Da un punto di vista generale si può osservare che tutto il tratto risulta critico per l'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere anche gli eventi di piena più significativi, dando luogo all'inondazione delle aree golenali su entrambe le sponde con tiranti dell'ordine di 1-2 metri circa. La portata massima smaltibile all'interno dell'alveo di morbida è circa la metà della portata di piena centennale.

Tale situazione va via via attenuandosi tra le sezioni LAV-49 e LAV-62; a causa delle variazioni geometriche dell'alveo che, procedendo verso monte, risulta sempre più incassato, con aree golenali ridotte e pendenza maggiore.

Per quanto riguarda gli otto ponti presenti lungo il tratto va segnalato che sotto il ponte LAV-33 la portata cinquantennale transita con franco di circa 80 cm; i ponti LAV-2, LAV-41, LAV-50, LAV-53 sono insufficienti per la portata duecentennale, i ponti LAV-16, LAV-26 e LAV-56 sono insufficienti per la portata cinquecentennale.

In tutto il tratto le quote della portata 200-ennale rimangono sempre inferiori a quelle della Strada Statale 225 della Val Fontanabuona lungo la sponda sinistra; va segnalato inoltre che anche i centri abitati più significativi si sviluppano a monte della viabilità, a quote superiori a quelle del livello di massima piena del torrente.

Per la stima dei fenomeni erosivi, quale "portata di riferimento", si assume quella associata ad un tempo di ritorno pari a 200 anni:

- Tratto I - $Q_{Max} = 1,600 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tratto III - $Q_{Max} = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$

In base ai risultati della modellazione idraulica per la portata di massima piena duecentennale (TR=200 anni), i valori dell'altezza idrica, del carico energetico e del perimetro bagnato sono utili alla stima dei potenziali fenomeni erosivi al fondo, in corrispondenza delle opere in progetto.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 51 di 59
				Rev. 0

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 8 (LAV-14)					
E.G. Elev (m)	32,33	<i>Element</i>	<i>Left OB</i>	<i>Channel</i>	<i>Right OB</i>
W.S. Elev (m)	31,85	Wetted Per. (m)	104,66	75,39	21,22
E.G. Slope (m/m)	0,00129	Flow Area (m ²)	212,35	360,39	46,25
Max Chl Depth (m)	6,91	Top Width (m)	101,78	73,71	18,69
Froude # Chl	0,49	Avg. Vel. (m/s)	1,44	3,40	1,51

In particolare, in corrispondenza dei punti di minor quota, l'altezza idrica associata alla portata di riferimento risulta:

- massima incisione in alveo (minima quota 24,94 metri), 6,91 metri
- area fluviale (minima quota 28,95 metri), 2,9 metri

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 27.3 (LAV-42)					
E.G. Elev (m)	48,99	<i>Element</i>	<i>Left OB</i>	<i>Channel</i>	<i>Right OB</i>
W.S. Elev (m)	48,20	Wetted Per. (m)	57,35	43,53	43,06
E.G. Slope (m/m)	0,00171	Flow Area (m ²)	122,64	250,20	81,76
Max Chl Depth (m)	6,72	Top Width (m)	45,94	40,30	42,40
Froude # Chl	0,57	Avg. Vel. (m/s)	1,81	4,43	1,59

In corrispondenza dei punti di minor quota, l'altezza idrica associata alla portata di riferimento risulta:

- massima incisione in alveo (minima quota 41,48 metri), 6,72 metri
- area fluviale (minima quota 45,44 metri), 2,76 metri

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 27.5 (LAV-44)					
E.G. Elev (m)	49,82	<i>Element</i>	<i>Left OB</i>	<i>Channel</i>	<i>Right OB</i>
W.S. Elev (m)	48,77	Wetted Per. (m)	40,80	47,73	11,00
E.G. Slope (m/m)	0,00234	Flow Area (m ²)	88,20	251,09	26,36
Max Chl Depth (m)	6,88	Top Width (m)	39,99	45,24	9,07
Froude # Chl	0,66	Avg. Vel. (m/s)	2,02	4,88	2,17

In corrispondenza dei punti di minor quota, l'altezza idrica associata alla portata di riferimento risulta:

- massima incisione in alveo (minima quota 41,89 metri), 6,88 metri
- area fluviale (minima quota 45,56 metri), 3,21 metri

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 52 di 59

6.5 Valutazione dei potenziali fenomeni erosivi

La stima dei potenziali fenomeni erosivi massimi in corrispondenza delle sezioni di attraversamento, descritti al precedente paragrafo 6.1, si concretizza nella valutazione dei parametri idraulici e geometrici relativi alle sezioni RS 8 (LAV-14), RS 27.3 (LAV-42) e RS 27.5 (LAV-44), prossime all'asse del metanodotto, rispetto alle quali occorre garantire adeguata copertura della tubazione in sub-alveo.

In base al livello idrico ed al carico energetico della corrente, stante anche la natura più che cautelativa delle espressioni utilizzate per il calcolo delle potenziali erosioni, si determinano le condizioni di garanzia per la stabilità della tubazione in attraversamento sub-alveo nell'arco della "vita utile" dell'opera (\rightarrow 5.1) ed è possibile escludere ogni interferenza tra l'intervento e deflussi straordinari.

Difatti, in base a quanto rilevato (Min Elev, quota minima; i, pendenza asse quote minime) e a quanto determinato in fase di modellazione idraulica (Top W, larghezza superficiale della sezione liquida; H carico energetico dato da E.G. Elev; h_0 altezza idrica data da W.S. Elev), si ha:

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 8 (LAV-14)											
	Top W (m)	q Chnl ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	Min Elev (m)	E.G. Elev (m)	H (m)	W.S. Elev (m)	h_0 (m)	i (m/m)	a (m)	S (m)	Z (m)
alveo	194,18	8,24	24,94	32,33	7,50	31.85	6,91	0,0013	0,009	2,19	3,46
area fluviale	194,18	8,24	28,95	32,33	3,49	31.85	2,90	0,0013	0.004	1,49	1,45

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 27.3 (LAV-42)											
	Top W (m)	q Chnl ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	Min Elev (m)	E.G. Elev (m)	H (m)	W.S. Elev (m)	h_0 (m)	i (m/m)	a (m)	S (m)	Z (m)
alveo	128,64	11,35	41,48	48,99	7,72	48,20	6,72	0,0017	0,013	2,49	3,36
area fluviale	128,64	11,35	45,44	48,99	3,76	48,20	2,76	0,0017	0.006	1,73	1,38

Portata di riferimento torrente Lavagna $Q_{Max} = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 27.5 (LAV-44)											
	Top W (m)	q Chnl ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	Min Elev (m)	E.G. Elev (m)	H (m)	W.S. Elev (m)	h_0 (m)	i (m/m)	a (m)	S (m)	Z (m)
alveo	94,30	15,48	41,89	49,82	8,09	48,77	6,88	0,0023	0,019	2,85	3,44
area fluviale	94,30	15,48	45,56	49,82	4,42	48,77	3,21	0,0023	0.010	2,10	1,61

dove i termini e le procedure per la stima di potenziali approfondimenti S ed arature Z sono quelli descritti al precedente paragrafo 6.1.

In particolare, si desume che i valori delle potenziali erosioni localizzabili all'interno dell'alveo, corrispondenti agli eventi di piena, presentano prevalenza per il fenomeno delle arature di fondo, come del resto logicamente conseguente ai valori di pendenza ed al regime di corrente lenta (con carico energetico contenuto), cui corrispondono rilevanti valori dell'altezza idrica (grandezza alla quale sono direttamente legate, nella formulazione "qualitativa" utilizzata, le potenziali arature).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 53 di 59	Rev. 0

Nella seguente tabella vengono riportati i valori stimati per il diametro limite dei clasti trasportabili dalla corrente, note le Shear Channel (tensioni tangenziali in alveo) in ogni River Station, mediante la formula di Shields descritta nel precedente paragrafo 6.1:

River Station	Shear Chan (N/m ²)	Diametro limite dei clasti trasportabili (m)
RS 8 - LAV-14	60,49	0,07
RS 27.3 - LAV-42	96,57	0,11
RS 27.5 - LAV-44	120,71	0,14

Sulla base delle valutazioni eseguite si evince che, relativamente ai tronchi d'alveo analizzati (nei quale ricadono gli attraversamenti da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo si attestano intorno a valori dell'ordine dei 3,5 m . La corrente, nell'ambito dei tratti fluviali in esame ed in concomitanza dell'evento di piena di progetto, risulta inoltre potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0,15 m .

Essendo note la struttura del fondo alveo e delle aree attraversate, e i livelli stratigrafici di interesse (→ 4), sulla base delle valutazioni condotte, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente fino alla profondità suscettibile di erosione, e già comprendenti i descritti fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura progettualmente imposta per la realizzazione delle opere di attraversamento (→ 3), a cui corrisponde, in ciascuna porzione di esecuzione, un franco ben superiore rispetto alla massima erosione possibile sul fondo dilavato dalla corrente di piena.

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo degli attraversamenti in esame, in considerazione dei risultati delle stime dei fenomeni erosivi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 5.0 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo), progressivamente ridotta a non meno di 2,5 metri in corrispondenza delle aree golenali dal momento che, nel tratto vallivo di interesse, il torrente ha un letto di magra approfondito che annulla la possibilità di esondazione nei periodi di piena ordinari (tempi di ritorno minori di 50 anni) e limita eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'attuale alveo, nell'ambito della regione fluviale.

Detta profondità di posa delle condotta, unitamente alle tipologie di opere di presidio d'alveo previste, garantiscono la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste negli ambiti in questione sono:

- Scogliere in massi ciclopici naturali, da realizzare lungo le sponde dell'alveo del corso d'acqua per tutta la fascia interessata dai lavori (vedi par. 1.2).

Detti interventi assicureranno il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale dell'alveo stesso (presidio idraulico nei confronti dei potenziali fenomeni erosivi in concomitanza ad eventi di piena).

Le opere presentano caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 54 di 59	Rev. 0

naturale esistente.

I lavori di ripristino si completano con la ripresa, stendimento e riprofilatura dello strato superficiale di terreno accantonato, per il ripristino morfologico e vegetazionale dell'intera area. Gli interventi vegetazionali consistono in generale nell'inerbimento dell'area e l'eventuale messa a dimora di vegetazione arbustiva ed arborea costituite da essenze autoctone.

Per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta, si rimanda alla visione dello specifico disegno di attraversamento.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 55 di 59	Rev. 0

7 SINTESI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto del metanodotto Sestri Levante-Recco, costituito da condotta DN 400 (16"), prevede l'attraversamento in sub-alveo del T. Lavagna in tre punti, nel territorio comunale di San Colombano Certenoli, in provincia di Genova. Gli attraversamenti interessano areali corrispondenti a perimetrazione, identificata dagli Enti preposti in materia, pericolosità idraulica; nel dettaglio, il tracciato ricade nell' "alveo attuale" e nella "fascia di riassetto fluviale" del torrente e, ai margini di questa, in aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (fascia A – Pericolosità idraulica molto elevata P_{13}).

Il nuovo metanodotto rientra in un contesto regolamentato dalle direttive europee (da ultimo la Direttiva 2009/73/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 13/07/09 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale), dalla legislazione nazionale (Decreto Legislativo 164/00, legge 239/04 e relativo decreto applicativo Ministero Attività Produttive 28/4/2006) e dalle delibere della "Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico". In generale, nel quadro di questo complesso normativo, si 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, nell'interesse nazionale, attraverso un sistema sicuro, efficiente ed in linea con le più moderne tecnologie costruttive. Nello specifico, il progetto in questione costituisce quindi opera infrastrutturale non vincolata da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico dei corsi d'acqua attraversati non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e che l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali.

Il nuovo gasdotto previsto è finalizzato al potenziamento della rete esistente, mediante realizzazione di una maglia chiusa fra Recco e Sestri Levante, ed è stato progettato in modo da ottimizzare il tracciato planimetrico e il profilo di posa della condotta. L'esperienza raccolta sul territorio provinciale nella precedente costruzione, così come il riscontro delle condizioni di stabilità fino ad oggi manifestatesi, hanno costituito utili riferimenti per la definizione della nuova linea, la cui esecuzione, tuttavia, è prevista mediante l'impiego di tecniche realizzative mirate a maggior efficienza e maggior sicurezza del gasdotto, per tutto il periodo di esercizio stabilito ("vita utile" dell'opera); garantendo così la durabilità del servizio di trasporto verso gli utilizzatori del sistema nello specifico territorio servito.

Gli aspetti generali del progetto qui trattato, con riferimento alla situazione geomorfologica, idrogeologica, pedologica, naturalistica, floristica e faunistica locale, sono stati affrontati in sede di impatto ambientale¹⁵ cui si rimanda per ogni approfondimento del caso

Poiché non è prevista alterazione della morfologia superficiale, lo studio di compatibilità idraulica si riconduce essenzialmente nella stima della profondità minima di posa della tubazione affinché risulti tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo dell'alveo e più in generale nell'"area fluviale", affinché, di conseguenza, siano escluse possibili interazioni con le correnti fluenti e in particolare con la corrente di massima piena. Come esposto, la definizione progettuale degli interventi assicura anche da possibili interferenze con opere programmate o future, mirate a ridurre le condizioni di pericolosità idraulica.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed

¹⁵ Studio di Impatto Ambientale - SIA - doc. n. LA-E-83010

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 56 di 59	Rev. 0

idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto più idonea per la collocazione della tubazione in sub-alveo, mediante scavi a cielo aperto; assegnando le coperture che permettono di escludere ogni interferenza con eventuali fenomeni erosivi correlati ai massimi eventi di portata e che garantiscono l'equilibrio del sistema atteso di forze gravitative e idrauliche. Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle specificità geotecniche del terreno.

In ciascun sito di attraversamento, la ricostituzione spondale è prevista mediante rivestimento in massi, per una lunghezza lungo l'alveo pari a 60 metri in destra ed in sinistra idrografica, estendibile in sponda sinistra di circa 140 metri, in località Piano Casarile / Calvari, allo scopo di proteggere la condotta fra gli attraversamenti #2 e #3, e di circa 20 m in sponda destra per proteggere la spalla del ponte a valle dall'attraversamento #2. Tale accorgimento esecutivo non indurrà variazioni sensibili di permeabilità laterale né mutamenti di scabrezza che possano avere effetto sui parametri idrici delle correnti smaltite, in specie per quanto attiene alla portata di piena.

Le tre sezioni progettualmente definite per gli attraversamenti in sub-alveo del torrente Lavagna all'interno della "area fluviale", sono identificabili rispettivamente a circa 1,8, 7,5 e 7,8 chilometri a monte della confluenza del torrente Sturla. Qui l'alveo del torrente risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree golenali., per una larghezza complessiva di oltre 200 metri. L'alveo di magra ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili da 30 a 50 metri circa e altezza delle sponde pari a circa 4-5 metri; il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, come risulta dai sondaggi eseguiti (vedi par. 4.5), e di vegetazione arbustiva.

Le opere saranno eseguite in modo da non modificare la morfologia delle sponde, da non alterare le caratteristiche geometriche delle sezioni di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. La profondità di posa della tubazione e i potenziali effetti della massima portata al colmo, determinati in base alle modellazioni numeriche, risultano attestare pienamente la compatibilità dell'opera; per cui dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità e non sarà apportata alcuna alterazione che possa avere influenza sulle portate naturalmente fluenti.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- Non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo e nella "area fluviale", quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra permanenti, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.
- Gli interventi in progetto costituiscono opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto le scelte di tracciato seguono percorsi dettati dalla aspra morfologia dei siti attraversati, al fine di minimizzare ogni impatto sul territorio e da sfruttare le conoscenze operative e ambientali acquisite in precedenza.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 57 di 59	Rev. 0

- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo idraulico sussistente e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate in base alla pericolosità idraulica.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto, come riportato al par. 6.5. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti, deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati, la cui ricostituzione è prevista mediante rivestimento in massi; tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del corso d'acqua, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- non si prevede alcuna rilevante variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori; saranno garantite le condizioni di sicurezza durante l'operatività del cantiere, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un aumento del livello di pericolosità idraulica;
- la profondità di esecuzione dell'attraversamento risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo e delle aree di esondazione, indotti dalle portate di massima piena, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza con il flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso e delle aree limitrofe, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico; la posa della tubazione in subalveo è stabilita ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento; le attività di ripristino e di ricostituzione spondale garantiranno il mantenimento delle caratteristiche idrauliche delle sezioni di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83053
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 58 di 59	Rev. 0

deflusso.

- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico, non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni temporaneamente mobilitati allo stato preesistente) non creeranno alcun ostacolo al deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale del corso d'acqua, che possano modificare l'attuale assetto paesaggistico e geomorfologico. 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. Non si darà luogo ad alterazioni di carattere idrogeologico.
- In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI vigente, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83053	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 59 di 59	Rev. 0

APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI

Sondaggio n° **BH 30**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione del sondaggio



Sondaggio n° **BH 30**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **BH 31**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione del sondaggio



Sondaggio n° **BH 31**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)

