

## ONSHORE – BASILICATA – VAL D'AGRI

### SVILUPPO POZZO PERGOLA 1 - ESECUZIONE INGEGNERIA DI FEED

### STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI

Stato di Validità	Numero Rev.	Data	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Approvato EP (se necessario)	Approvato Eni																																																																																										
CD-FE	01	05/08/22	Emissione finale	C. Caccavo	R. Scioscia	S. Romiti																																																																																												
CD-FE	00	26/07/22	Emissione per commenti	C. Caccavo	R. Scioscia	S. Romiti																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Nome e logo Company:</td> <td colspan="2">Nome del Progetto:</td> <td colspan="4">Identificativo documento Company:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">  <b>Eni S.p.A.</b>   </td> <td colspan="2"> <b>Sviluppo pozzo Pergola 1 – Esecuzione Ingegneria di FEED</b>                       Progetto N JA0698                 </td> <td colspan="4"> <b>078521BLRVQ2006</b>                       OdL Interno n° 4310487966                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">Nome e logo Contractor:</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">Identificativo documento Contractor</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4"> <b>21-LA-E-80007</b>                      Contratto n. 4310495307                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">Nome e logo Vendor/Subcontractor</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">Identificativo documento Vendor/Sub.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">  </td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">Ordine/Contratto n.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Nome Impianto: COVA</td> <td colspan="2">Localizzazione: Onshore - Basilicata Val D'agri</td> <td colspan="2">Scala:</td> <td colspan="2">Foglio 1 di 55</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2">SPECIFICA TECNICA</td> <td colspan="4">Supera il N.</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2">STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</td> <td colspan="4">Superato dal N.</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Area d'impianto:</td> <td colspan="2">Unità d'impianto</td> </tr> </table>									Nome e logo Company:			Nome del Progetto:		Identificativo documento Company:				 <b>Eni S.p.A.</b>  			<b>Sviluppo pozzo Pergola 1 – Esecuzione Ingegneria di FEED</b>  Progetto N JA0698		<b>078521BLRVQ2006</b>  OdL Interno n° 4310487966				Nome e logo Contractor:					Identificativo documento Contractor									<b>21-LA-E-80007</b> Contratto n. 4310495307				Nome e logo Vendor/Subcontractor					Identificativo documento Vendor/Sub.									Ordine/Contratto n.				Nome Impianto: COVA			Localizzazione: Onshore - Basilicata Val D'agri		Scala:		Foglio 1 di 55					SPECIFICA TECNICA		Supera il N.							STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI		Superato dal N.									Area d'impianto:		Unità d'impianto	
Nome e logo Company:			Nome del Progetto:		Identificativo documento Company:																																																																																													
 <b>Eni S.p.A.</b>  			<b>Sviluppo pozzo Pergola 1 – Esecuzione Ingegneria di FEED</b>  Progetto N JA0698		<b>078521BLRVQ2006</b>  OdL Interno n° 4310487966																																																																																													
Nome e logo Contractor:					Identificativo documento Contractor																																																																																													
					<b>21-LA-E-80007</b> Contratto n. 4310495307																																																																																													
Nome e logo Vendor/Subcontractor					Identificativo documento Vendor/Sub.																																																																																													
					Ordine/Contratto n.																																																																																													
Nome Impianto: COVA			Localizzazione: Onshore - Basilicata Val D'agri		Scala:		Foglio 1 di 55																																																																																											
			SPECIFICA TECNICA		Supera il N.																																																																																													
			STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI		Superato dal N.																																																																																													
					Area d'impianto:		Unità d'impianto																																																																																											

Software: Microsoft Word

File name: 078521BLRVQ2006\_CDFE01\_55

  	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  2/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

EniProgetti	Verificato da (se richiesto)	Unità	Firma	Data
	Approvato da	Unità	Firma	Data

Eni	Rivisto da	Unità	Firma	Data
	Rivisto da	Unità	Firma	Data
	Rivisto da	Unità	Firma	Data

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  3/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

#### ELENCO REVISIONI

00	Emissione per commenti
01	Emissione finale

#### PUNTI IN SOSPESO


 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  4/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## I N D I C E

<b>1</b>	<b>SCOPO E INFORMAZIONI GENERALI</b>	<b>6</b>
	1.1 INTRODUZIONE	6
	1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	7
	1.3 TERMINI E DEFINIZIONI	8
	1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVE	9
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO DI ATTRAVERSAMENTO</b>	<b>14</b>
	3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	14
	3.2 Descrizione dell'area di intervento	16
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONI IDROLOGICHE</b>	<b>18</b>
	4.1 Generalità	18
	4.2 Considerazioni specifiche preliminari	18
	4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	18
	4.4 Studi PGRA – Modalità di elaborazione per valutazioni idrologiche	20
	4.5 Studi PGRA – Selezione dei risultati di interesse	20
	4.6 Portata di progetto	21
<b>5</b>	<b>STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE</b>	<b>21</b>
	5.1 Presupposti e limiti dello studio	21
	5.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	22
	5.3 Risultati della simulazione idraulica	26
	5.4 Analisi dei risultati conseguiti	38
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONI EROSIONI DI FONDO ALVEO</b>	<b>38</b>
	6.1 Generalità	38
	6.2 Criteri di calcolo	39
	6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi	41
	6.4 Considerazioni sui risultati conseguiti	42
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA E SCELTE COSTRUTTIVE</b>	<b>42</b>
	7.1 Premessa	42
	7.2 Metodologia costruttiva: Microtunnelling	43
	7.3 Configurazione geometrica di progetto	43
	7.4 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	43
<b>8</b>	<b>VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA</b>	<b>44</b>

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  5/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							

8.1	Premessa	44
8.2	Strumenti di pianificazione territoriale	45
8.3	PGRA – Definizione delle aree di pericolosità idraulica	45
8.4	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	46
8.5	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	48
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>50</b>
	<b>APPENDICE I: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO</b>	<b>51</b>

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  6/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## 1 SCOPO E INFORMAZIONI GENERALI

### 1.1 INTRODUZIONE

Il Distretto Meridionale (DIME) è stato istituito a Viggiano a fine 2008 per garantire un migliore raccordo con il territorio e le Istituzioni locali e una maggiore efficienza nella gestione delle attività in campo.

In particolare, il DIME gestisce la rete di raccolta Val d'Agri (RERA) che è stata oggetto di diversi studi volti ad incrementare la produzione degli idrocarburi estratti dai 34 pozzi attualmente attivi.

Detta rete, il cui schema è riportato in Figura 1-1, è costituita da 5 dorsali che raccolgono la produzione dei pozzi di ogni concessione (Grumento Nova, Caldarosa, Caldarosa (ex Costa Molina) e Volturino) ed ha lo scopo di convogliare il fluido idrocarburico contenuto nella Concessione Unificata Val d'Agri nel Centro Olio (COVA), dove viene processato e separato nelle sue componenti principali (olio, acqua e gas).

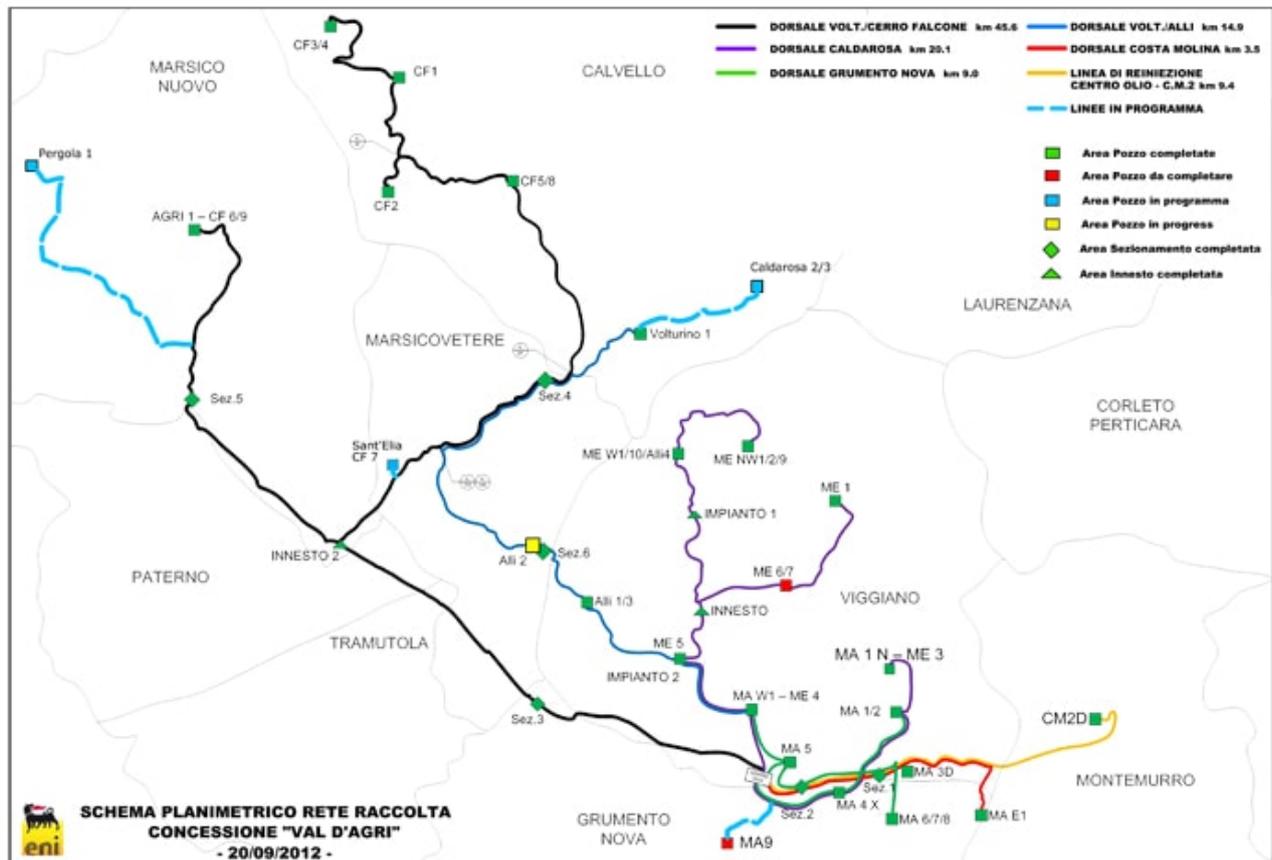


Figura 1-1 Estratto della Rete di Raccolta di interesse

Il progetto è relativo agli interventi che il DIME intende realizzare per la messa in produzione del pozzo denominato "Pergola 1" che è stato realizzato nel territorio comunale di Marsico Nuovo in provincia di Potenza, Regione Basilicata.

Il progetto ha superato la fase di fattibilità e lo Studio di Impatto Ambientale (SIA) è in fase di completamento.

Il progetto prevede le seguenti principali attività:

- L'allestimento a produzione della esistente area pozzo Pergola 1;
- La realizzazione dell'Area Innesto 3;
- La posa di due condotte di collegamento interrato, da 8", per il trasporto dell'olio, dal pozzo Pergola 1 all'Area Innesto 3, per una lunghezza complessiva di circa di 8 km;
- Posa dei cavi di servizio fra Area Pozzo Pergola 1 e Area Innesto 3.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  7/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## 1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il progetto denominato “Sviluppo Pozzo Pergola 1” prevede la posa di due condotte di collegamento interrato, da 8”, per il trasporto dell’olio, dal pozzo Pergola 1 all’Area Innesto 3, per una lunghezza complessiva di circa di 8 km; Il Pozzo Pergola 1, ubicato sulla sommità pianeggiante di un rilievo calcareo ad una quota di circa 1.030 m s.l.m., è profondo 2300 m ed è un pozzo caratterizzabile come “gas condensati”, con un GOR pari a 1216 Sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> che dovrà essere allacciato al RERA esistente. La concessione ricade in un’area dell’Appennino Lucano e interessa, principalmente, l’alto fondovalle del fiume Agri e parte dei rilievi circostanti. Ha un’estensione di circa 525,90 km<sup>2</sup> e passa per 40 vertici rientranti nei fogli no. 199, 200, 210 e 211 della Carta d’Italia IGM in scala 1: 100.000.

Il tracciato delle condotte in progetto si sviluppa integralmente nel territorio comunale di Marsico Nuovo, in provincia di Potenza, regione Basilicata.

**Tabella 1-1 Linee in progetto**

Denominazione	DN (mm)	DP (barg)	Lunghezza (km)
Pozzo Pergola 1 – Area innesto 3 (Linea Principale)	200	110	8,130
Pozzo Pergola 1 – Area innesto 3 (Linea di Riserva)	200	110	8,130

Nell’ambito del progetto di posa delle due condotte è previsto l’attraversamento del Fiume Agri intorno alla progressiva chilometrica KP 7,4, circa 3 km a sud del centro storico di Marsico Nuovo. L’attraversamento in subalveo verrà realizzato in trivellazione con la tecnica esecutiva di posa del “microtunnelling”, inserendo entrambe le condotte in un unico microtunnel (Rif. [29]).

Il corso d’acqua in esame ricade nel territorio di riferimento dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, sede della Basilicata (territorio ex Autorità di Bacino della Basilicata). Le suddette linee in progetto intersecano l’alveo del fiume Agri nel tratto di monte del corso d’acqua, nell’ambito del territorio del comune di Marsico Nuovo, a circa 4 km a valle dell’invaso artificiale di Marsico Nuovo.

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato delle condotte in progetto interferisce con delle aree censite a pericolosità idraulica (fasce inondabili) ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall’ex Autorità di Bacino della Basilicata (Rif. [8]).

Le Norme di Attuazione, ai sensi nell’Art.10, comma 1, consentono la realizzazione di infrastrutture di interesse pubblico, seppur condizionata al parere vincolante da parte della Autorità idraulica competente. In tal senso il presente elaborato costituisce uno specifico Studio di Compatibilità idraulica, redatto ai sensi di quanto previsto nelle Norme di Attuazione (Rif. [9]).

Lo scopo del presente documento è dunque, analizzare le condizioni di compatibilità idraulica dell’opera in progetto nell’ambito specifico d’interferenza con le aree di pericolosità idraulica.

Lo studio è stato redatto in conformità delle disposizioni delle Norme di attuazione del PAI, con particolare riferimento all’art.7 e all’art.10 delle norme stesse (Rif. [9]).

Nella presente relazione vengono inoltre illustrati gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione nell’attraversamento in subalveo del corso d’acqua, con particolare riferimento alla definizione della metodologia operativa, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino e di presidio idraulico.

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza dell’oleodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell’infrastruttura in considerazione dell’aspetto idraulico del corso d’acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  8/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

In tal senso le valutazioni specifiche di cui al presente elaborato sono state condotte in riferimento alle fasi di studio qui di seguito sinteticamente descritte:

- Inquadramento territoriale dell'area d'attraversamento in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche mirate alla stima della portata al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella dell'attraversamento in esame);
- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica ai sensi del PAI.

### 1.3 TERMINI E DEFINIZIONI

#### 1.3.1 Definizioni generali

Termini	Definizioni
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
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)
Trenchless	Tecnologie per lo scavo del terreno, finalizzate alla posa della condotta in sotterraneo, alternative alla trincea (microtunnel, gallerie, trivellazioni sub-verticali realizzate con "Raise borer", Trivellazioni Orizzontali Controllate, ecc.)
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 di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimenti storicamente interessati dal deflusso o attualmente interessati da andamento pluricursale 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

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 9/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

### 1.3.2 Abbreviazioni, Definizioni e Termini Specifici

Acronimo	Descrizione
ASTM	American Society for Testing and Materials
ISO	International Organization for Standardization
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
KP	Progressiva chilometrica
MSL	Livello medio del mare
SI	Sistema internazionale di unità di misura
UTM	Universal Transverse Mercator
RERA	Rete di Raccolta

### 1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVE

I seguenti documenti sono citati nel testo in modo tale che alcuni o tutti i loro contenuti costituiscono requisiti di questo documento. Salvo diversa disposizione, la versione applicabile di questi standard (comprese le relative appendici, emendamenti, supplementi, addendum e revisioni) è l'ultima revisione pubblicata alla data di entrata in vigore del presente documento.

Per i riferimenti datati vale solo l'edizione citata; tuttavia, nuove revisioni/aggiornamenti durante un'attività o un progetto non saranno presi in considerazione a meno che non vi siano impatti associati sulla sicurezza/ambiente.

In caso di conflitto tra la presente norma aziendale e il documento di riferimento, verranno applicati i requisiti più rigorosi.

#### 1.4.1 Leggi e Norme Nazionali e Interregionali

Rif.	Numero del documento	Titolo del documento
[1]	L. n. 349/1986	Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale
[2]	D. Lgs. 03/04/2006, n. 152	Norme in materia ambientale
[3]	D.Lgs. 23/02/2010 n. 49	Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
[4]	R.D. 11/12/1933 n. 1775 e ss.mm.ii.	Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici
[5]	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
[6]	D.Lgs. 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
[7]	D.M. 17/01/2018	Norme tecniche per le costruzioni
[8]	PAI 2015	Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – Aggiornamento 2018
[9]	NTA PAI 2015	Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – Aggiornamento 2015 – Norme Tecniche di Attuazione

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 10/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Rif.	Numero del documento	Titolo del documento
[10]	PGRA R.4.4 2016	Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Aggiornamento 2016

#### 1.4.2 Standard della COMPANY

Rif.	Numero del documento	Titolo del documento
[11]	03516.COS.CNS.STD	Construction and Installation of Onshore Pipeline
[12]	07486.ENG.PLI.PRG	Design Criteria for Buried Pipeline
[13]	28050.ENG.INT.REL	Risk based Identification of potential critical conditions for onshore pipelines integrity management
[14]	28907.ENG.PLI.STD	Carbon Steel Line Pipes for Onshore and Offshore Pipelines
[15]	EN 1594 (2013) - Annex E	Gas supply system – Pipelines for maximum operating pressure over 16bar
[16]	27436.ENG.PLI.DWG	Geometria di un attraversamento con metodologia microtunnel/minitunnel

#### 1.4.3 Standard Internazionali

Rif.	Numero del documento	Titolo del documento
[17]	API 5L	Specification for Line Pipe
[18]	ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries
[19]	ISO 3183	Petroleum And Natural Gas Industries – Steel Pipe for Pipeline Transportation System
[20]	ISO 13623	Petroleum and Natural Gas industries – Pipeline Transportation Systems
[21]	ASCE-ALA	Guidelines for the Design of Buried Steel Pipe' July 2001 with addendum 2005

#### 1.4.4 Studio di Fattibilità Ambientale

Rif.	Numero del documento	Titolo del documento
[22]	AMB_ME_06_369	Studio di fattibilità Ambientale
[23]	Allegato 09 n°2 Fogli	Carta geologica
[24]	Appendice 01 al AMB_ME_06_369	Relazione geologica

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  11/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

#### 1.4.5 Documenti di Progetto

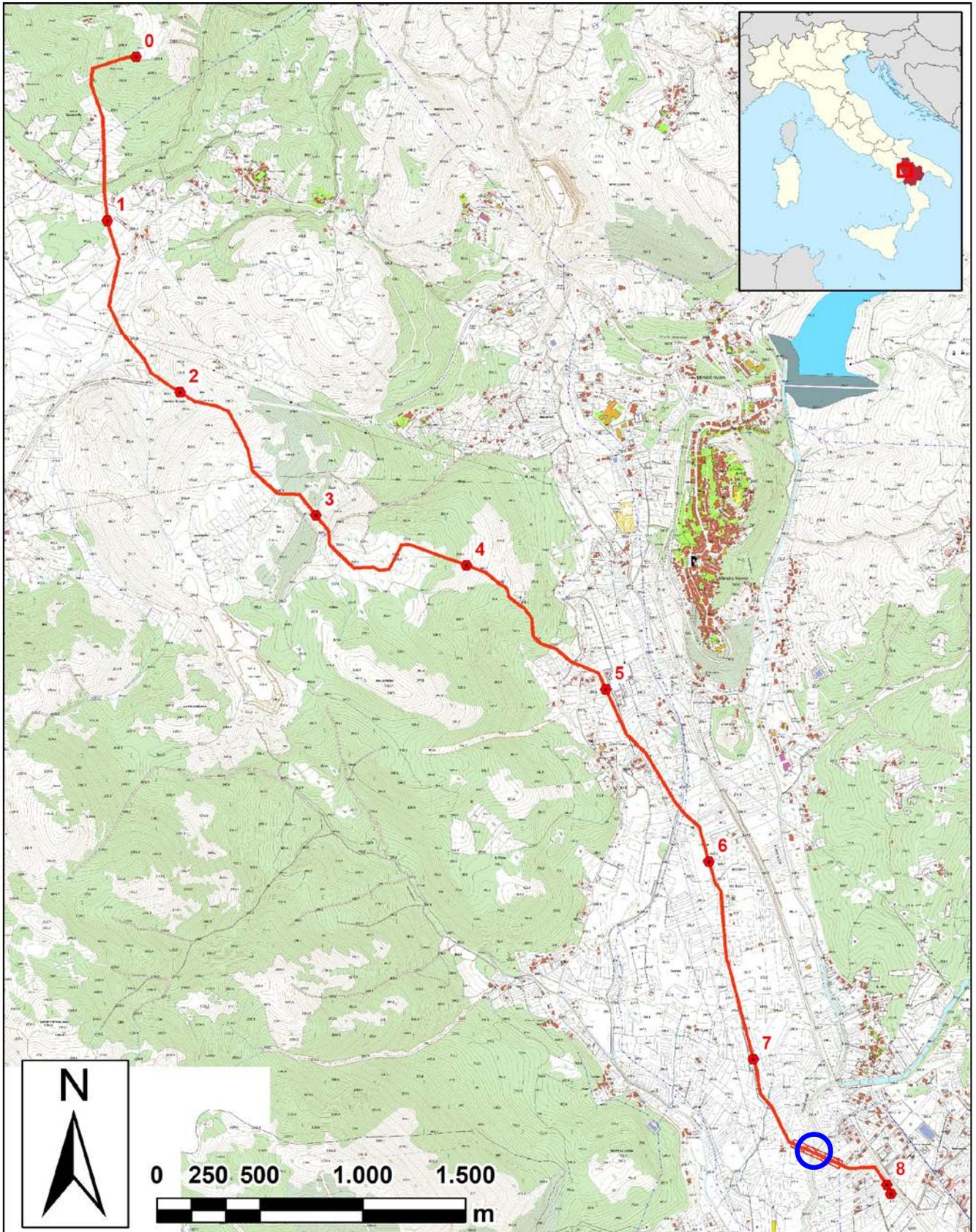
Rif.	No del documento	Titolo del documento
[25]	078521BLRSQ3500	RAPPORTO DEL RILIEVO TOPOGRAFICO LUNGO IL CORRIDOIO DELLA CONDOTTA
[26]	078521BLRSQ3501	RAPPORTO DEL RILIEVO GEOTECNICO LUNGO IL CORRIDOIO DELLA CONDOTTA
[27]	078521BLDNQ2008	PLANIMETRIA CON TRACCIATO DI PROGETTO (SCALA 1:10 000)
[28]	078521BLRVQ2006	STUDIO GEOHAZARD LUNGO IL TRACCIATO DELLA CONDOTTA
[29]	078521BLDNQ2010	DISEGNO DI DETTAGLIO ATTRAVERSAMENTO FIUME AGRÌ
[30]	078521BLDQQ2013	DISEGNO TIPICO - ATTRAVERSAMENTO FIUME AGRÌ
[31]	078521BLRBQ2030	DATI DI PROGETTAZIONE DI BASE PER CONDOTTE A TERRA (BEDD)
[32]	078521BLDNQ2036	ALIGNMENT SHEETS

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'interferenza tra le condotte in progetto con il fiume Agri ricade nel tratto alto del corso d'acqua, a valle dell'invaso artificiale di Marsico Nuovo, nell'ambito del territorio comunale di Marsico Nuovo (PZ).

Al fine di consentire un inquadramento territoriale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (su base di Cartografia Tecnica Regionale), dove il tracciato della condotta in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu. I numeri riportati lungo il tracciato della condotta rappresentano le progressive chilometriche di progetto.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  12/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							



**Figura 2-1 Corografia generale (dalle C.T.R. Regionali)**

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 13/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

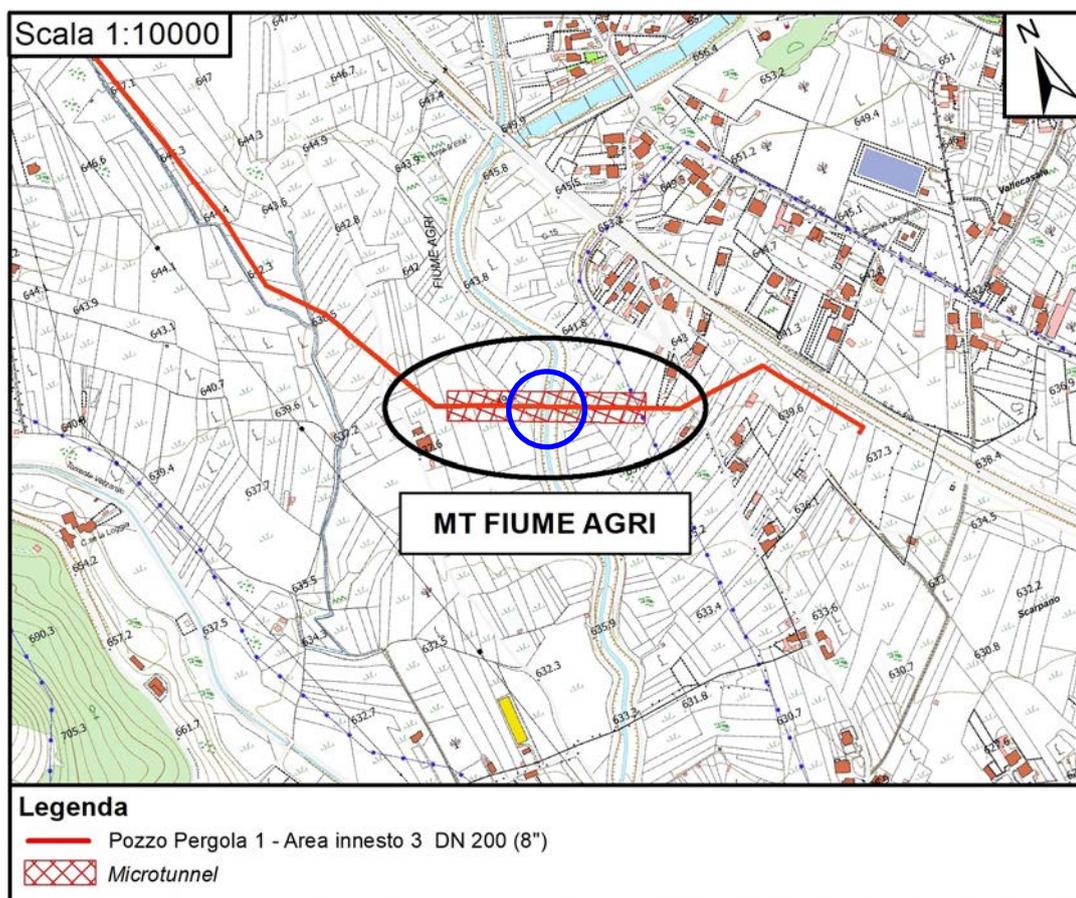
L'attraversamento è ubicato a circa 3 km a sud del centro storico di Marsico Nuovo, non lontano dalle frazioni S. Elia e Vallecasale. Il microtunnel verrà realizzato in direzione circa NO-SE, circa 350 m a sud della confluenza tra il fiume Agri e il torrente S. Elia.

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

**Tabella 2-1 Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua**

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 – UTM Fuso 33: Est /Nord	562816 m E	4471667 m N

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato dell'opera in progetto (linea in rosso) e l'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in blu).



**Figura 2-2 Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)**

La configurazione geometrica dell'attraversamento è stata definita sulla base delle caratteristiche topografiche e geologiche-geomorfologiche dell'area; per i dettagli costruttivi si rimanda agli elaborati grafici di progetto (Rif. [29], Rif. [32]).

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  14/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

### 3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO DI ATTRAVERSAMENTO

#### 3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua

Il bacino del fiume Agri ha una superficie di 1686 kmq e presenta caratteri morfologici prevalentemente montuosi fino all'altezza della dorsale di Stigliano - Le Serre - Serra Corneta, per poi assumere morfologia da collinare a pianeggiante. Nel tratto montano del bacino si apre una depressione in tramontana, tra Marsico Nuovo e Grumento Nova, a quota superiore a 500 m s.l.m.. La quota media del bacino risulta essere di circa 650 m s.l.m., soltanto il 20 % del bacino presenta quota inferiore a 300 m.

L'area pianeggiante di maggiore estensione è situata in prossimità della costa (Piana di Metaponto). Oltre alla piana costiera, altre aree pianeggianti sono presenti nel fondovalle del fiume Agri e nel fondovalle del Torrente Sauro in prossimità delle aste fluviale.

I rilievi montuosi a quota maggiore sono localizzati nel settore occidentale del bacino in corrispondenza dello spartiacque. In sinistra idrografica le cime maggiori sono: Timpa d'Albano (1628), Monte Lama (1588), Serra Calvello (1567), Monte Calvelluzzo (1699), Monte Volturino (1835), Il Monte (1723), Monte Pilato (1580), Monte Caldarosa (1491). In destra idrografica le cime più elevate sono quelle dei rilievi di: M. Mareggio (1576 m), (Serra Giumenta (1518 m) Verro Croce (1672), Serra Croce (1692), Monte Raparo (1764) La Banneria (1703), (Timpa Pomi d'agresti 1436).

Il fiume Agri si origina dalle propaggini occidentali di Serra di Calvello, dove è localizzato il gruppo sorgivo di Capo d'Agri. Il corso d'acqua riceve i contributi di numerose sorgenti alimentate dalle strutture idrogeologiche carbonatiche e calcareo silicee presenti in destra e sinistra idrografica nel settore occidentale del bacino, a monte dell'invaso del Pertusillo. Grazie ai contributi sorgivi nel bacino superiore, il corso d'acqua è dotato di deflussi di magra di una certa entità, con portata di magra di circa 1 mc/s. Nella restante parte del bacino, costituita da terreni impermeabili, i contributi sorgivi al fiume Sinni sono scarsi. A valle dell'invaso del Pertusillo il corso d'acqua riceve il contributo del torrente Armento e del Torrente Sauro in sinistra idrografica e quello del Fosso Racanello in destra idrografica, oltre che di numerosi fossi ed impluvi minori.

La distribuzione delle portate dell'Agri nel corso dell'anno rispecchia l'andamento e la distribuzione delle precipitazioni nel bacino: alle siccità estive corrispondono magre molto accentuate soprattutto nelle sezioni inferiori, dove è minore l'influenza degli apporti sorgivi del bacino montano.

L'alto Agri presenta tronco con pendenza media del 5 %, fino al ponte di Tarangelo, alla chiusura della piana di Tramutola. Dal punto di vista sedimentologico l'alveo è caratterizzato dalla presenza di depositi a granulometria grossolana (ghiaie e blocchi).

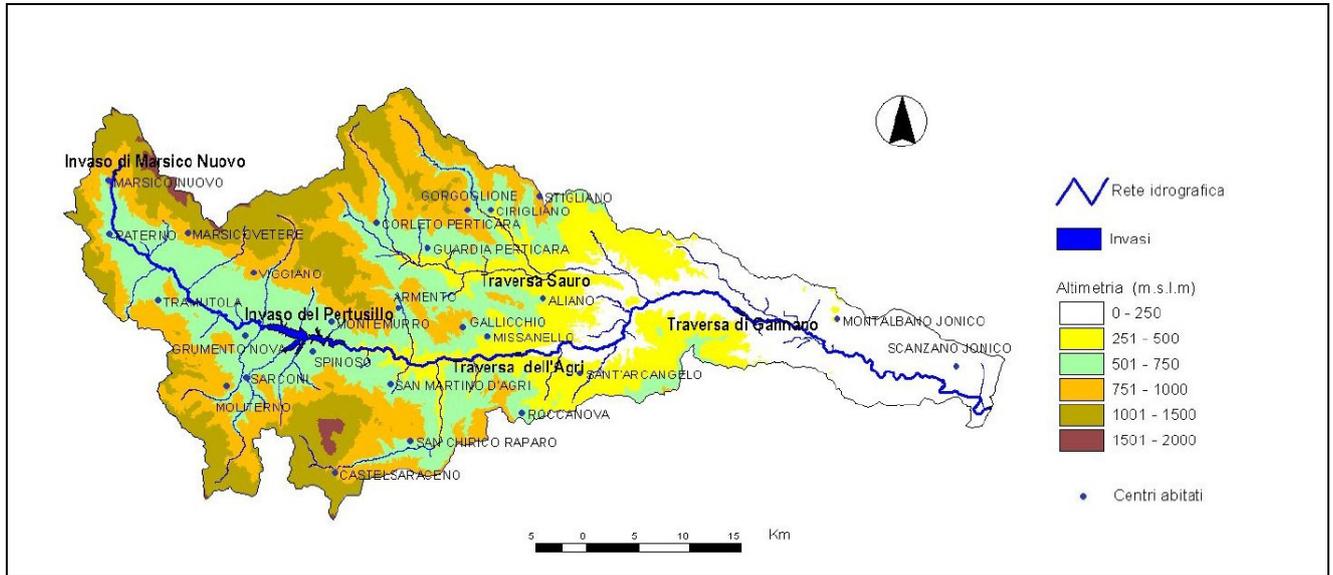
Il secondo tronco dell'Agri (il medio Agri), compreso tra le sezioni di Tarangelo e Monticchio, è caratterizzato da pendenze maggiori, fra il 12 % e l'8 %.

Nel terzo tronco dell'Agri, tra la sezione di Monticchio ed il mare, la pendenza media si riduce e la piana alluvionale del corso d'acqua si amplia notevolmente e finisce col fondersi con la pianura costiera.

I suoi affluenti principali, quali i torrenti Sauro, Armento, Racanello, presentano alvei in genere occupati da depositi alluvionali di considerevole spessore, a granulometria prevalentemente grossolana, ed assumono il tipico aspetto di fiumare. Alla confluenza con l'Agri i torrenti Sauro, Armento, Ravanello, ed altri corsi d'acqua minori, sviluppano apparati di conoide, in genere a granulometria ghiaiosa, soggetti a fenomeni di erosione ad opera delle acque del fiume Agri. Quest'ultimo è pertanto caratterizzato da un trasporto solido molto elevato sia nel tronco medio che inferiore.

Lungo il corso del fiume Agri sono presenti gli invasi di Marsico Nuovo e del Pertusillo (tranco alto) e quello di Gannano nel tronco inferiore.

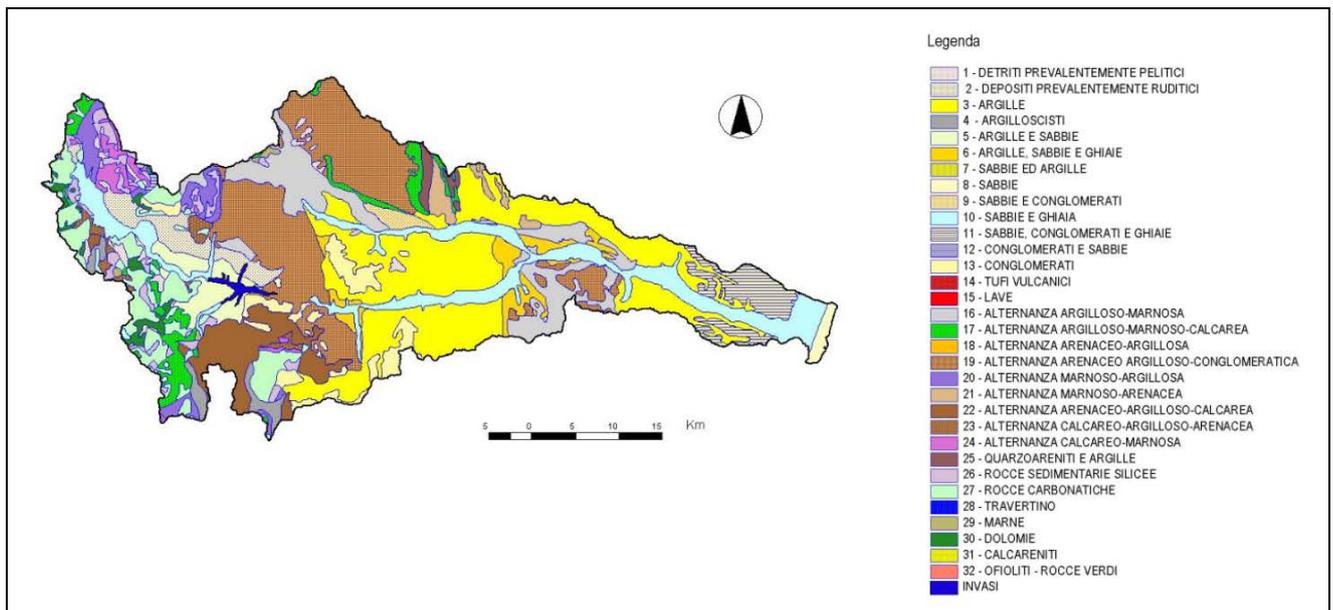
	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  15/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



**Figura 3-1 Bacino complessivo del fiume Agri - Carta altimetrica**

In relazione all'assetto stratifico-strutturale del bacino dell'Agri è possibile distinguere al suo interno tre settori:

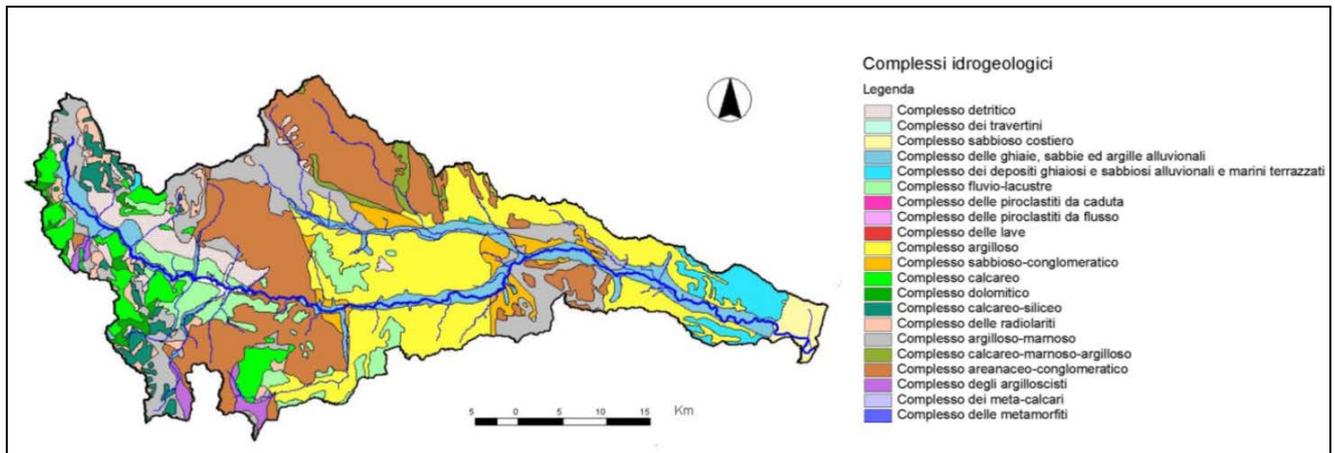
- Settore occidentale che comprende il bacino montano del fiume Agri (di interesse ai fini del presente studio) fino alla confluenza con il torrente Racanello. In quest'area il bacino è delimitato da due fasce di rilievi montuosi separate dal bacino in tramontano dell'alta Val d'Agri;
- Settore centrale del Bacino Agri che include la porzione del bacino dell'Agri compresa tra la confluenza con il torrente Racanello e quella con il torrente Sauro;
- Settore orientale include la porzione di bacino dell'Agri compresa tra la confluenza con il torrente Sauro e la costa.



**Figura 3-2 Bacino complessivo del fiume Agri – Carta Litologica**

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  16/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Per quel che riguarda le caratteristiche idrogeologiche del bacino dell'Agri, l'assetto stratigrafico-strutturale del bacino dell'Agri condiziona l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e l'andamento della circolazione idrica nel sottosuolo. Le successioni stratigrafiche in affioramento possono essere raggruppate in complessi idrogeologici caratterizzati da differente tipo e grado di permeabilità (Rif. [8], [10]).



**Figura 3-3 Bacino complessivo del fiume Agri – Carta dei complessi idrogeologici**

### 3.2 Descrizione dell'area di intervento

L'attraversamento da parte delle condotte in progetto ricade nel tratto alto del corso d'acqua, a circa 4 km a valle dell'invaso artificiale di Marsico Nuovo e a circa 3 km a sud dell'abitato di Marsico Nuovo.

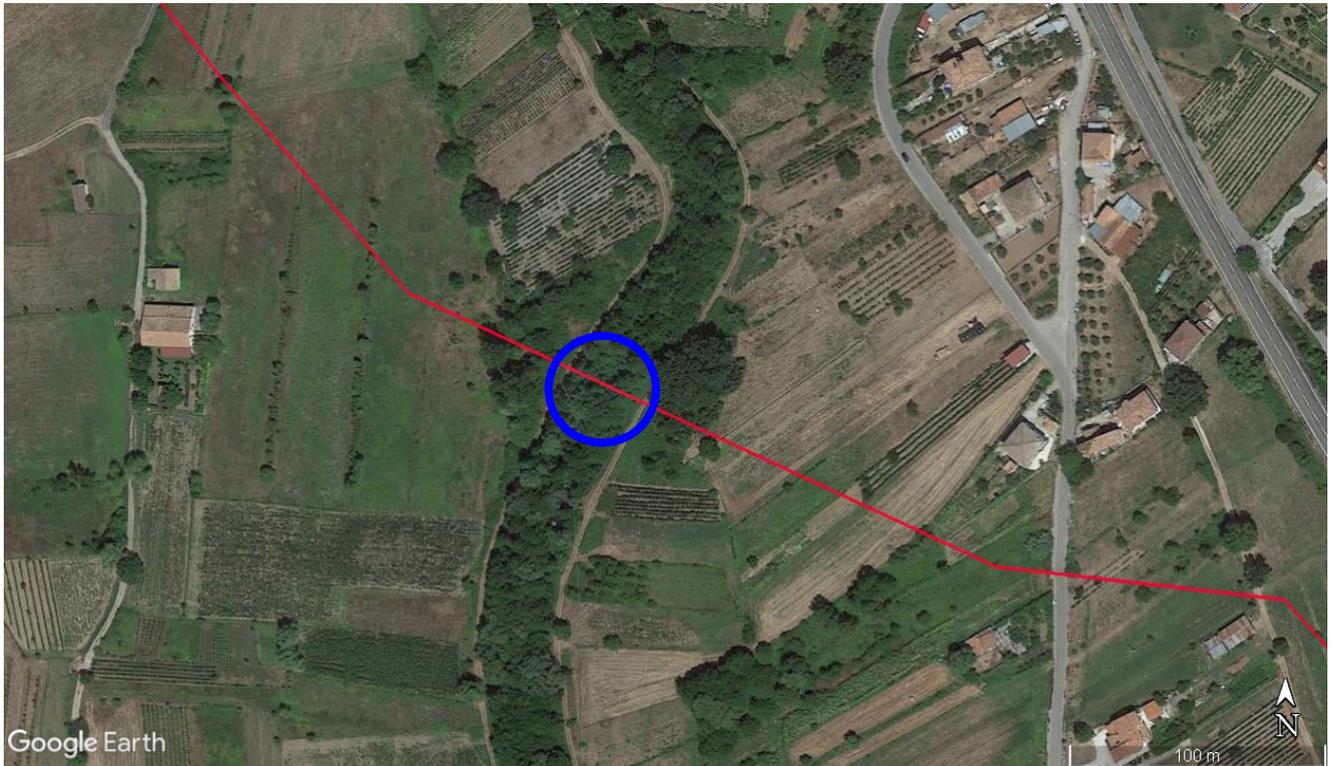
In particolare, esso si trova in un tratto quasi rettilineo del corso d'acqua, posto circa 350 m a sud della confluenza con il torrente S. Elia, interessando i terreni dell'ampia piana alluvionale della Val d'Agri caratterizzata dall'estesa e prevalente presenza di depositi alluvionali rappresentati localmente dai litotipi ghiaiosi ed argillosi del Subsistema di Villa D'Agri.

L'andamento del corso fluviale è generalmente lineare con pochi meandri a basso raggio di curvatura. Il fiume, sbarrato pochi chilometri a monte da una diga in terra che ne governa sostanzialmente il regime idraulico, presenta diverse opere antropiche in alveo, come briglie, muri in cemento armato e gabbionate spondali. Nell'intorno dell'attraversamento, gli argini in terra, di moderata altezza (2-3 m) e pendenza media (30°- 35°), sono coperti da fitta vegetazione, e sono costituiti da terreno vegetale e sedimenti grossolani con presenza di numerosi ciottoli arrotondati. L'alveo attuale, largo da 3 a 4 m circa, non ha pendenza significativa e risulta mediamente inciso. Non si osservano fenomeni erosivi rilevanti.

Nel corso delle campagne geognostiche effettuate, all'interno dei terreni indagati (Rif. [26]), si è rilevata la presenza della superficie piezometrica tra i 12/13 metri di profondità dal piano campagna. Tuttavia, si evidenzia che, date le caratteristiche di buona permeabilità dei litotipi rinvenuti durante l'esecuzione dei sondaggi (ghiaie sabbiose/argillose), il livello di falda è da ritenersi strettamente connesso con il regime idrico del fiume e con le sue fluttuazioni stagionali. Pertanto, non è da escludere l'eventuale presenza d'acqua durante l'esecuzione dei lavori.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra l'opera in progetto (linea in rosso) ed il corso d'acqua.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 17/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							



**Figura 3-4 Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da Google Earth)**

Nella figura seguente è infine riportata una foto relativa all'ambito di attraversamento in esame del corso d'acqua (scattata nel punto di attraversamento).



**Figura 3-5 Foto ambito di attraversamento del corso d'acqua**

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  18/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

## 4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

### 4.1 Generalità

Lo studio idrologico in generale assume la finalità di determinazione delle portate al colmo di piena e/o degli idrogrammi di piena di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio ed in funzione di associati tempi di ritorno.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi-Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

### 4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Il fiume in Agri, ricadente nel territorio di competenza dell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, rappresenta uno dei corsi d'acqua di rilievo per il quale l'Autorità di Bacino, nell'ambito del Piano Stralcio di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ha proceduto ad effettuare specifiche valutazioni idrologiche ed idrauliche con lo scopo di individuare e censire le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Pertanto, in ragione di quanto evidenziato, per le valutazioni idrologiche nella sezione in esame, ci si riferisce esplicitamente agli "studi ufficiali" prodotti dall'Autorità di Bacino (Rif. [10]), per i quali qui di seguito si riporta una descrizione delle metodologie di elaborazione e la selezione dei risultati di interesse.

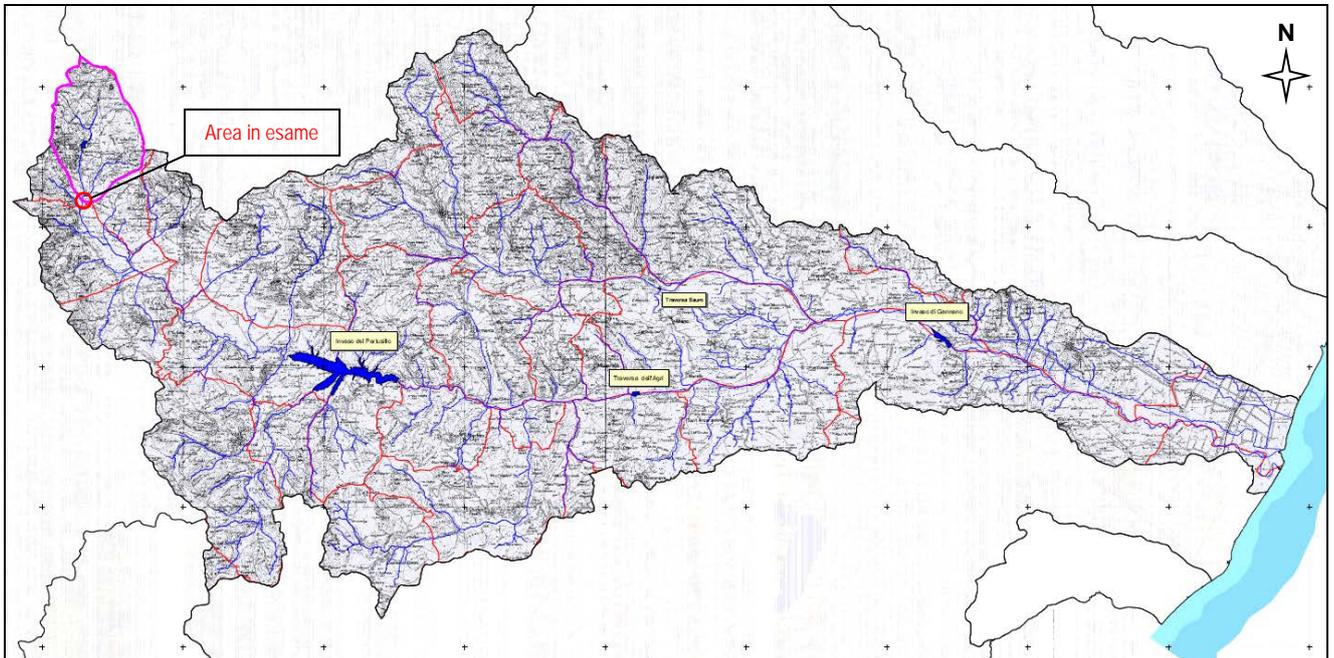
### 4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Il bacino del fiume Agri (sup. circa 1700 kmq) è incluso totalmente nel territorio della Regione Basilicata.

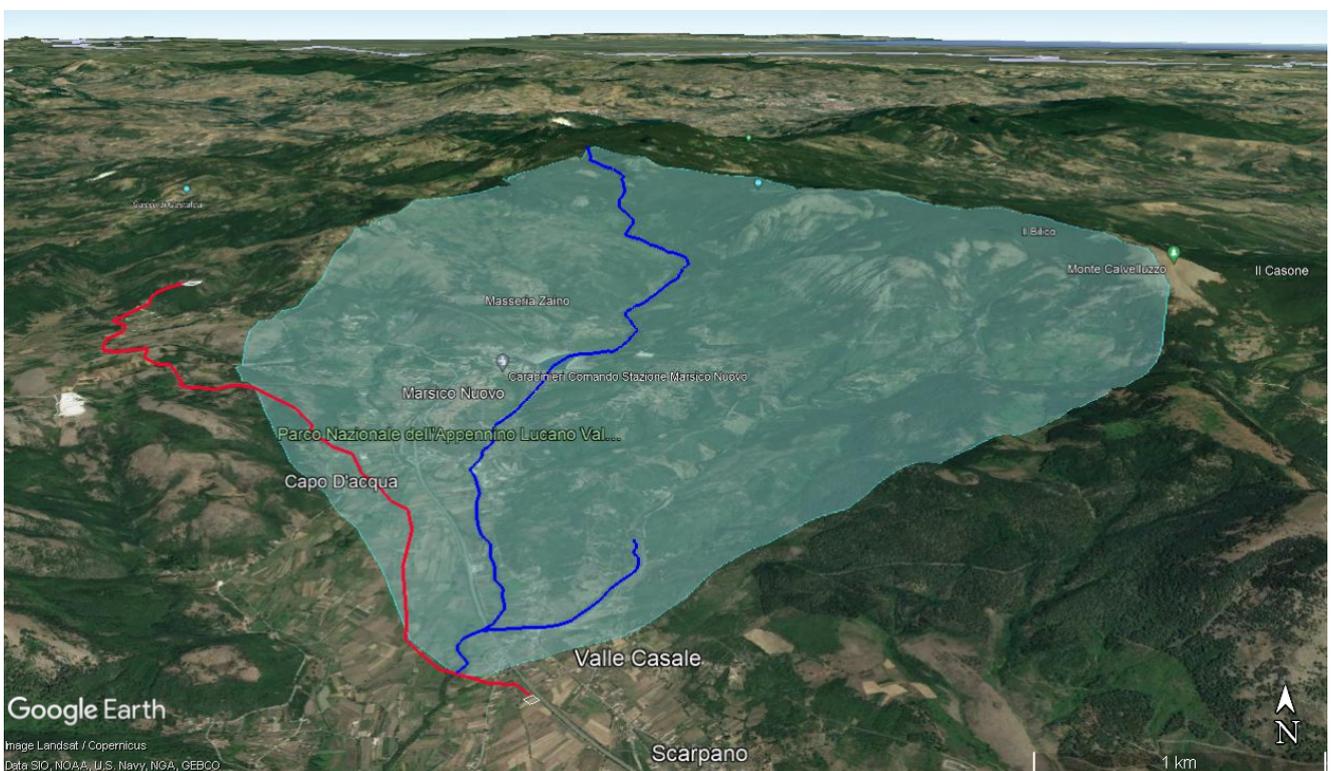
Si assume come sezione di studio quella di attraversamento del fiume da parte della linea in progetto, la quale ricade nel tratto alto dello sviluppo del corso d'acqua, in territorio comunale di Marsico Nuovo (a circa 4 km dalla traversa di sbarramento dell'omonimo invaso).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dagli elaborati del PAI della Regione Basilicata (tav\_C\_04), con la delimitazione in magenta del bacino sotteso dalla sezione di studio e con indicazione del reticolo idrografico principale del fiume Agri.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 19/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



**Figura 4-1 Bacino imbrifero del fiume Atri e bacino sotteso dalla sezione di studio**



**Figura 4-2 Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio (immagine 3D su base satellitare). La linea rossa rappresenta l'opera in progetto, le linee blu le aste fluviali significative**

Nella tabella seguente sono riportati i parametri morfometrici del bacino sotteso dalla sezione di studio (sezione di attraversamento).

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  20/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

**Tabella 4-1 Parametri morfometrici**

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max del Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Fiume Agri - Sez. Attraversamento	45	11.5	1691	1080	636.7

#### 4.4 Studi PGRA – Modalità di elaborazione per valutazioni idrologiche

Nell'ambito della redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, lo studio idrologico utilizzato per valutare il rischio di piena in una sezione qualsiasi del reticolo idrografico del bacino è basato sui risultati e le metodologie dell'indagine VAPI (VALutazione delle Piene) già effettuata in Basilicata, Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico) a cura di P. Claps e M. Fiorentino.

Tale metodologia fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di analisi regionale che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici. Si fa poi riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. La metodologia appena descritta è basata su analisi a scala regionale che tendono a trascurare la presenza di eventuali anomalie locali.

In analisi e studi locali, a scala di bacino, l'elaborazione di tali anomalie può rivestire carattere essenziale ai fini della corretta valutazione della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate di piena: in tutti questi casi potrebbero rendersi necessarie indagini idrologiche ad hoc. A tal proposito va evidenziato che fattori decisivi nella definizione della distribuzione di probabilità delle piene sono quelli climatici "caratteristici", cioè medi, dei bacini, in aggiunta a quelli geopedologici e di uso del suolo. I primi risultano attivi nel definire il numero medio annuo di piogge intense e la "resa" delle sollecitazioni in termini di numero medio annuo di piene. I fattori d'uso del suolo e geopedologici concorrono essenzialmente a determinare la "resa" delle piogge intense in termini di valore medio e numero delle piene.

Nel caso di bacini in cui sono presenti uno o più manufatti che provocano squilibri sul regime naturale delle portate di piena, occorrerà valutarne l'effetto con modelli di simulazione del comportamento idrologico/idraulico delle opere stesse. A seguito dei risultati ottenuti da tali studi si potrà effettuare una modellazione più raffinata fino ad addivenire ad una simulazione fisico-matematica completa dell'effettivo comportamento idraulico dei manufatti durante gli eventi di piena presi a riferimento.

#### 4.5 Studi PGRA – Selezione dei risultati di interesse

La valutazione delle fasce di pertinenza fluviale con assegnata probabilità di accadimento (o tempo di ritorno "T" - vedi DPCM 29/09/1998), è stata effettuata, come già detto, considerando portate al colmo di piena determinate secondo la metodologia "Analisi di frequenza delle portate al colmo di piena" VAPI Valutazione delle Piene in Italia GNDICI-CNR.

La rappresentazione geometrica dell'asta montana del fiume Agri dalla diga di Marsico Nuovo a Tramutola, (per una lunghezza di circa 12.5 km) è stata effettuata sulla base di 38 sezioni di calcolo rilevate topograficamente, che includono tutte le opere rilevate di sistemazione idraulica e 6 attraversamenti.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  21/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Sulla base delle portate calcolate in corrispondenza delle diverse sezioni sono state definite le condizioni al contorno lungo l'asta fluviale. Nella Tabella seguente sono indicati i valori delle portate utilizzate nei vari tronchi, rispettivamente per  $Tr=30$ ,  $Tr=200$  e  $Tr=500$  anni.

Come condizioni al contorno di valle è stato considerato un livello idrico noto per ogni tempo di ritorno.

**Tabella 4-2 Portate di piena del fiume Agri calcolate con la metodologia VAPI utilizzate in fase di simulazione idrodinamica nel tratto tra la Diga di Marsico Nuovo fino a Tramutola**

Tronchi fluviali e relative portate			
Simulazione tratto dalla diga di Marsico Nuovo fino a Tramutola			
	$Q_{Tr=30}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{Tr=200}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{Tr=500}$ ( $m^3/s$ )
dalla prima sezione alla c/da S. Elia (sez. 1 – 16)	<b>74</b>	<b>114</b>	<b>133</b>
da c/da S. Elia a monte del ponte delle Chianghe (sez. 17 – 21)	<b>102</b>	<b>158</b>	<b>185</b>
da monte del ponte delle Chianghe a monte del T. Molinara (sez. 22 – 30)	<b>120</b>	<b>186</b>	<b>217</b>
da monte del T. Molinara a valle del T. Molinara (sez. 31 – 33)	<b>166</b>	<b>257</b>	<b>300</b>
da valle del T. Molinara a monte del Torrente Alli (sez. 35 – 38)	<b>242</b>	<b>373</b>	<b>436</b>

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 dell'attraversamento, 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.

#### 4.6 Portata di progetto

Conformemente a quanto previsto in normativa, si adotta come portata di progetto, per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente, quella associata ad un tempo di ritorno pari a 200 anni (si veda la tabella qui di seguito riportata).

**Tabella 4-3 Portata di progetto - tabella riepilogativa**

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
Sezione Idrologica		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
F. Agri	Sez. di studio	45	114	2.53

## 5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

### 5.1 Presupposti e limiti dello studio

Nel presente capitolo sono descritte le procedure operative ed i risultati delle analisi condotte per la verifica delle condizioni idrauliche del deflusso di piena del corso d'acqua nel tronco oggetto dell'intervento. In particolare, nello specifico si è deciso di svolgere l'analisi idraulica, attraverso una modellazione in moto permanente in un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo dell'ambito di attraversamento della condotta.

Lo studio è finalizzato alle seguenti determinazioni:

- stima ed analisi dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena, in corrispondenza delle sezioni interessate dalle opere in progetto;
- valutazione dei potenziali fenomeni erosivi del fondo alveo e degli approfondimenti, che possono verificarsi in concomitanza di eventi di piena eccezionale nell'ambito di attraversamento; ciò con lo scopo di determinare i valori di copertura in alveo della condotta che assicurino gli adeguati margini di sicurezza nei confronti dei processi erosivi del letto fluviale, relativamente a tutta la vita utile dell'opera.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  22/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Come esposto nel capitolo precedente, lo studio idraulico è effettuato sulla base della portata al colmo corrispondente al tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni (al quale si associa la probabilità di non superamento del 99.5%). Tale valore è utilizzato per la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che devono dimostrarsi limitati entro condizioni compatibili con le opere di ripristino previste, al fine di assicurare la sussistenza di condizioni di stabilità per la condotta e l'assenza di eventuali interferenze tra questa ed i fenomeni associati al deflusso di piena.

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 del corso d'acqua;
- l'assetto idrografico del corso d'acqua è rappresentato mediante sezione delle trasversali all'alveo;
- lo studio è essenzialmente incentrato sugli effetti del massimo valore di livello idrico raggiunto durante gli eventi di piena ed ai corrispondenti regimi di velocità.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS (versione 5.0.7), e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

In *Appendice 1* della presente relazione viene descritta, con dettaglio, la metodologia di calcolo utilizzata.

Infine, si ritiene opportuno evidenziare che lo studio risulta pertinente sia all'attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione delle condotte, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

## 5.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento delle condotte, per uno sviluppo complessivo di circa 600 m.

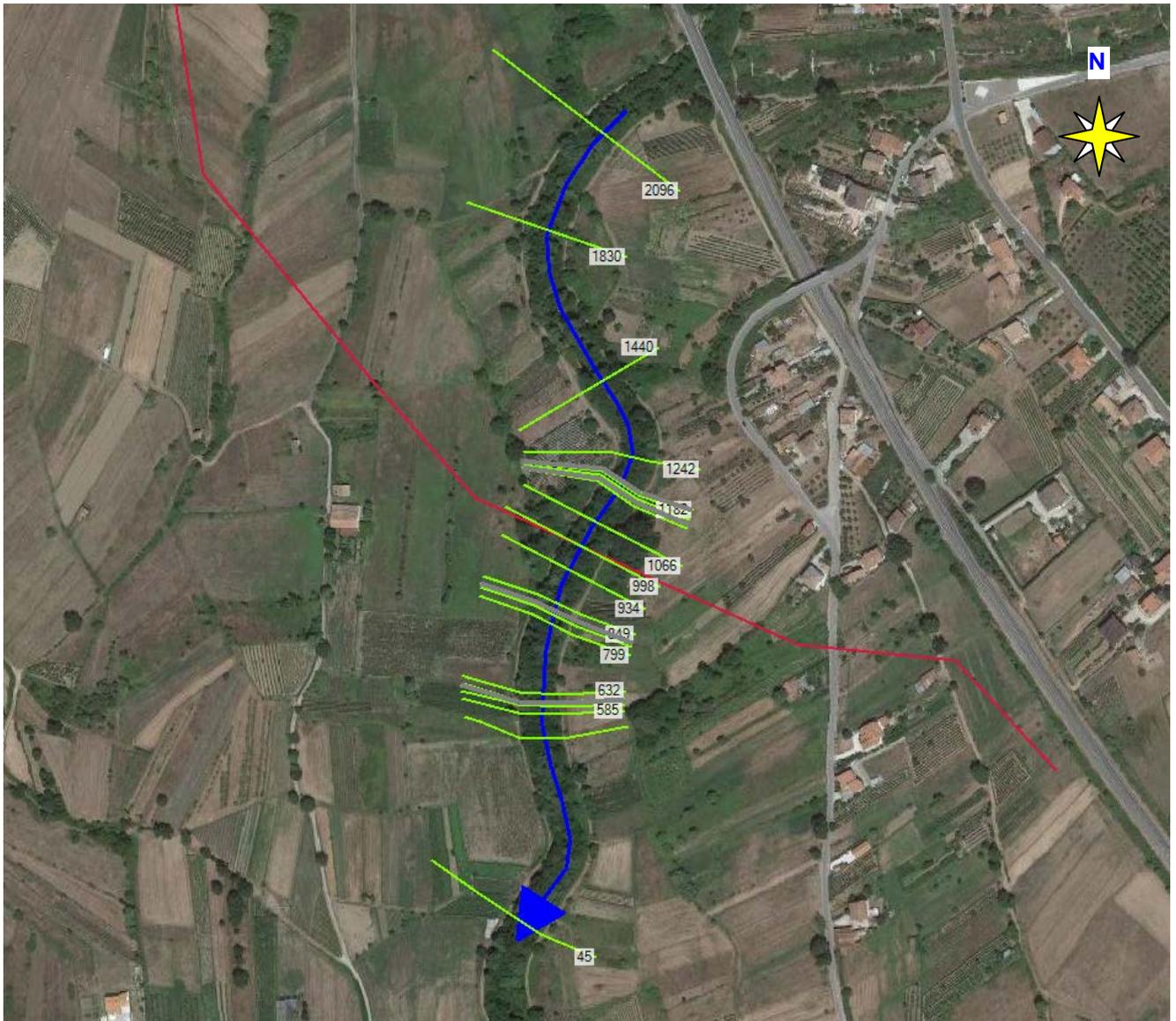
I dati geometrici di base derivano da un rilievo topografico appositamente eseguito per la progettazione dell'attraversamento in esame nel giugno 2022, integrativo ai dati territoriali estratti dal modello digitale del terreno della Regione Basilicata (DTM), che ha consentito la definizione di dettaglio delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle sponde lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

La configurazione d'alveo così individuata risulta pertinente sia all'attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni apprezzabili tali da modificarne il deflusso della corrente.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico (su immagine satellitare) nel quale l'asta del corso d'acqua è indicata in colore blu, le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in verde ed infine il tracciato del metanodotto in progetto è riportato tramite una linea di colore rosso.

La sezione Sez.1 (RS2096) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione Sez.22 (RS 45) rappresenta la sezione idraulica di valle.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 23/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							



**Figura 5-1 Foto aerea del tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input**

Invece nella successiva tabella vengono riportate le denominazioni delle sezioni di input nella modellazione idraulica (con la corrispondenza con le sezioni del rilievo), nonché vengono indicate le progressive metriche lungo l'asta fluviale e le distanze reciproche tra le sezioni.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  24/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

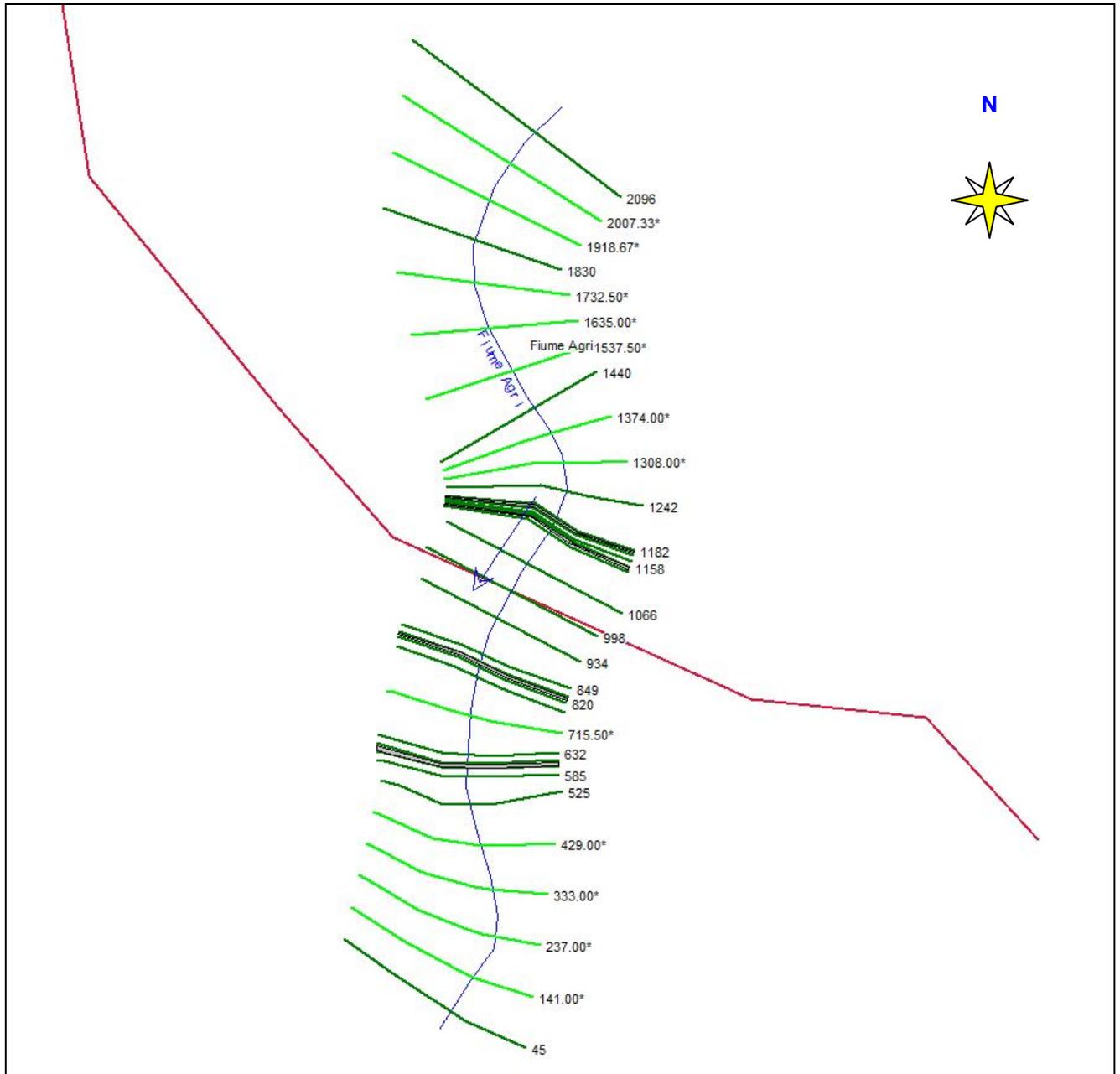
**Tabella 5-1 Quadro geometrico generale della modellazione**

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA Channel (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS 2096	Sez.1	0	81.2	<i>Sezione di monte</i>
RS 1830	Sez.2	81.2	118.8	
RS 1440	Sez.3	200.0	60.3	
RS 1242	Sez.4	260.3	18.4	
RS 1182	Sez.5	278.7	2.9	
RS 1178				<i>Inline Structure (briglia 1)</i>
RS 1173	Sez.6	281.6	2.6	
RS 1164	Sez.7	284.2	1.9	
RS 1158	Sez.8	286.1	3.4	
RS 1152				<i>Inline Structure (briglia 2)</i>
RS 1147	Sez.9	289.5	24.7	
RS 1066	Sez.10	314.2	20.6	
<b>RS 998</b>	<b>Sez.11</b>	334.8	19.5	<i>Ambito attraversamento</i>
RS 934	Sez.12	354.3	25.7	
RS 849	Sez.13	380.0	4.8	
RS 834	Sez.14	384.8	4.1	
RS 826				<i>Inline Structure (briglia 3)</i>
RS 820	Sez.15	388.9	6.4	
RS 799	Sez.16	395.3	50.9	
RS 632	Sez.17	446.2	5.6	
RS 614	Sez.18	451.8	3.3	
RS 610				<i>Inline Structure (briglia 4)</i>
RS 603	Sez.19	455.1	5.5	
RS 585	Sez.20	460.6	18.2	
RS 525	Sez.21	478.8	146.6	
RS 45	Sez.22	625.4	0	<i>Sezione di valle</i>

In aggiunta, si pone in evidenza, che per ottenere una migliore modellazione numerica nell'elaborazione di calcolo sono utilizzate anche una serie di "sezioni intermedie", le quali sono individuate in maniera automatizzata dal programma mediante interpolazione lineare tra le sezioni di input immediatamente a monte ed a valle.

Nella figura seguente si riporta lo schema planimetrico di input geometrico utilizzato per la modellazione idraulica, dove le sezioni in verde scuro sono di input da rilievo, mentre quelle in verde chiaro sono state ricavate per interpolazione dal programma.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 25/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							



**Figura 5-2 Modellazione geometrica in HEC-RAS (RS 2096 a monte e RS 45 a valle)**

Dati di Input e condizioni al contorno

Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'evento di piena associato ad un tempo di ritorno di 200 anni, per il quale (in riferimento alle valutazioni idrologiche di cui al capitolo precedente) è stata valutata una portata al colmo di piena  $Q$  pari a:

- $Q_{200} = 114 \text{ mc/s}$

Il valore di portata è stato mantenuto costante per tutto il tronco d'alveo in esame nella modellazione idraulica. Inoltre, la portata è stata mantenuta costante nel tempo, in conformità ad una delle ipotesi del moto permanente.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  26/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte (RS 2096) e a valle (RS45), in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni alle estremità del tronco in esame.

Le quattro briglie presenti nel tratto studiato sono inserite a modello come "Inline Structure". A tal fine, oltre alla ricostruzione geometrica del manufatto, vengono introdotte due sezioni di calcolo immediatamente a monte e a valle della struttura, ove si concentrano le accelerazioni e le contrazioni di flusso.

Per evitare che la monodimensionalità del modello produca risultati non rappresentativi della realtà, lungo gli argini sono introdotti a modello i "Levees", atti a definire i punti delle sezioni trasversali entro cui il programma di calcolo può delimitare la presenza d'acqua (superficie del pelo libero inferiore all'ordinata dei punti stessi), affinché non vengano occupate aree a quota inferiore esterne alla sede naturale della corrente; tale delimitazione è utile anche ai fini di calcolo del livello della linea dell'energia. Il "Levee", simulato come una barriera verticale, impedisce quindi all'acqua di andare oltre i limiti fissati fintato che non viene sormontato.

Per quanto concerne il coefficiente d'attrito si è fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", i cui valori caratteristici, assunti costanti per l'intero tronco di analisi e sono:

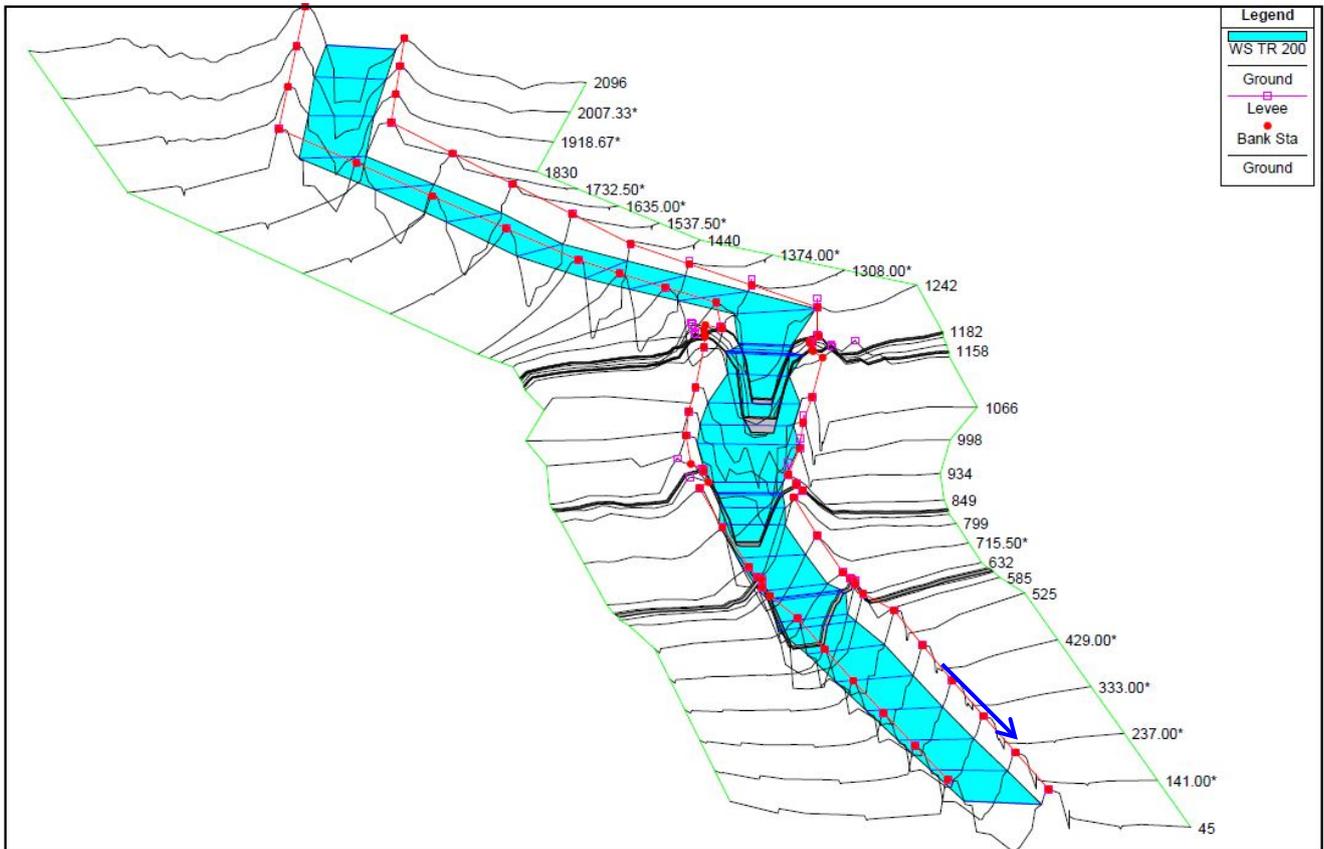
- 0,033 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,040 per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB);

### 5.3 Risultati della simulazione idraulica

Nel presente paragrafo si riportano alcuni grafici e tabelle che consentono una più rapida visualizzazione dell'output dell'elaborazione.

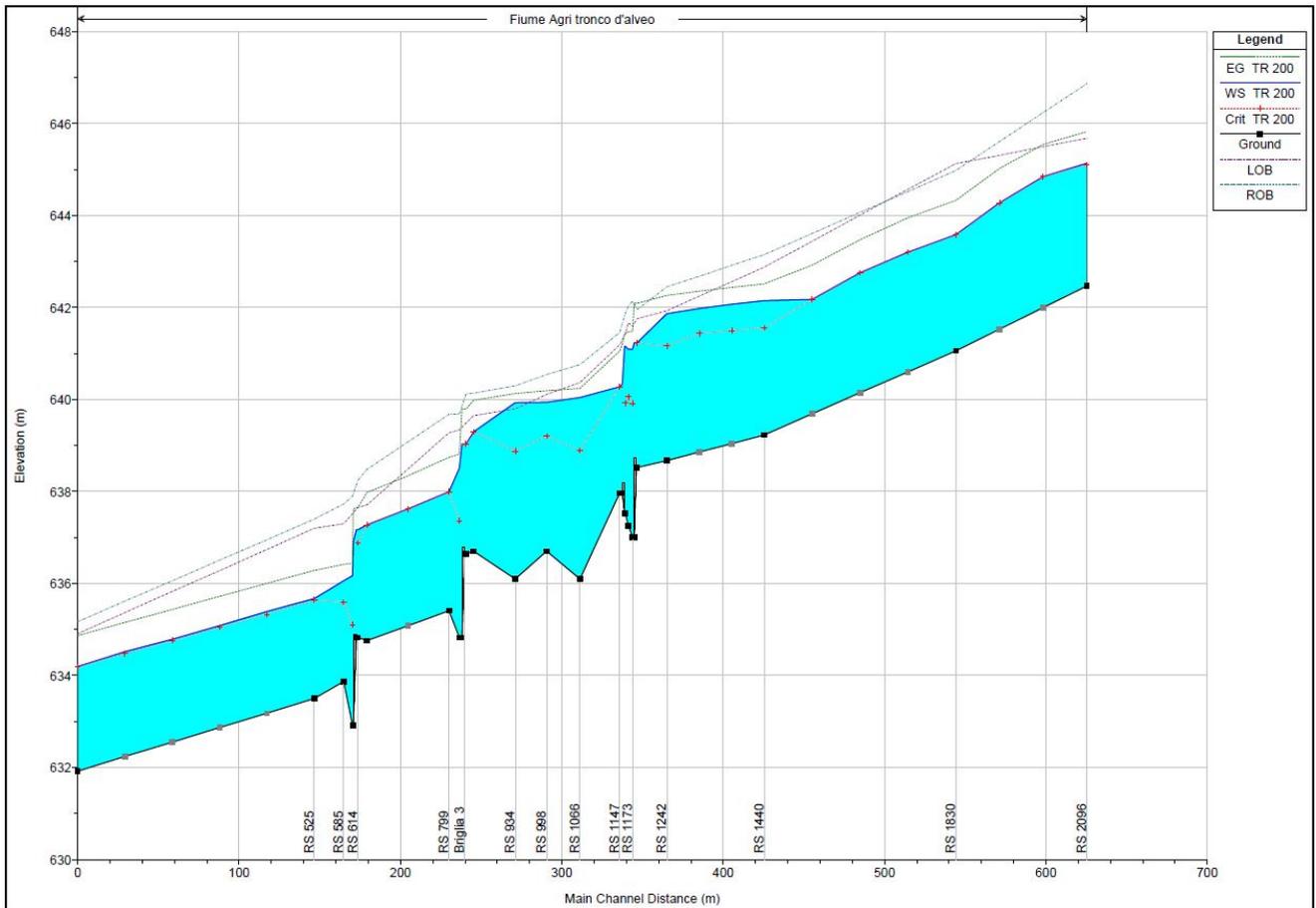
Al fine di fornire un inquadramento visivo generale sull'assetto geometrico, sull'ubicazione delle sezioni di studio e sui risultati conseguiti, qui di seguito si riporta una visione prospettica dell'output di elaborazione ed il profilo longitudinale.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  27/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							



**Figura 5-3 Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS 2096: monte / RS 45: valle)**

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  28/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



**Figura 5-4 Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS 2096: monte / RS 45: valle)**

Qui di seguito è riportata la tabella riepilogativa dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica, relativa alle varie sezioni di calcolo.

Nella tabella di "output", i parametri riportati 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: Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea dell'energia);
- 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;
- Hydr Depth C: Altezza liquida media nel canale principale dell'alveo;
- Shear Chnl: Tensione di attrito nel canale principale dell'alveo;
- Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale dell'alveo;

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 29/55	
					Stato di validità	Rev. N°		
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>		
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>				05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ								

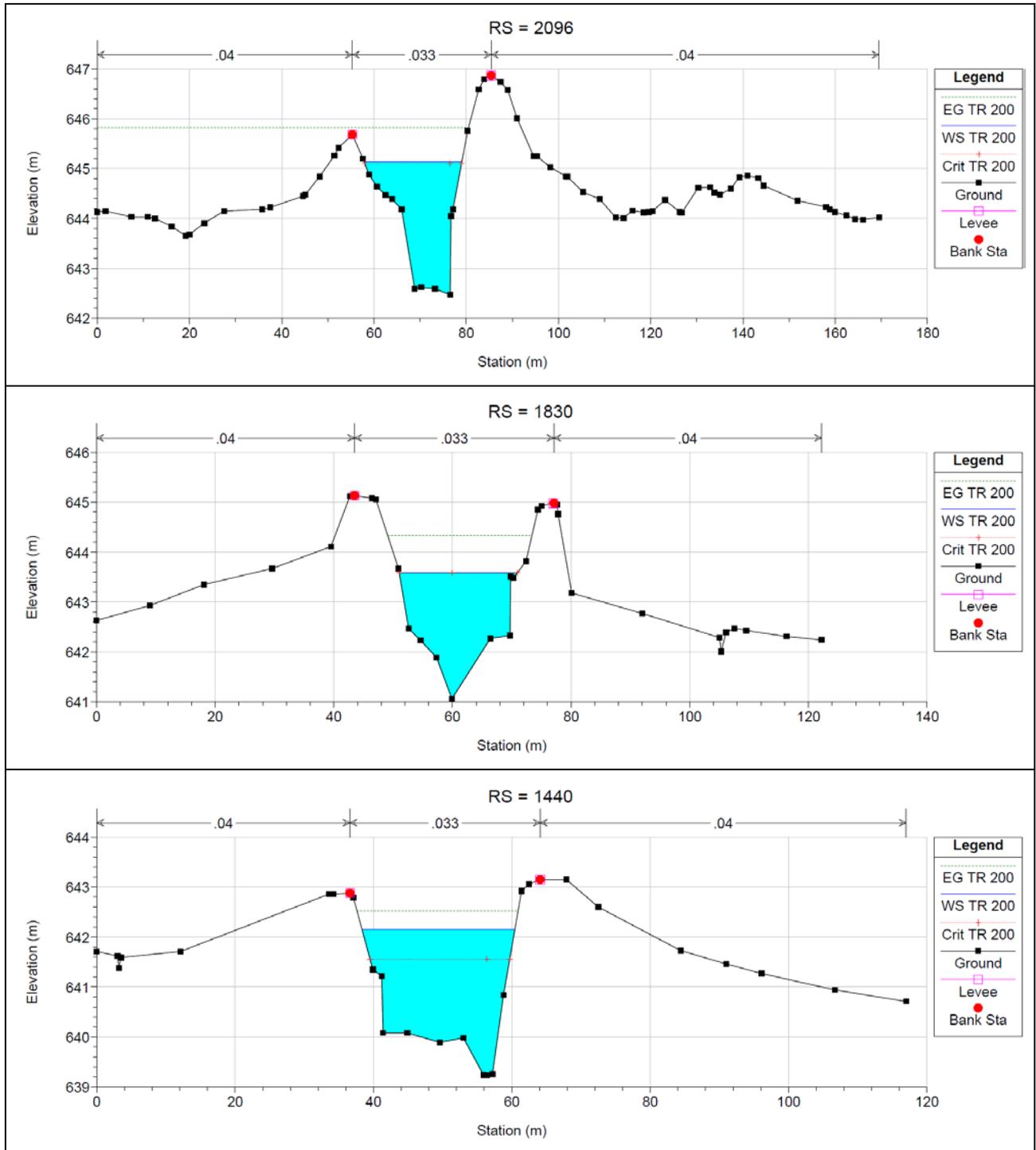
**Tabella 5-2 Tabella Riepilogativa generale di Output**

River	Q	Min Ch	W.S.	Crit	E.G.	E.G.	Vel	Flow	Top	Hydr	Shear	Froude
Station	Total	Elev	Elev	W.S.	Elev	Slope	Chnl	Area	Width	Depth C	Chan	Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)	(N/m2)	
2096	114	642.47	645.14	645.1	645.83	0.010047	3.67	31.02	21.18	1.46	131.12	0.97
2007.33*	114	642	644.85	644.85	645.55	0.01029	3.71	30.75	21.66	1.42	133.66	0.99
1918.67*	114	641.53	644.28	644.28	645.03	0.010189	3.82	29.8	19.76	1.51	139.72	0.99
1830	114	641.06	643.59	643.59	644.33	0.010383	3.82	29.82	19.93	1.5	140.23	1
1732.50*	114	640.6	643.2	643.2	643.95	0.010076	3.83	29.74	19.64	1.51	139.76	0.99
1635.00*	114	640.15	642.76	642.76	643.47	0.010028	3.75	30.38	20.93	1.45	135.2	0.99
1537.50*	114	639.69	642.18	642.18	642.92	0.010247	3.82	29.81	19.92	1.5	139.89	1
1440	114	639.23	642.15	641.56	642.52	0.003725	2.68	42.59	22.09	1.93	63.6	0.62
1374.00*	114	639.04	642.07	641.5	642.44	0.00386	2.69	42.43	22.92	1.85	64.54	0.63
1308.00*	114	638.86	641.98	641.44	642.36	0.004175	2.72	41.94	23.82	1.76	66.97	0.65
1242	114	638.67	641.87	641.16	642.26	0.004828	2.79	40.9	24.86	1.64	72.12	0.69
1182	114	638.52	641.24	641.24	642.09	0.009937	4.1	27.8	16.11	1.73	154.13	1
1178	Inl Struct											
1173	114	637.01	641.1	639.92	641.48	0.003153	2.76	41.33	16.88	2.45	63.82	0.56
1164	114	637.26	641.1	640.06	641.47	0.003426	2.71	42.07	19.63	2.14	63.44	0.59
1158	114	637.53	641.16	639.92	641.44	0.002491	2.34	48.67	23.12	2.1	47.08	0.52
1152	Inl Struct											
1147	114	637.97	640.28	640.28	641.06	0.009628	3.9	29.21	18.52	1.58	141.99	0.99
1066	114	636.1	640.04	638.89	640.24	0.001893	1.97	57.76	27.49	2.1	34	0.43
998	114	636.7	639.94	639.21	640.19	0.002709	2.22	51.47	27.77	1.85	44.22	0.52
934	114	636.1	639.93	638.88	640.13	0.001956	1.96	58.02	30.47	1.9	34.05	0.45
849	114	636.7	639.3	639.3	639.99	0.009915	3.67	31.09	22.49	1.38	130.25	1
834	114	636.64	639.03	639.03	639.79	0.009907	3.86	29.5	19.41	1.52	140.92	1
826	Inl Struct											
820	114	634.83	638.51	637.36	638.81	0.002337	2.46	46.4	19.29	2.41	49.77	0.51
799	114	635.41	638	638	638.74	0.009693	3.83	29.76	19.66	1.51	138.28	0.99
715.50*	114	635.08	637.62	637.62	638.34	0.009714	3.76	30.35	20.83	1.46	134.38	0.99
632	114	634.76	637.28	637.28	637.98	0.009925	3.71	30.69	21.78	1.41	132.83	1
614	114	634.83	637.17	636.88	637.65	0.00608	3.08	37	23.94	1.55	88.78	0.79
610	Inl Struct											
603	114	632.91	636.17	635.1	636.44	0.002342	2.3	49.52	23.03	2.15	45.17	0.5
585	114	633.87	636.06	635.59	636.42	0.003924	2.65	43	25.14	1.71	63.5	0.65
525	114	633.5	635.67	635.64	636.28	0.009788	3.47	32.88	24.87	1.32	119.36	0.96
429.00*	114	633.18	635.39	635.33	636	0.009349	3.46	32.94	24.33	1.35	117.71	0.95
333.00*	114	632.87	635.09	635.05	635.72	0.009561	3.54	32.24	23.6	1.37	122.2	0.97
237.00*	114	632.55	634.79	634.76	635.44	0.009604	3.57	31.95	23.22	1.38	124.02	0.97
141.00*	114	632.24	634.52	634.48	635.16	0.009322	3.53	32.26	23.28	1.39	121.36	0.96
45	114	631.92	634.2	634.2	634.87	0.010195	3.63	31.4	23.26	1.35	129.2	1

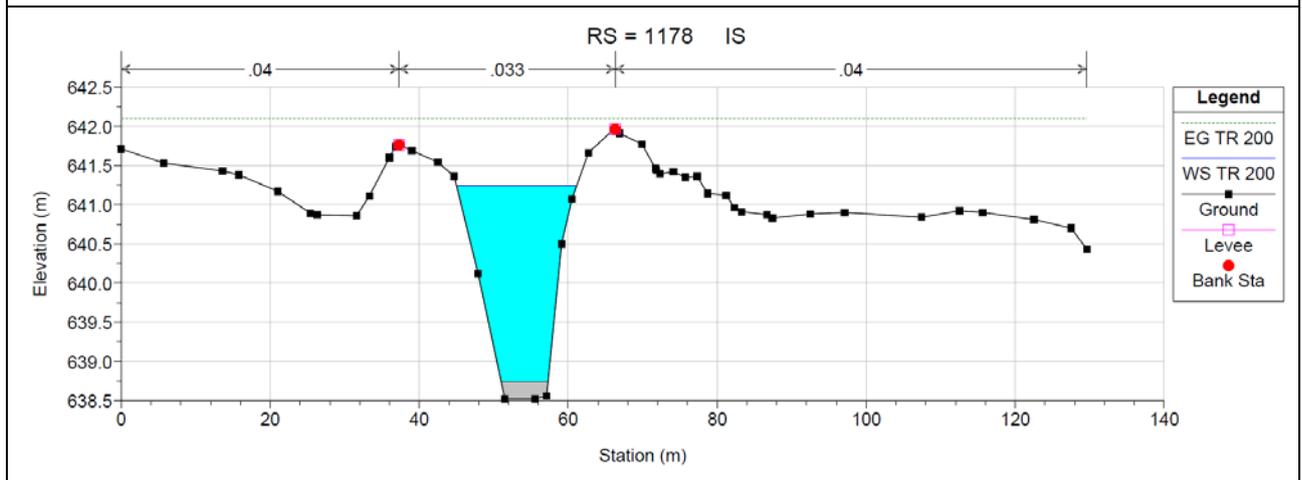
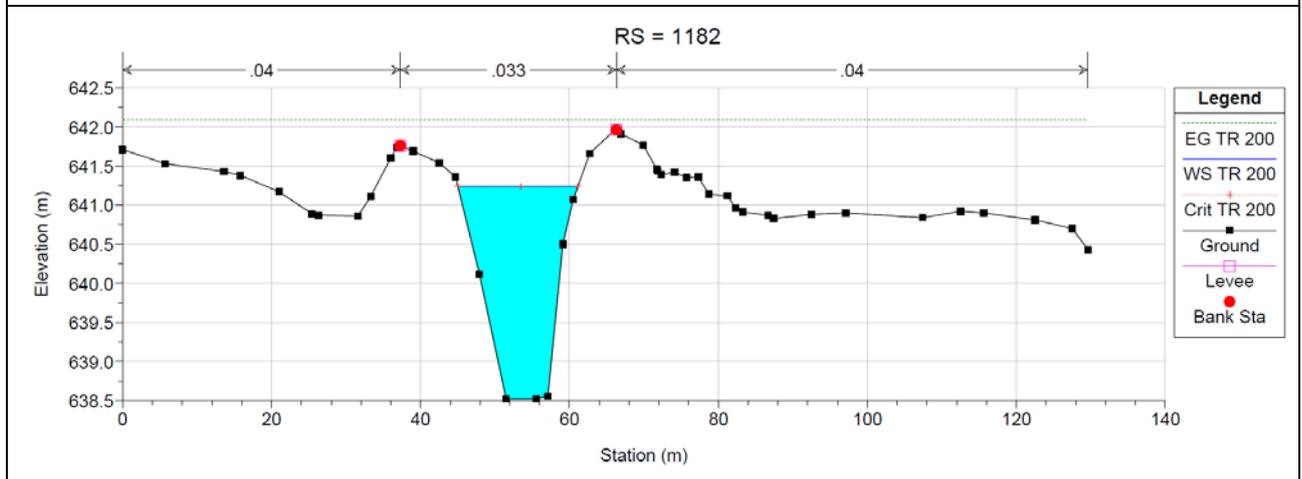
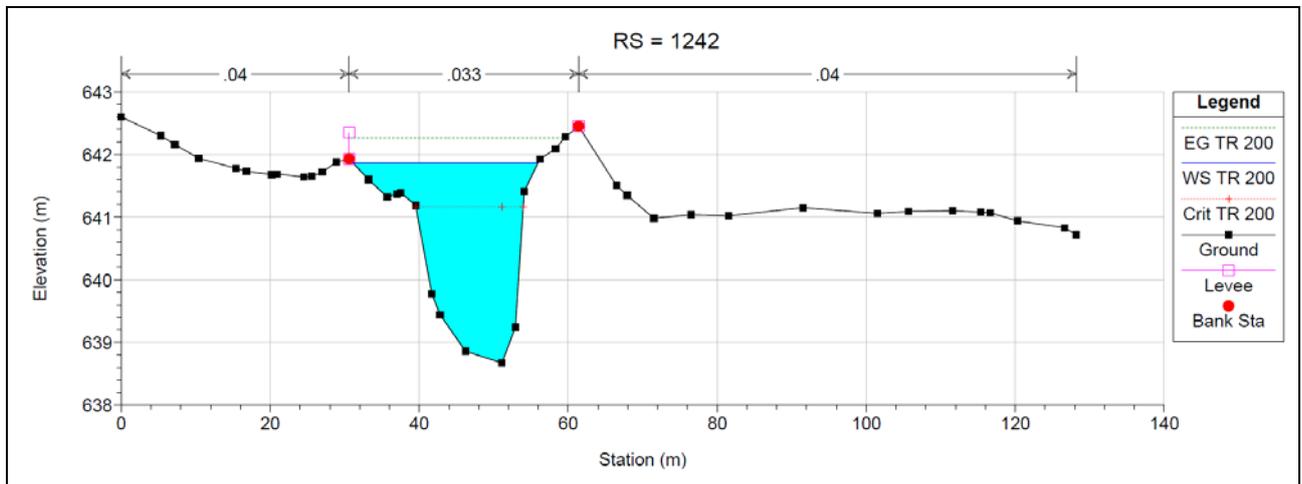
Inoltre, nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni principali (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione Stato di validità    Rev. N° <b>CD-FE    01</b>		Foglio / di 30/55  05/08/2022
	Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ						

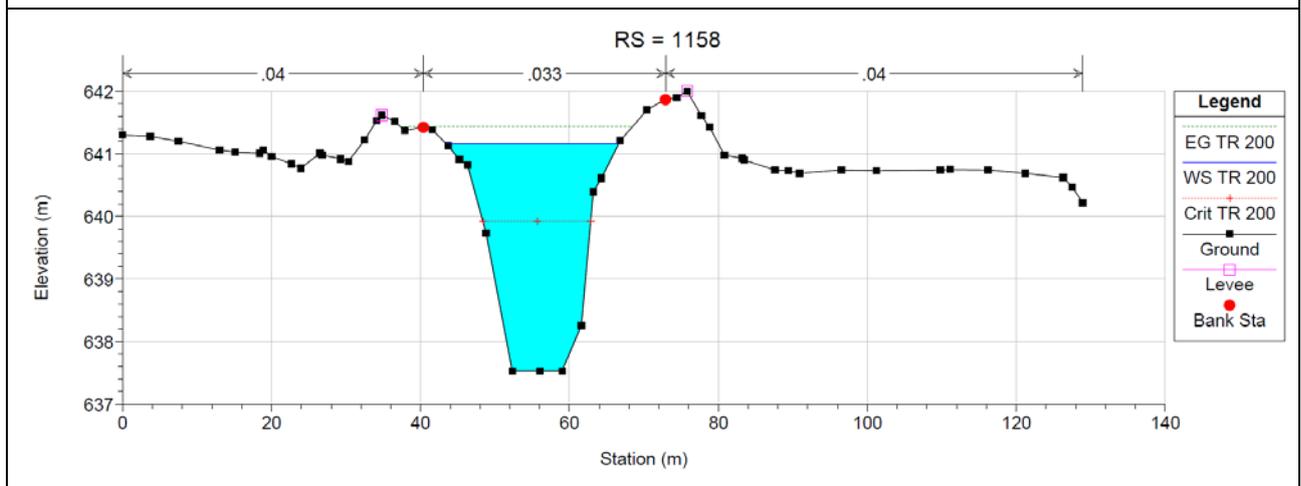
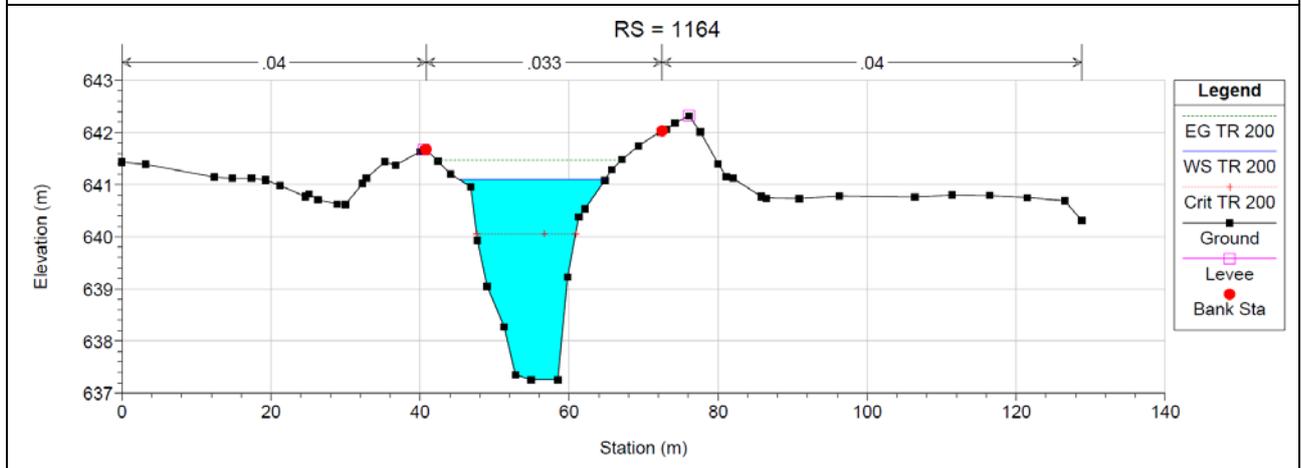
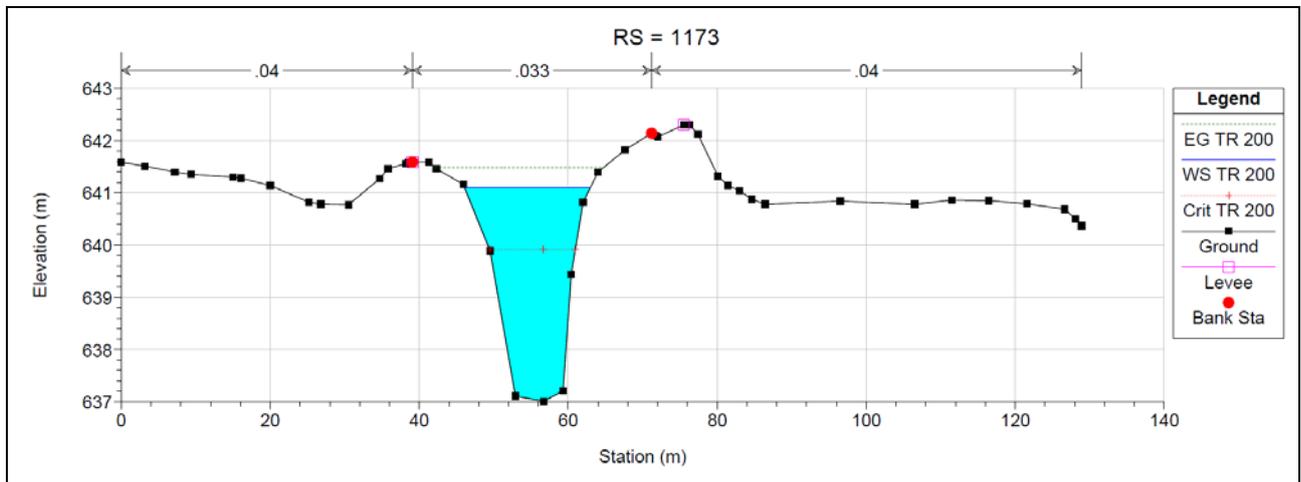
**Figura 5-5 Schermate di Output programma – Cross Section (RS 2096: monte / RS 45: valle)**



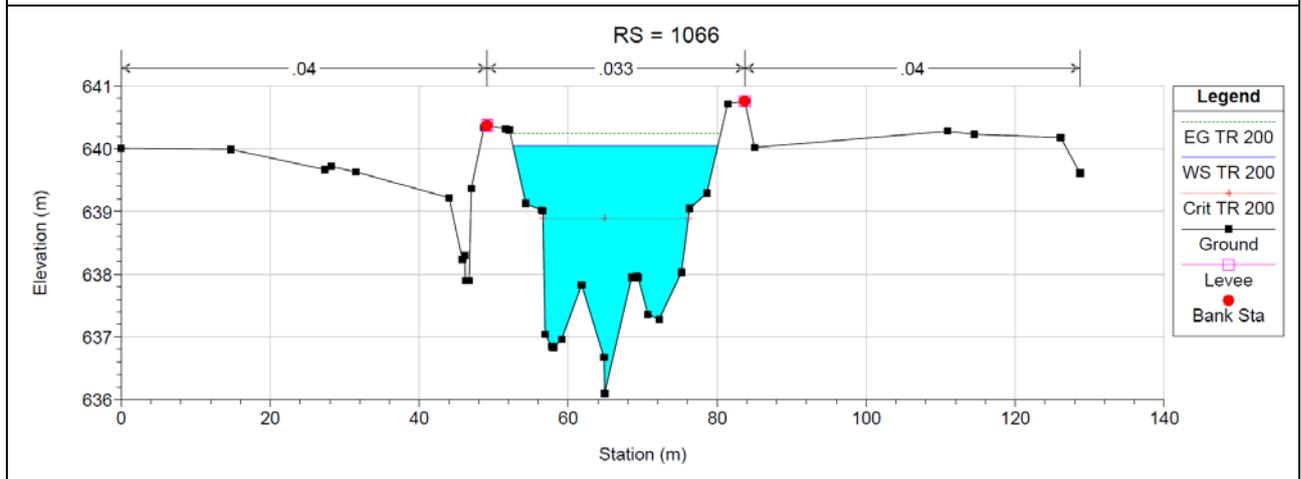
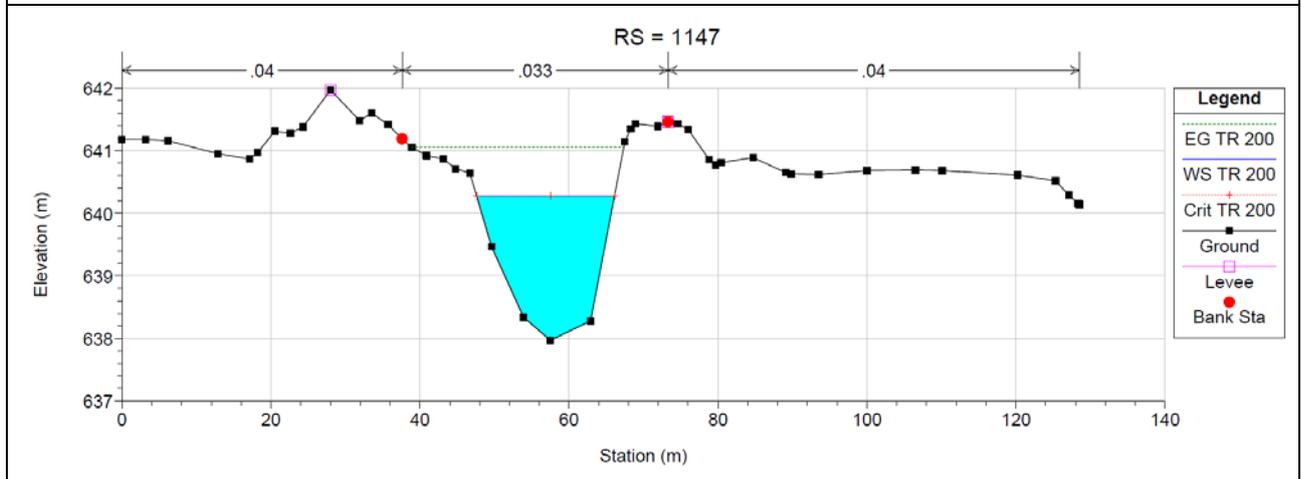
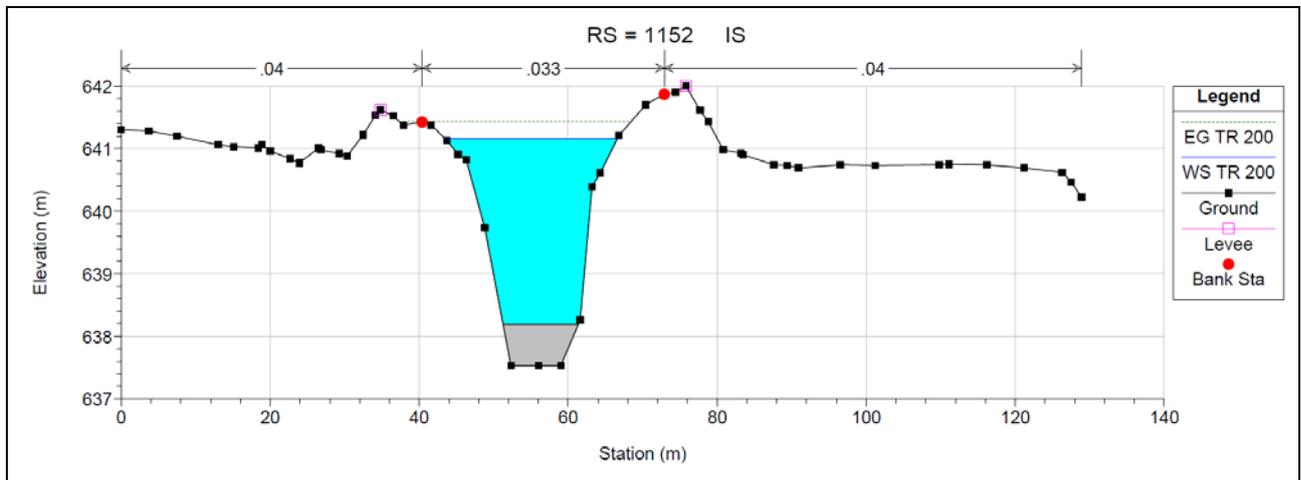
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione Stato di validità   Rev. N° <b>CD-FE   01</b>		Foglio / di 31/55
	Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ						



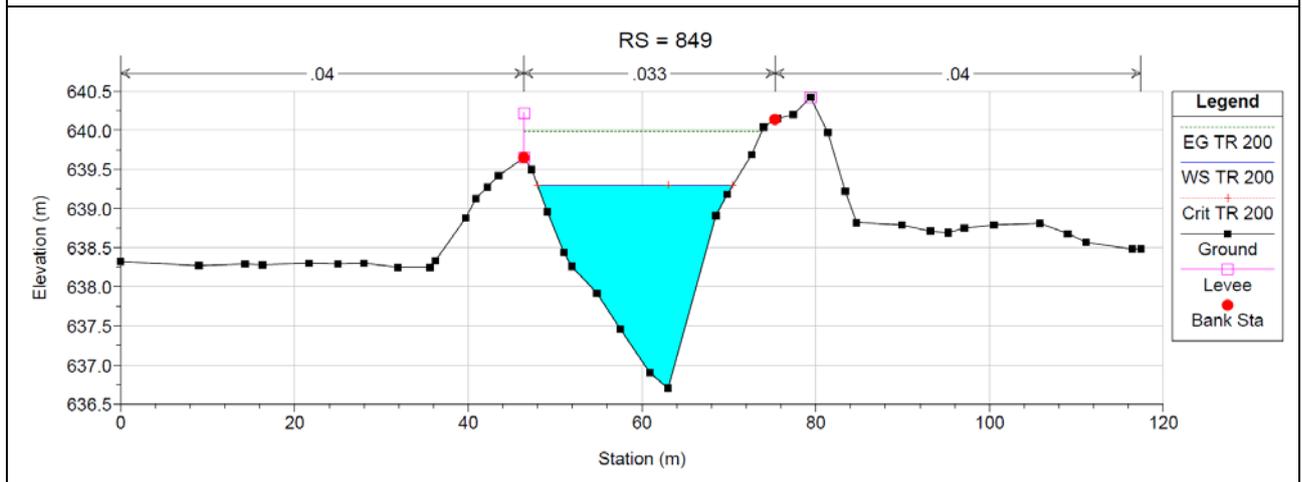
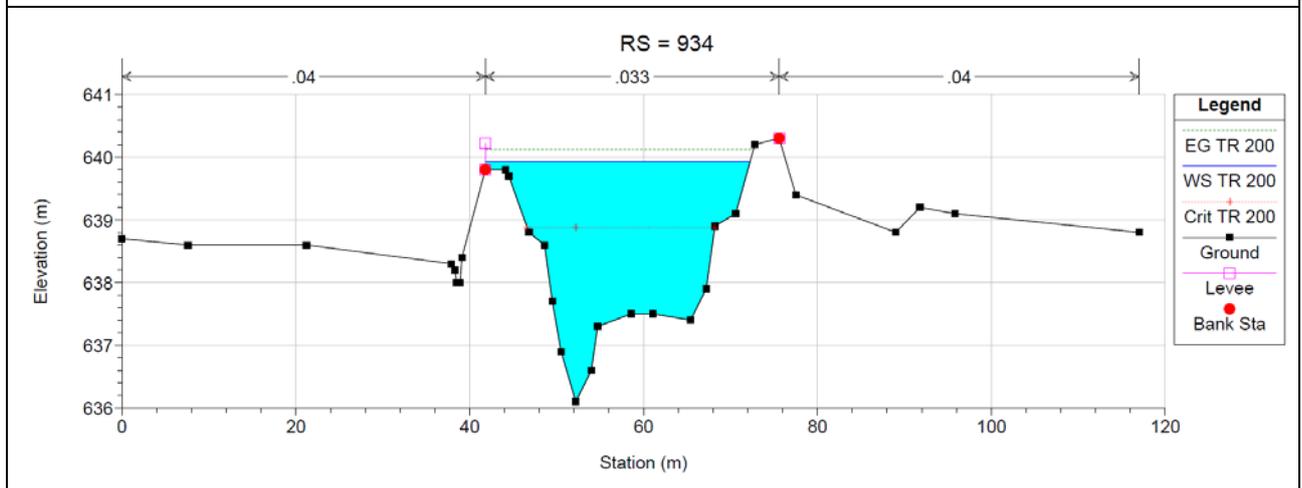
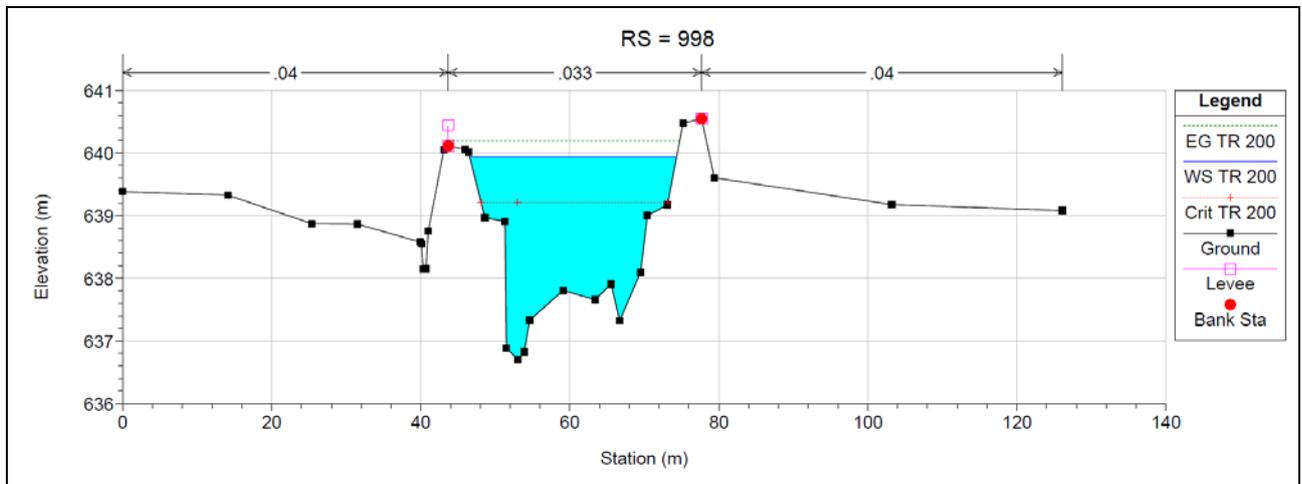
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 32/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



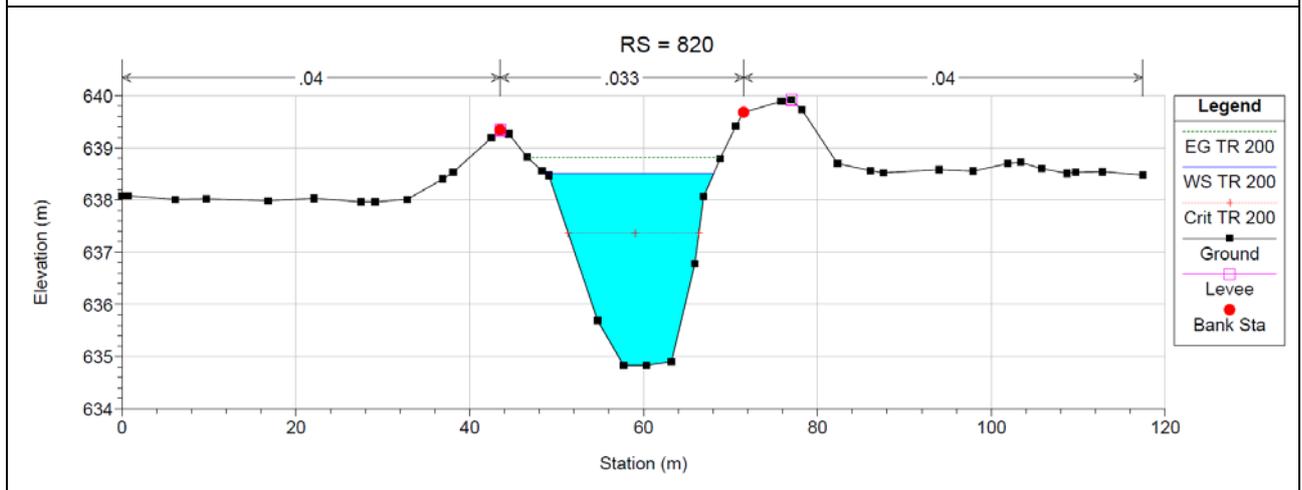
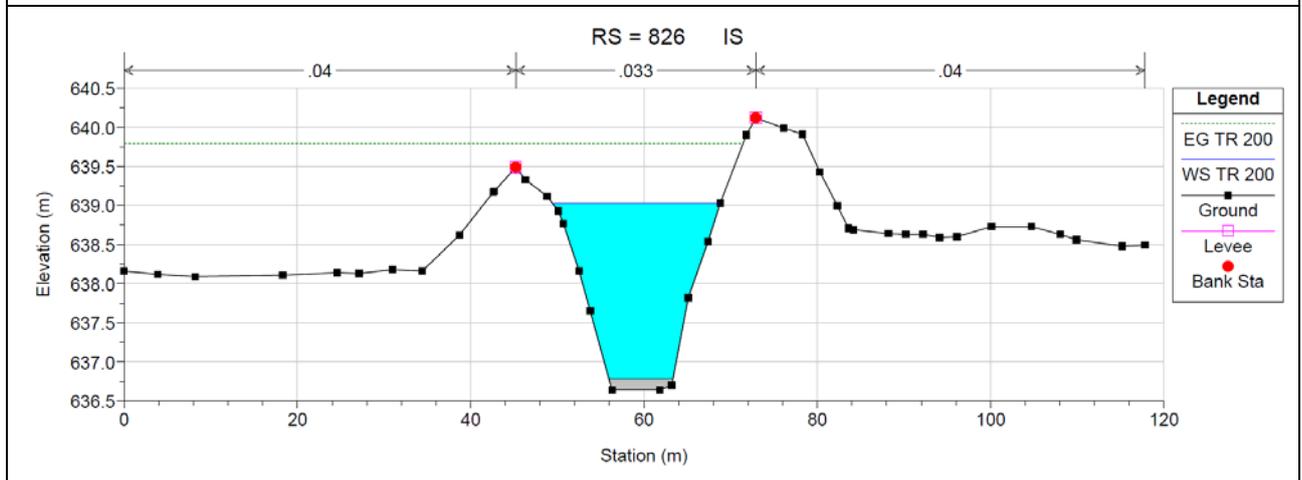
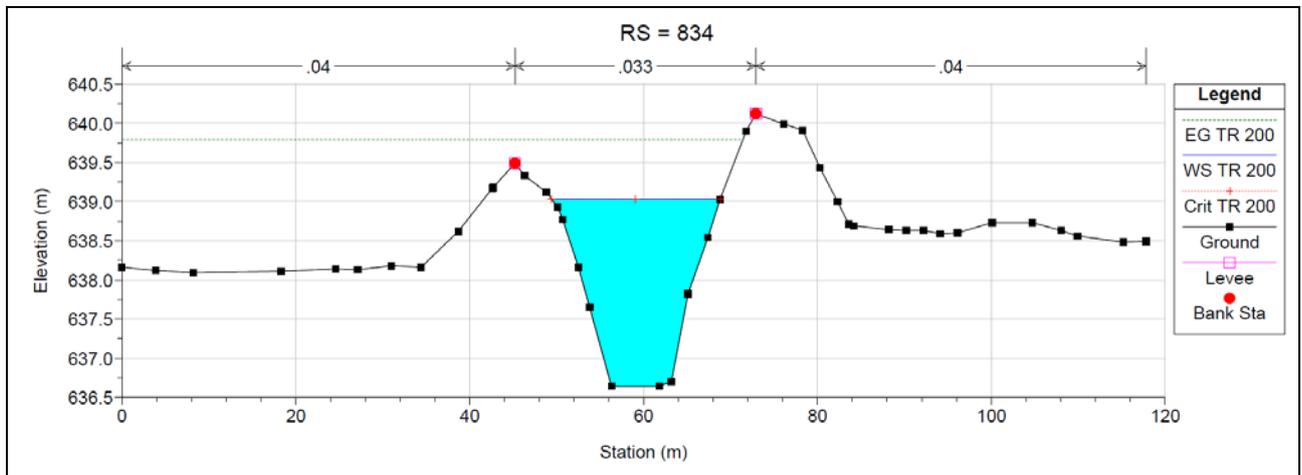
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 33/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



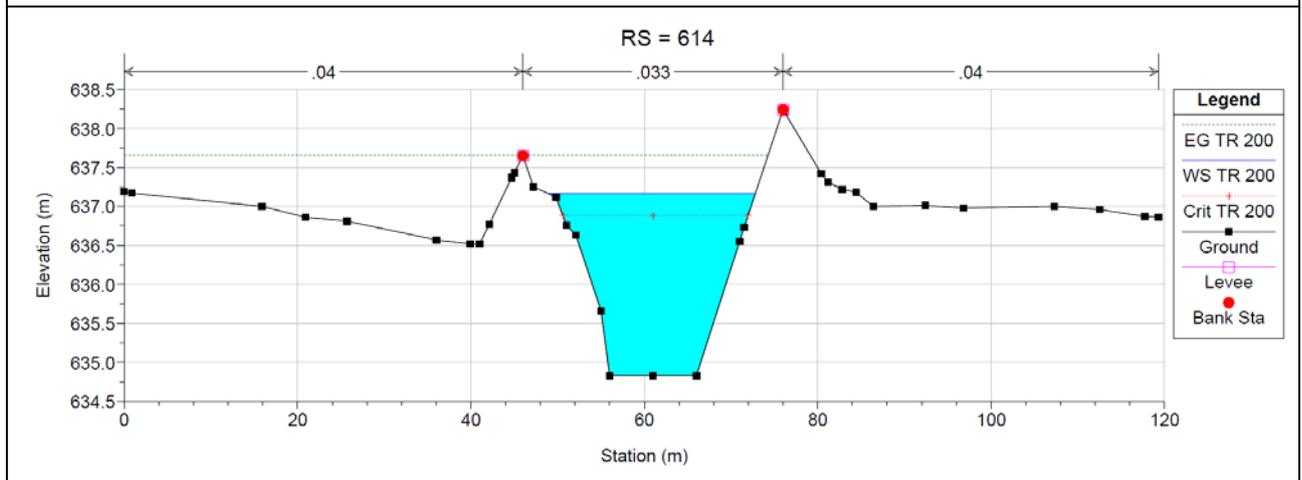
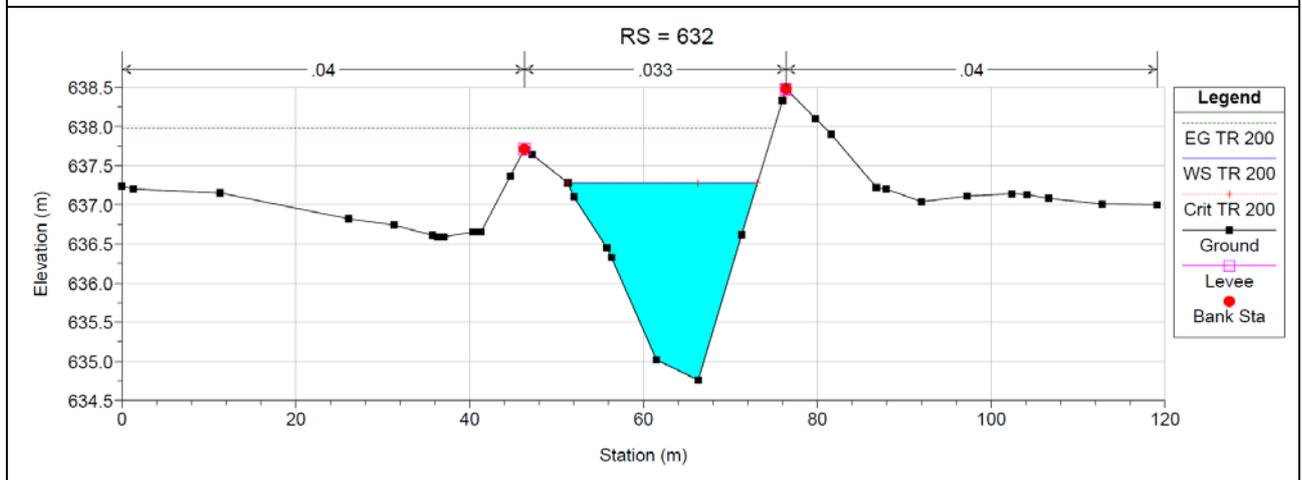
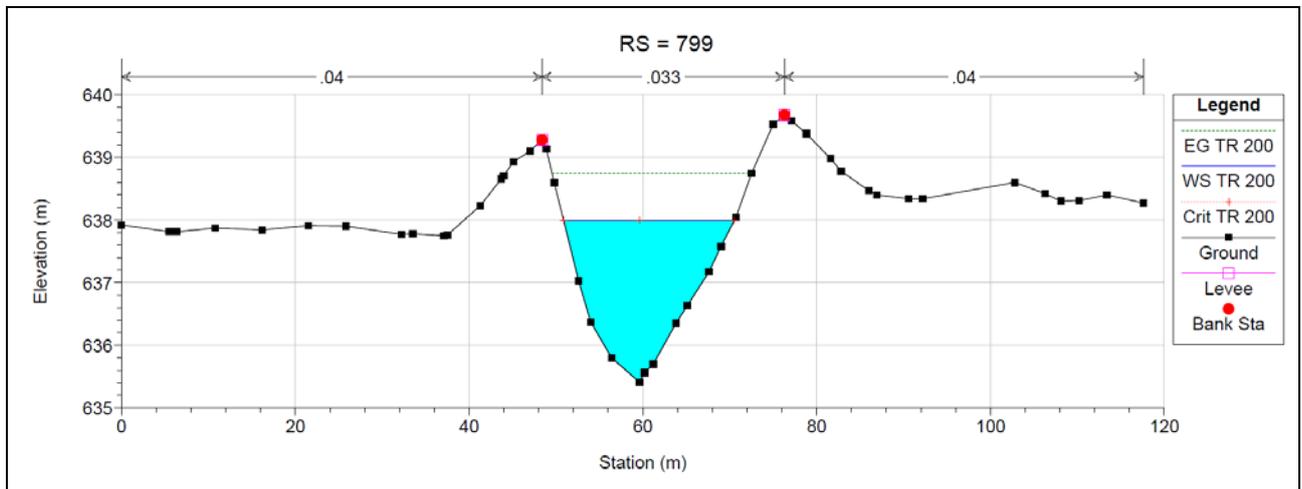
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 34/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



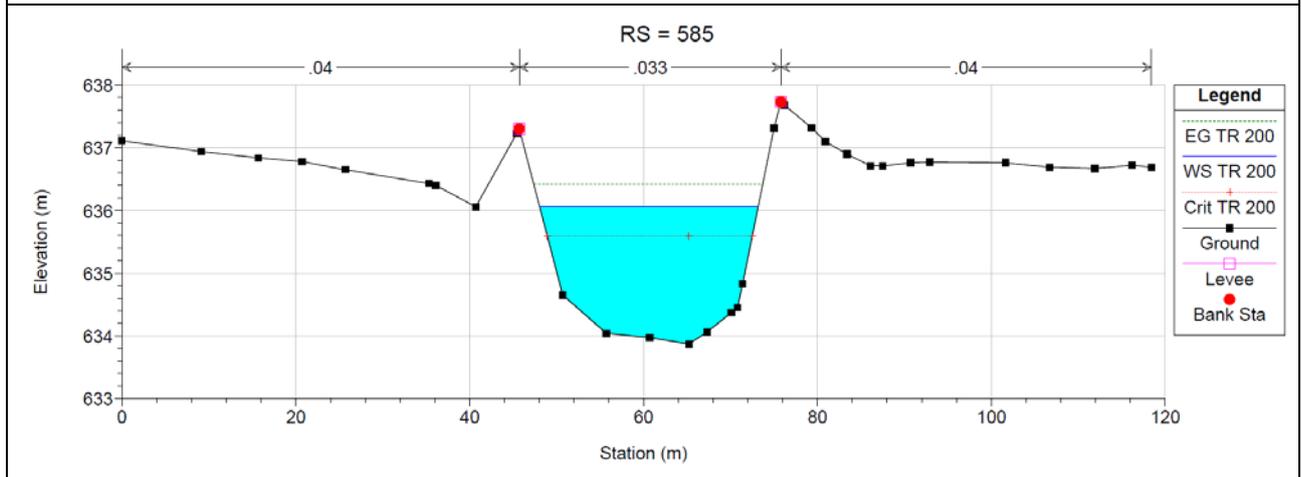
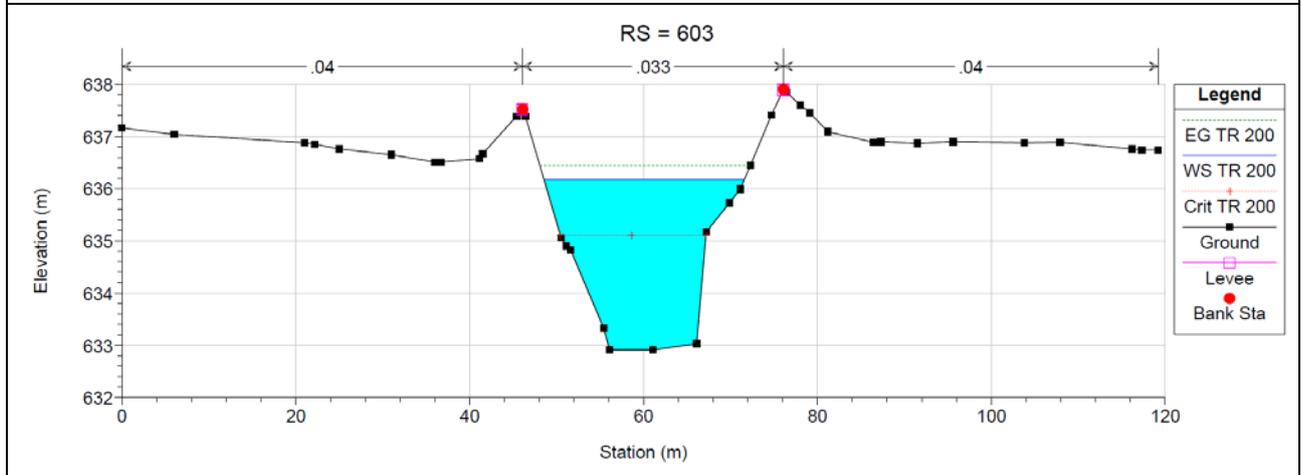
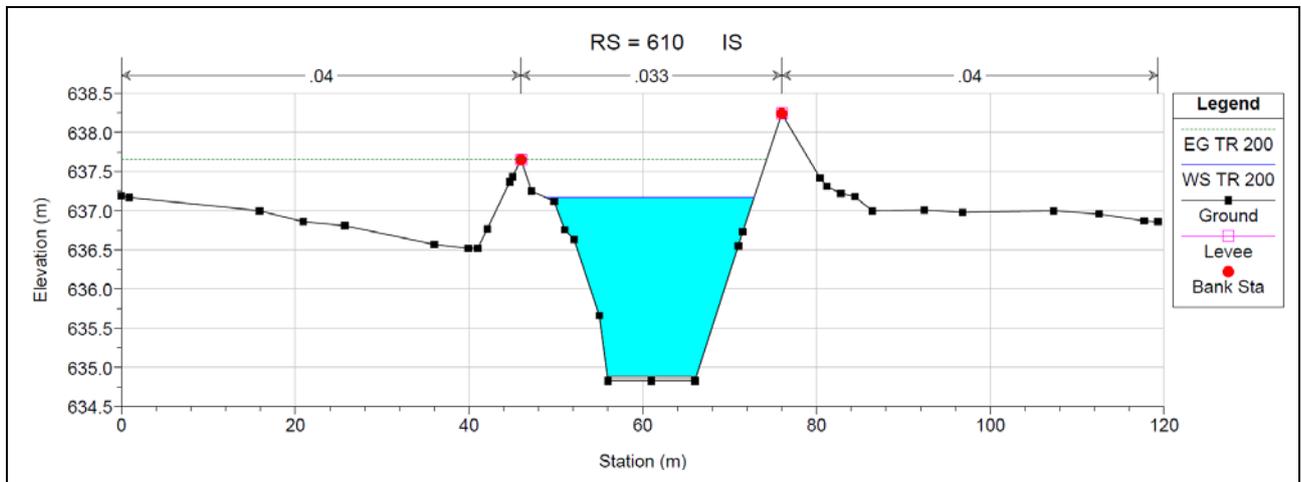
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 35/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							



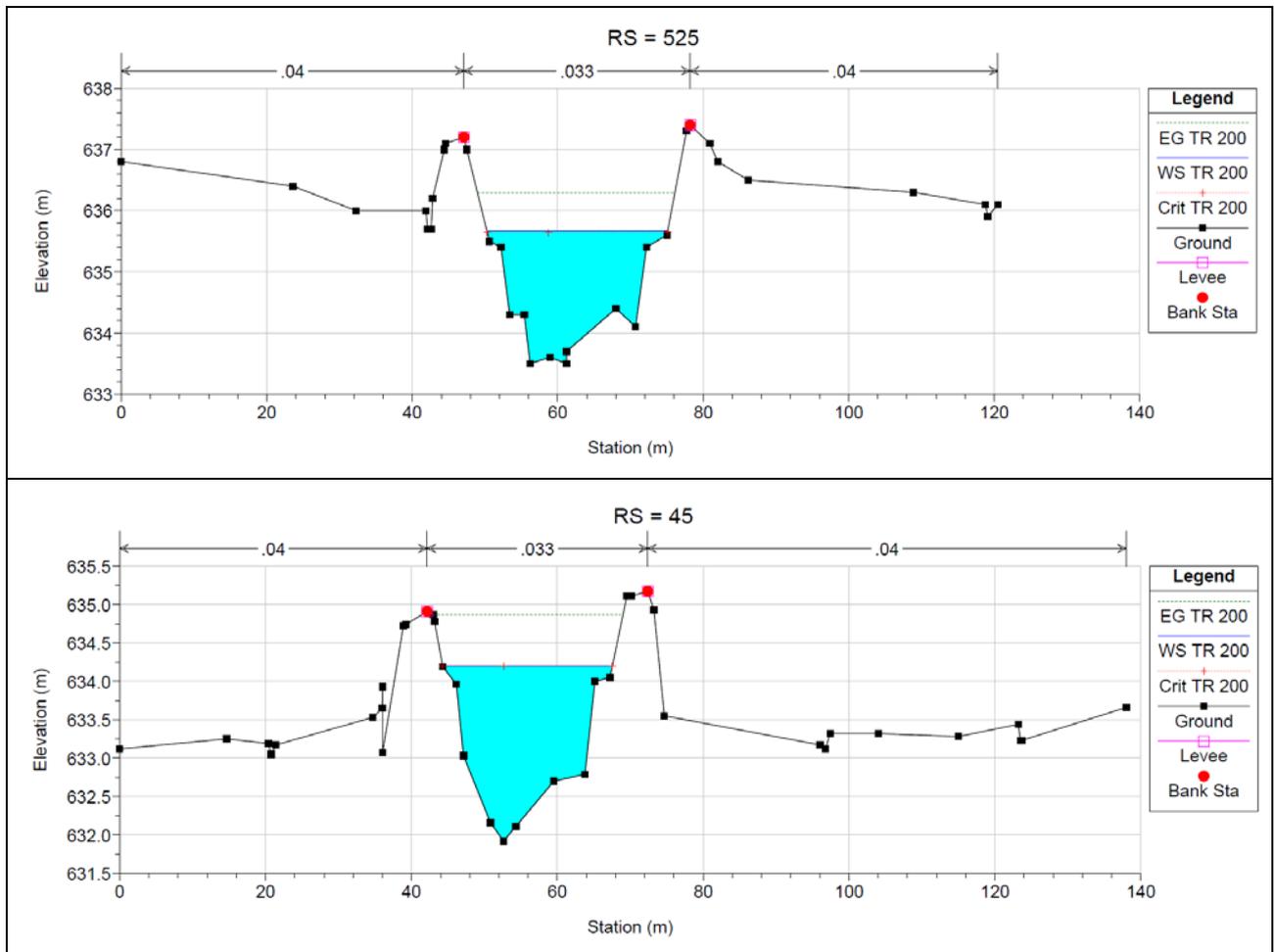
 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 36/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							



 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  37/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ</b>							



 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 38/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							



## 5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma HEC-RAS sia in formato grafico sia in formato tabellare.

Dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato il deflusso della portata 200-ennale avviene prevalentemente in corrente lenta con numeri di Froude variabili da 0,4 a 0,9 ( $FR < 1$ ) e velocità mediamente comprese tra 2 e 4,1 metri al secondo, le profondità medie del pelo libero all'interno dell'alveo centrale risultano comprese tra 1,4 m e 2,5 m circa. Nel tratto iniziale ed in quello finale la corrente si mantiene prossima allo stato critico, con numeri di Froude vicini a 1. La corrente raggiunge lo stato critico ( $FR=1$ ) sulle briglie, con perdita di energia specifica e abbassamento del pelo libero.

Per la valutazione dei fenomeni erosivi e delle capacità di trasporto solido della corrente in considerazione della piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

## 6 VALUTAZIONI EROSIONI DI FONDO ALVEO

### 6.1 Generalità

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, in molti casi anche di notevole entità, innescate da cause che possono essere definite "intrinseche" (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o "indotte" (legate ad alterazioni di origine antropica diretta o indiretta, quali opere in alveo, escavazioni, ecc.). La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini del dimensionamento degli interventi in alveo.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 39/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Allo stato attuale delle conoscenze tecniche, la valutazione dell'entità degli approfondimenti, dei fenomeni di escavazione e di trasporto localizzato, nella maggioranza dei casi, dipende da un puntuale riscontro sul campo, atto a valutare lo stato generale dell'alveo. La stima del valore atteso per tali fenomeni rimane, nella maggioranza dei casi, un'attività dipendente in massima parte dall'esperienza e dalla sensibilità del progettista, il quale deve avvalersi in misura preponderante degli esiti di appositi sopralluoghi per valutare lo stato generale dell'alveo. Le analisi di natura sperimentale disponibili, pur fornendo utili indicazioni circa l'entità dei fenomeni, risultano spesso legate alle particolari condizioni al contorno poste a base delle indagini, ed ai modelli rappresentativi utilizzati.

Il lavoro di ricerca ha prodotto negli ultimi cinquanta anni una serie di risultati, che forniscono utili indicazioni circa l'entità dei fenomeni di escavazione e trasporto localizzato solo in alcuni casi tipici. Va sottolineato che tali risultati sono in generale caratterizzati dai seguenti limiti principali:

- la quasi totalità dei dati utilizzati per la definizione delle metodologie di valutazione delle escavazioni proviene da prove effettuate in laboratorio, su modelli in scala ridotta e su terreni di fondo alveo a granulometria maggiormente omogenea di quanto effettivamente riscontrabile in natura;
- ogni formula determinata per via sperimentale è strettamente legata a casi particolari di escavazione in alveo e risulta difficilmente estrapolabile a casi dissimili da quelli direttamente analizzati in campo o in laboratorio;
- non si dispone di analisi effettuate su ripristini di scavo e su rivestimenti eseguiti in opera, che si differenzino dalle condizioni teoriche di depositi aventi una granulometria ordinaria;
- le sperimentazioni sono in massima parte riferite a condizioni che prevedono una portata di base sostanzialmente costante e non tengono conto di fenomeni di estrema variabilità che caratterizzano gli eventi di piena in alvei a regime torrentizio;
- gli studi sono condotti essenzialmente per alvei di pianura di grandi dimensioni.

Le considerazioni sopra riportate devono condurre pertanto ad un atteggiamento di estrema cautela nell'uso delle relazioni utilizzate per il calcolo degli approfondimenti, avendo cura di utilizzare ciascuna di esse per casi simili a quelli per cui sono state ricavate ed associando comunque alle valutazioni condotte su scala locale (buche, approfondimenti localizzati) considerazioni ed analisi sulla dinamica d'alveo generale nella zona di interesse (presenza o meno di trasporto solido, variazioni storiche della planimetria d'alveo, granulometria dei sedimenti ed indagine geotecnica sui litotipi presenti nei primi metri del fondo, ecc.).

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

## 6.2 Criteri di calcolo

### Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione locale di buche ed approfondimenti, le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in corrispondenza di manufatti, ed a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti, sul fondo possono crearsi buche di notevole profondità; le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso.

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo dovuto alle piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh<sup>1</sup> è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici.

<sup>1</sup> Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 40/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

Per determinare un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, si ricorre alla citata formula di Schoklitsch:

$$S = 0.378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2.15 \cdot a$$

dove

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** =  $h_o + v^2/2g$  rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **h<sub>o</sub>** è il battente idrometrico di piena
- **q** =  $Q_{Max}/L$  è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente in alveo;
- **a** è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca.

Il valore di **a** viene 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 (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena ivi determinata.

#### Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo 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.

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate<sup>2</sup> da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso 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 prudenziale, proposta in Italia<sup>3</sup>, 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 piena.

Per quanto riguarda il fenomeno di scavo temporaneo durante le piene, come detto, non disponendo allo stato di algoritmi opportunamente tarati, atti a determinare la potenziale entità del fenomeno in relazione alle specificità del sito in studio, ci si basa sulle considerazioni empiriche proposte in letteratura tecnica, secondo le quali un valore del tutto cautelativo della profondità di tali potenziali escavazioni del fondo (**Z**) è stimabile, in corrispondenza di una assegnata sezione, al massimo in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (**h<sub>o</sub>**), ovvero

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

#### 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

<sup>2</sup> Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

<sup>3</sup> Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 41/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

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

dove

- $\delta$  è il diametro delle particelle;
- $\tau_0$  è la tensione tangenziale in alveo;
- $\gamma_s$  è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m<sup>3</sup>);
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

### 6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

Le valutazioni dei fenomeni erosivi e di trasporto solido sono state eseguite in riferimento alla portata di massima piena duecentennale (TR=200 anni), i cui parametri di deflusso nelle sezioni di studio sono evidenziati nel capitolo precedente.

A tal proposito qui di seguito si riportano rispettivamente i valori delle erosioni di fondo alveo e dei diametri limiti dei clasti trasportabili dalla corrente, nelle varie sezioni di studio considerate nello studio idraulico.

Nello specifico nella seguente tabella vengono riportati i valori delle erosioni in alveo. In particolare, i valori riportati in nero sono stati estrapolati e/o calcolati in funzione dei parametri caratteristici del deflusso, di cui alla Tabella 5-2 del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

**Tabella 6-1 Erosioni di fondo nell'alveo principale**

River	Q	Vel	Top	Hydr	Portata	Carico	Approfond.	Arature
Station	Total	Chnl	Width	Depth C	specifica	totale	Localizzati	di fondo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s m)	(m)	(m)	(m)
2096	114	3.67	21.18	1.46	5.38	2.15	1.21	0.73
1830	114	3.82	19.93	1.50	5.72	2.24	1.26	0.75
1440	114	2.68	22.09	1.93	5.16	2.30	1.23	0.97
1242	114	2.79	24.86	1.64	4.59	2.04	1.13	0.82
1182	114	4.1	16.11	1.73	7.08	2.59	1.42	0.87
1173	114	2.76	16.88	2.45	6.75	2.84	1.46	1.23
1164	114	2.71	19.63	2.14	5.81	2.51	1.32	1.07
1158	114	2.34	23.12	2.10	4.93	2.38	1.23	1.05
1147	114	3.9	18.52	1.58	6.16	2.36	1.31	0.79
1066	114	1.97	27.49	2.10	4.15	2.30	1.16	1.05
998	114	2.22	27.77	1.85	4.11	2.10	1.11	0.93
934	114	1.96	30.47	1.90	3.74	2.10	1.08	0.95
849	114	3.67	22.49	1.38	5.07	2.07	1.17	0.69
834	114	3.86	19.41	1.52	5.87	2.28	1.28	0.76
820	114	2.46	19.29	2.41	5.91	2.72	1.38	1.21
799	114	3.83	19.66	1.51	5.80	2.26	1.27	0.76
632	114	3.71	21.78	1.41	5.23	2.11	1.20	0.71
614	114	3.08	23.94	1.55	4.76	2.03	1.15	0.78
603	114	2.3	23.03	2.15	4.95	2.42	1.24	1.08
585	114	2.65	25.14	1.71	4.53	2.07	1.14	0.86
525	114	3.47	24.87	1.32	4.58	1.93	1.11	0.66
45	114	3.63	23.26	1.35	4.90	2.02	1.15	0.68

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 42/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Nella seguente tabella vengono riportati i valori stimati per il diametro limite dei clasti trasportabili dalla corrente. In particolare, in color nero sono riportati le River Station e le Shear Channel (tensioni tangenziali in alveo), di cui alla Tabella 5-2 del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

**Tabella 6-2 Diametro limite dei clasti trasportati**

River Station	Shear Chan (N/m <sup>2</sup> )	Diametro limite clasti trasportati
		(m)
2096	131.12	0.16
1830	140.23	0.17
1440	63.6	0.08
1242	72.12	0.09
1182	154.13	0.18
1173	63.82	0.08
1164	63.44	0.08
1158	47.08	0.06
1147	141.99	0.17
1066	34	0.04
998	44.22	0.05
934	34.05	0.04
849	130.25	0.16
834	140.92	0.17
820	49.77	0.06
799	138.28	0.16
632	132.83	0.16
614	88.78	0.11
603	45.17	0.05
585	63.5	0.08
525	119.36	0.14
45	129.2	0.15

## 6.4 Considerazioni sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (nel quale ricade l'attraversamento da parte delle condotte in progetto), le massime erosioni attese al fondo si attestano intorno a valori dell'ordine dei 1.5 m.

La corrente, nell'ambito del tratto in esame ed in concomitanza dell'evento di piena di progetto, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0.20 m.

## 7 METODOLOGIA E SCELTE COSTRUTTIVE

### 7.1 Premessa

La definizione del progetto dell'attraversamento in esame è stata effettuata in riferimento a valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico, condotte nell'ambito specifico d'intervento.

In particolare, in considerazione delle caratteristiche del corso d'acqua e dei risultati delle valutazioni conseguite, sono state definite le scelte progettuali inerenti ai punti qui di seguito elencati:

- la metodologia costruttiva per la realizzazione dell'opera;
- la geometria di posa "in subalveo", con particolare riferimento alla quota di posa in subalveo.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 43/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## 7.2 Metodologia costruttiva: Microtunnelling

La scelta del sistema di posa in subalveo della condotta, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di significativa importanza, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia nella fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta in progetto quanto per la configurazione d'alveo del corso d'acqua (fondo, sponde ed eventuali manufatti esistenti).

La definizione geometrica del tunnel (e quindi delle condotte), viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo del minitunnel e delle condotte.

E' necessario, infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione del tunnel. Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento in subalveo, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato (Rif. [29]).

## 7.3 Configurazione geometrica di progetto

Il profilo di trivellazione presenta una configurazione costituita da due tratti rettilinei alle estremità e da un arco di circonferenza intermedio.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel: di circa 246 metri (di cui complessivamente circa 76 m relativamente ai due tratti rettilinei e circa 170 m per il tratto curvilineo);
- diametro interno minimo del microtunnel: 1600 mm;
- raggio di curvatura per il tratto curvilineo pari a 1000 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo di 8 m;
- postazione di partenza (di spinta): nel lato in sinistra idrografica del corso d'acqua (a valle senso gas), con profondità del pozzo di circa 7 m dal piano campagna. Distanza dall'argine del corso d'acqua di un centinaio di metri;
- postazione di arrivo (di recupero): in destra idrografica del corso d'acqua (monte senso gas), con profondità del fondo della postazione di circa 6 m dal piano campagna. Distanza dall'argine del corso d'acqua di oltre i 100 m (misurata lungo lo sviluppo della condotta).

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia dal fondo alveo che dalle sponde del corso d'acqua; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dall'alveo del corso d'acqua.

## 7.4 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo

Qui di seguito viene affrontato il problema della stabilità dei terreni rispettivamente nella configurazione transitoria nel corso di esecuzione dei lavori e a lungo termine, successiva al completamento dei lavori.

### Stabilità per "filtrazione" in corso di esecuzione dei lavori

L'instabilità per filtrazione lungo una traiettoria preferenziale a permeabilità elevata rispetto al terreno può avvenire ogni qualvolta si verifica una repentina dissipazione del carico idraulico. Ciò si verifica quando nel "tubo di flusso" le perdite di carico idraulico sono piuttosto elevate, come nel caso di una trivellazione a "sezione aperta", dove può aversi un flusso all'interno del tubo di protezione oppure, nel terreno di trivellazione, qualora siano presenti "scavernamenti" lungo la trivellazione stessa.

Relativamente ai lavori d'interesse, la tecnica adottata elimina tali rischi, presenti per alcune metodologie di scavo sottofalda, legati a possibili fenomeni di filtrazione lungo il foro di trivellazione. Con tale tecnica infatti è possibile un bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche consentendo di operare con un sistema "chiuso", a tenuta idraulica. Infatti:

- la fresa presente sul fronte scavo sarà a sezione piena;

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  44/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

- l'allontanamento del terreno di perforazione avverrà internamente al tubo di protezione, con l'utilizzo di un apposito sistema idraulico; la quantità di terreno scavato sarà in rapporto costante con l'avanzamento del tunnel;
- il rivestimento in c.a., che spinge la fresa, assicura puntualmente ed in ogni istante il sostegno dello scavo ed il bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche (giunti a tenuta idraulica);
- i pozzi di spinta e di recupero, da realizzare con manufatti in c.a., saranno a tenuta idraulica; in particolare, l'anello di neoprene di tenuta idraulica presente sulla parete del pozzo di trivellazione consentirà il progressivo inserimento dei conci impedendo eventuali flussi localizzati, in prossimità della parete verso il pozzo di spinta.

Come già accennato, la metodologia adottata è anche in grado di garantire un'adeguata tenuta della zona di contatto terreno-tubazione nei riguardi di eventuali moti di filtrazione preferenziali. La lubrificazione del terreno a contatto con il rivestimento mediante un circuito esterno di fanghi, che consente di ridurre in maniera sensibile le resistenze laterali all'avanzamento, e la particolare configurazione del sistema di giunzione, che garantisce assenza di sovraingombri dei giunti nei confronti del diametro esterno del rivestimento in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un sovracarotaggio del foro, ottenendosi così il diametro praticamente coincidente con quello del rivestimento.

#### Stabilità per "filtrazione" a lungo termine

Le motivazioni espresse sulla stabilità alla filtrazione durante le fasi operative sono a maggior ragione valide per la configurazione finale dell'opera.

Si è detto che la metodologia minimizza le deformazioni plastiche nel terreno e le conseguenti alterazioni delle caratteristiche di permeabilità: la sua rottura viene ottenuta per rotazione e non per taglio avendosi così una sorta di aderenza tra il rivestimento e il terreno (l'utilizzo dei fanghi bentonitici e la possibilità di bilanciare le pressioni esterne contribuiscono a minimizzare l'alterazione dello stato tensionale preesistente nel terreno).

Una garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica di progetto è stata privilegiata la geometria che, interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa il criterio di sicurezza in base al quale le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente (in assenza del tunnel).

Al termine dei lavori di trivellazione, il terreno prossimo al rivestimento di protezione sarà "intasato" iniettando a bassa pressione una miscela di acqua, bentonite e cemento. Tali iniezioni hanno lo scopo di escludere, per ogni evenienza, l'instaurarsi di un flusso preferenziale lungo l'asse di trivellazione. Viene introdotto un ulteriore grado di sicurezza, a garanzia della stabilità dell'insieme, riutilizzando lo stesso impianto già adoperato per le iniezioni in fase di avanzamento. L'esecuzione di tali iniezioni è prevista lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trivellazione. Le due estremità del tunnel verranno sigillate con setti in c.a., in corrispondenza dei due pozzi (di spinta e di recupero). Questi ultimi, al termine dei lavori, verranno riempiti con terreno originario di scavo, e comunque di adeguata permeabilità, opportunamente costipato.

## **8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

### **8.1 Premessa**

Il territorio dell'Autorità di Bacino della Basilicata rientra nel *Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale*, di cui fanno parte le Regioni Basilicata, Campania, Calabria, Molise, Puglia e parti delle regioni Lazio e Abruzzo. All'interno del Distretto operano un'Autorità di Bacino di rilievo nazionale, quattro Autorità di Bacino interregionali e due Autorità di Bacino regionali.

Si precisa che dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il DM 25/10/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), sono

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 45/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

soppresse su tutto il territorio nazionale, le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e il trasferimento delle competenze alle Autorità di bacino distrettuali.

Con l'entrata in vigore del DM 25/10/2016 gli aggiornamenti dei Piani di bacino vengono gestiti dalle Autorità di Bacino Distrettuale.

In considerazione dell'ampia estensione areale dei Distretti Idrografici, della complessità del loro contesto fisico e territoriale, all'interno dei distretti sono state individuate le Unit of Management (Uom), costituite da uno o più bacini idrografici, su cui operano le Competent Authority, rappresentate dalle Autorità di Bacino di rilievo nazionale, interregionale e regionale.

Il PGRA del Distretto comprenderà al suo interno i PGRA delle UoM individuate al suo interno elaborati dalle Competent Authority (CA).

Pertanto, ciascuna delle Autorità di Bacino del Distretto è stata impegnata nella predisposizione del PGRA per le Unit of Management (UoM; bacini idrografici) di competenza secondo le modalità indicate dal D.Lgs 49/2010. Il PGRA per il territorio di competenza dall'Autorità di Bacino della Basilicata, include le seguenti Unit of Management (UoM): UoM ITI012 Bradano, UoM ITR171 BasentoCavone Agri, UoM ITI024 Sinni, UoM ITI029 Noce, ed è stato elaborato dall'Autorità di Bacino della Basilicata,

## 8.2 Strumenti di pianificazione territoriale

Il Piano di Bacino è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato. Esso può essere redatto ed approvato anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Per quanto riguarda il Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI), è tuttora vigente l'aggiornamento del 2015.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Il PGRA, in base a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, è alla stregua dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica.

## 8.3 PGRA – Definizione delle aree di pericolosità idraulica

Il PGRA, individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica e con modelli di simulazione idraulica.

Le simulazioni idrauliche monodimensionali eseguite per il fiume Noce (UoM ITI029), per i fiumi Bradano (UoM ITI012), Basento, Cavone, Agri (UoM ITR171), Sinni a monte della S.S. 106 (UoM ITI024), per i corsi d'acqua secondari T.Basentello, T. La Fiumarella, T. Lognone Tondo, T.Gravinella, T. Fiumicello/Gravina di Matera e V.ne Cassoni (UoM ITI012), e le simulazioni mono e bidimensionale eseguite per il Torrente Gallitello (UoM ITR171) hanno consentito di delimitare le aree inondabili, di seguito elencate, recepte nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell' AdB Basilicata:

- fasce di territorio ad alta frequenza di inondazione, corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 30 anni, sono le parti di territorio, nelle quali esondano piene con tempi di ritorno (Tr) fino a 30 anni, di pericolosità idraulica molto elevata;
- fasce di territorio con moderata frequenza di inondazione, corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni, sono le parti di territorio, nelle quali esondano piene con tempi di ritorno (Tr) fino a 200 anni, di pericolosità idraulica elevata;

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 46/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

- fasce di territorio a bassa frequenza di inondazione, corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 500 anni, sono le parti di territorio, nelle quali esondano piene con tempi di ritorno (Tr) fino a 500 anni, di pericolosità idraulica moderata, e le aree destinate dal Piano ad interventi di sistemazione dei corsi d'acqua per lo più da adibire a casse di espansione e aree di laminazione per lo scolo delle piene.

Sulla scorta delle indicazioni degli "Indirizzi Operativi" predisposti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del "Programma operativo" elaborato per il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale si è proceduto alla assegnazione delle classi di pericolosità alle aree inondabili individuate ai differenti tempi di ritorno. In tali aree il Piano ha la finalità di evitare l'incremento dei livelli di pericolo e rischio idraulico, impedire interventi pregiudizievoli per il futuro assetto idraulico del territorio, salvaguardare e disciplinare le attività antropiche, assicurare il necessario coordinamento con il quadro normativo e con gli strumenti di pianificazione e programmazione in vigore.

Le mappe della pericolosità da alluvioni ad oggi redatte, a corredo del PGRA, sono consultabili sul sito internet dell'AdB Basilicata [www.adb.basilicata.it](http://www.adb.basilicata.it). Per l'ambito d'attraversamento si è fatto riferimento alla Tav20\_P, (codice Elab. 04\_04\_01\_20P), che individua i seguenti livelli di pericolosità idraulica:

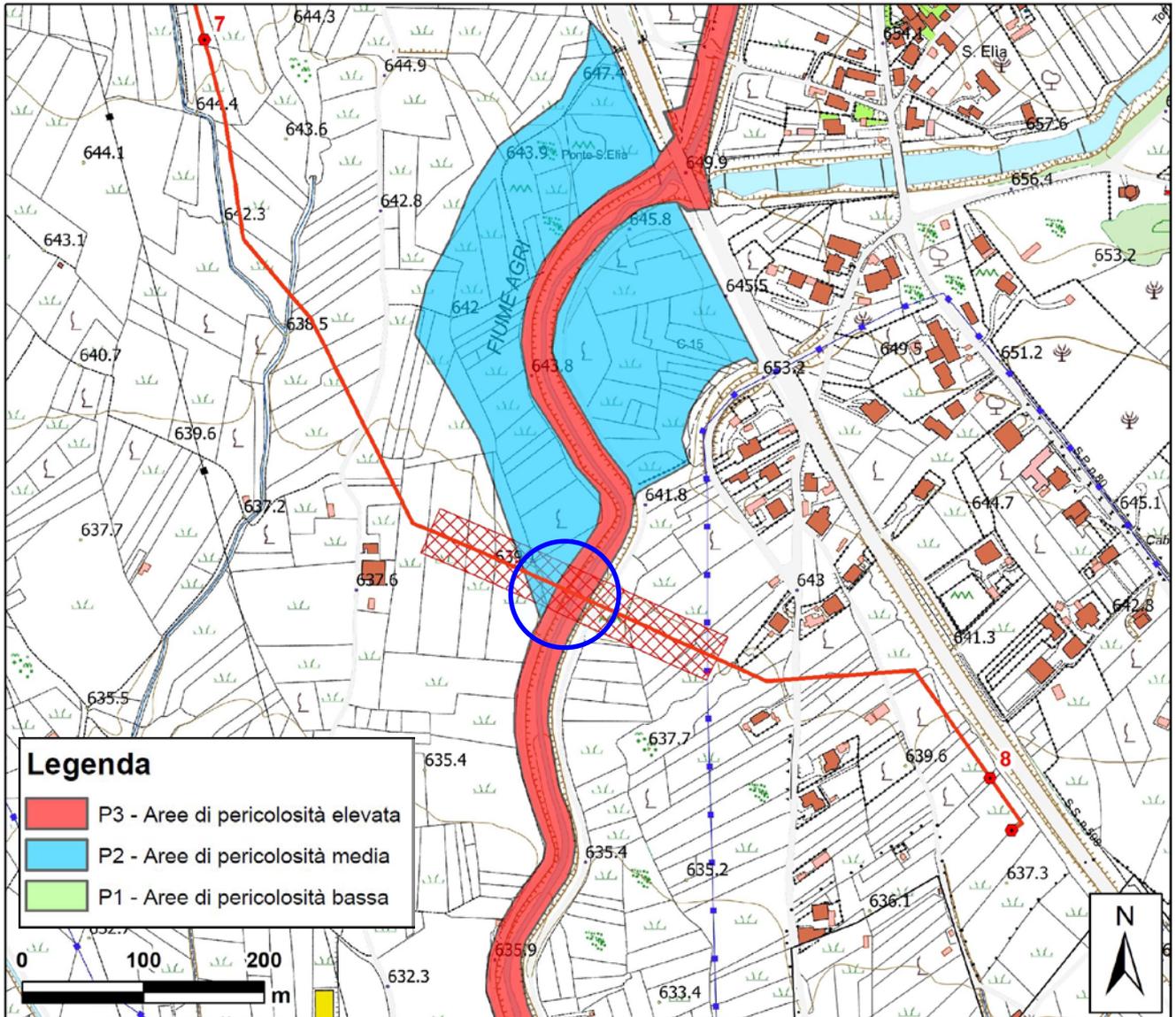
- pericolosità idraulica elevata (P3);
- pericolosità idraulica media (P2);
- pericolosità idraulica bassa (P1).

#### 8.4 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

In corrispondenza dell'ambito di attraversamento si individuano delle interferenze tra le condotte in progetto e le aree a pericolosità idraulica individuate nel PGRA.

In tal senso nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico dell'ambito in esame dal quale si possono individuare le effettive interferenze tra la linea in progetto (linea in colore rosso) e le aree censite a pericolosità idraulica per esondazioni delle piene del corso d'acqua.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 47/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
<b>STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI</b>							



**Figura 8-1 Interferenze tra l'opera in progetto con le aree di "Pericolosità Idraulica"**

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'opera in progetto interferisce con aree di pericolosità idraulica per uno sviluppo totale di circa 60 m, riguardanti ambiti P1 con TR= 500 anni e ambiti P2 con TR= 200 anni (che sono sovrapposti) e ambiti P3 con TR=30 anni per uno sviluppo di circa 30 m.

Dalla stessa figura si rileva anche che tutte le interferenze con aree censite a pericolosità idraulica vengono superate in trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è schematicamente indicato mediante una sagoma rettangolare con campitura retinata), con elevate profondità di posa in subalveo.

Fuori dall'ambito di trivellazione (dove la condotta verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli "scavi a cielo aperto"), il tracciato della linea in progetto non interferisce con alcuna delle aree inondabili.

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  48/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## 8.5 Analisi dei criteri di compatibilità idraulica

### Considerazioni di carattere generale

L'opera in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. In tal senso, in riferimento alle Norme di Attuazione del PAI (art.10, comma 1), risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentita l'interferenza con gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non concorrano ad incrementare il carico insediativo, non aggravino la funzionalità idraulica dell'area, non determinino impatti significativi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua né sulle caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema fluviale.

A tal proposito si pone in evidenza che la tipologia di opera rispetta tutte le suddette condizioni.

L'interferenza specifica con le aree di pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare, si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento di aree di pericolosità idraulica di pertinenza del corso d'acqua in esame, in quanto il tracciato dell'opera ha un andamento prevalente NO-SE, mentre il corso d'acqua ha un andamento NE-SO.

Inoltre, si mette in evidenza che il collegamento in progetto risulta un'opera completamente interrata ed essendo costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e allagamento dell'area.

La costruzione dell'infrastruttura lineare inoltre non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Per di più non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo, né azioni di esproprio; ma unicamente una servitù di una stretta fascia a cavallo dell'asse della tubazione, lasciando dunque inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo dei fondi.

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'interferenza.

Infine, in considerazione della tipologia di opera (tubazione interrata) non è previsto alcun incremento del carico insediativo nell'area d'intervento.

### Considerazioni specifiche

Entrando più in dettaglio in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua (disegno di attraversamento, Rif.[29]), si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente. Le opere complementari (previste con tecniche di ingegneria naturalistica) sono infatti unicamente finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo, oltre che al presidio idraulico dell'infrastruttura nei confronti di potenziali fenomeni erosivi in ambito locale da parte della corrente;
- La configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni inerenti alle interferenze con la dinamica fluviale del corso d'acqua:

#### 1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*

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

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  49/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*

La pipeline in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*

L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.

4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*

Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi. Le caratteristiche tipologiche delle opere previste si inseriscono perfettamente nel contesto naturale esistente.

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*

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

Infine, relativamente ai tratti della pipeline ricadenti esternamente all'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, collocati all'esterno delle fasce potenzialmente inondabili e quindi di pericolosità idraulica, si mette in evidenza che l'intervento prevede il completo interrimento delle tubazioni (alla profondità di almeno 2,0 m nei confronti del piano campagna, salvo eventuali tratti a copertura ulteriormente maggiorata) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti non sono previste modifiche circa lo stato dei luoghi, trasformazioni del territorio e/o cambiamenti di destinazione d'uso dei fondi. Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso, né tantomeno alterazioni all'eventuale deflusso in occasione delle piene eccezionali.

Pertanto, alla luce di quanto sopra affermato, si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame, non determinino alcun incremento dei livelli di pericolosità idraulica e che siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del Piano e pertanto conformi con le relative disposizioni contenute.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 50/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

## 9 CONCLUSIONI

Il progetto denominato “Sviluppo Pozzo Pergola 1” prevede la posa di due condotte di collegamento interrato, da 8” (DN 200 mm), per il trasporto dell’olio, dal pozzo Pergola 1 all’Area Innesto 3, per una lunghezza complessiva di circa di 8 km; Il Pozzo Pergola 1, ubicato sulla sommità pianeggiante di un rilievo calcareo ad una quota di circa 1.030 m s.l.m., è profondo 2300 m ed è un pozzo caratterizzabile come “gas condensati”, con un GOR pari a 1216 Sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> che dovrà essere allacciato al RERA esistente.

Il tracciato delle due condotte in progetto si sviluppa integralmente nel territorio comunale di Marsico Nuovo, in provincia di Potenza, regione Basilicata.

In particolare, nell’ambito del progetto di posa delle due condotte è previsto l’attraversamento del Fiume Agri, circa 3 km a sud del centro storico di Marsico Nuovo e circa 4 km a valle dell’invaso artificiale di Marsico Nuovo. Il corso d’acqua in esame ricade nel territorio di riferimento dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, sede della Basilicata (territorio ex Autorità di Bacino della Basilicata).

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per gli attraversamenti in esame (metodologia costruttiva, profilo di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico.

Nel caso in questione per il superamento in subalveo del corso d’acqua è stata prevista l’adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, con la tecnica del “microtunnelling”. Nello specifico, mediante un’unica trivellazione si prevede di far superare in trenchless ad entrambe le condotte l’alveo del corso d’acqua. Detta soluzione operativa consentirà dunque di evitare interferenze tra i lavori di posa delle condotte con il deflusso naturale del corso d’acqua, nonché eviterà di interrompere la contiguità delle eventuali opere e/o strutture presenti a terra.

La geometria curvilinea della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l’aspetto idraulico del corso d’acqua che quello costruttivo delle condotte, assicurando adeguate profondità al di sotto dell’alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa. Peraltro, si evidenzia che è stata prevista una configurazione di posa in subalveo che assicura profondità significative nei confronti delle quote di fondo del letto fluviale, dunque in assoluta sicurezza nei confronti dei processi erosivi in alveo.

L’adozione ed il rispetto dei criteri e dei vincoli suddetti, sia quelli propri del sistema di trivellazione che quelli più strettamente dipendenti dalla configurazione geometrica della tubazione, offrono pertanto ottime garanzie della stabilità dell’insieme, a breve ed a lungo termine. Pertanto, si può affermare che la tecnica operativa individuata e la geometria della trivellazione garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l’alveo e gli eventuali manufatti sovrastanti.

Nell’analisi delle interferenze tra la linea in progetto con gli ambiti censiti a pericolosità idraulica, si è rilevato che in corrispondenza dell’ambito fluviale in esame, l’opera in progetto interferisce con delle aree censite nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l’intervento in progetto non introduce alterazioni significative al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d’acqua e più in generale non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi nei territori interessati dai lavori, non implica trasformazioni e/o cambiamenti circa l’uso del suolo. L’intervento, inoltre, non determina alcun aggravio delle condizioni di rischio idraulico nell’area (non è previsto l’incremento del carico insediativo), né tantomeno in ambiti esterni.

In conclusione, si ritiene che le specificità dell’opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti allo specifico ambito in esame possano essere ritenute congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme del PAI e, pertanto, l’intervento in progetto risulti **COMPATIBILE** con il contesto idraulico dell’ambito in esame.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>	Indice Revisione		Foglio / di  51/55
				Stato di validità	Rev. N°	
				<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ						

## APPENDICE I: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO

### Codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato per le modellazioni è HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center - River Analysis System, prodotto dal U.S. Army Corp of Engineer, che simula il flusso monodimensionale, stazionario, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, sul quale ampi riferimenti bibliografici sono disponibili in letteratura, in relazione sia alle basi teoriche sia allo sviluppo numerico delle equazioni, così come in merito ad esperienze analoghe di applicazione già maturate in Italia e nel mondo nell'ultimo decennio.

Il calcolo del profilo in moto permanente è stato eseguito per mezzo della versione 5.0.7.

Il modello Hec-Ras permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

La scelta di operare con un modello che simuli le condizioni di moto permanente, scaturisce dalle seguenti considerazioni:

- la verifica idraulica considera un tratto limitato dell'asta torrentizia nell'intorno del punto di interesse;
- il risultato d'analisi non dipende dallo sviluppo temporale dell'evento di piena, ma solo dal massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento stesso e dai regimi delle velocità osservate.

Le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) risolte nel modello sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità;
- la pendenza del fondo è contenuta;
- le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente: è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali addotte si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{\Lambda^2 A \cdot R} = 0$$

dove:

- $A$ , area della sezione bagnata ( $m^2$ );
- $\Lambda$ , coefficiente di attrito di Chezy ( $m^{1/2}/s$ );
- $g$ , accelerazione di gravità ( $m/s^2$ );
- $h$ , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- $Q$ , portata ( $m^3/s$ );
- $R$ , raggio idraulico (m);
- $\alpha$ , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- $q$ , portata laterale addotta ( $m^2/s$ ).

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  52/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

### Condizioni di moto

Le simulazioni numeriche dell'interazione idrodinamica tra il deflusso di piena e la geometria dell'alveo sono state eseguite, come accennato precedentemente, in condizioni di moto permanente (stazionario), assumendo la portata al colmo definita per mezzo dell'analisi idrologica.

La soluzione stazionaria fornisce condizioni di verifica cautelative e permette di impostare un confronto corretto tra diversi profili idraulici, mantenute fisse le condizioni al contorno.

Si tenga presente che in relazione alla formazione del fenomeno del cappio di piena nelle simulazioni di moto vario non si ha concomitanza tra livelli massimi e portate massime, condizione di verifica cautelativa che è invece garantita dalla semplificazione del moto stazionario.

Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate con i pedici 2 e 1

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / (2g) = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / (2g) + \Delta H$$

in cui

- $Y_2$  e  $Y_1$  sono le profondità d'acqua,
- $Z_2$  e  $Z_1$  le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento (superficie livello medio del mare),
- $V_2$  e  $V_1$  le velocità medie (rapporto tra portata e area bagnata della sezione),
- $\alpha_2$  e  $\alpha_1$  i coefficienti di Coriolis di ragguglio delle potenze cinetiche,
- $g$  l'accelerazione di gravità,
- $\Delta H$  le perdite di carico nel tratto considerato.

Le perdite energetiche per unità di peso che subisce la corrente fluida fra due sezioni trasversali sono espresse come segue:

$$\Delta H = L J_m + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

in cui

- $L$  è la lunghezza del tratto in analisi,
- $J_m$  è un valore medio rappresentativo della cadente (perdita di carico per unità di lunghezza) nel tratto medesimo,
- $C$  è il coefficiente di contrazione o espansione.

In tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di sezione trasversale e/o alla presenza di ostacoli strutturali.

La determinazione della cadente,  $J$ , sezione per sezione avviene tramite l'equazione di moto uniforme di Manning:

$$Q = K J^{0.5}$$

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  53/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRI							

essendo  $Q$  la portata totale e  $K$  un coefficiente di trasporto, espresso dalla relazione

$$K = AR_i^{2/3}/n$$

in cui  $A$  è l'area bagnata della sezione trasversale,  $R_i$  il raggio idraulico (rapporto tra area e perimetro bagnato),  $n$  il coefficiente di scabrezza.

Il coefficiente di trasporto  $K$  viene valutato separatamente per il canale principale e le golene; il suo valore per l'intera sezione trasversale è la somma delle tre aliquote. La cadente è quindi esprimibile come  $J=(Q/K)^2$ , in ciascuna sezione; il suo valore rappresentativo,  $J_m$ , nel tratto considerato è valutato mediante l'equazione più appropriata, automaticamente selezionata dal programma, a seconda che, nel tratto di volta in volta considerato, l'alveo sia a forte o debole pendenza e la corrente sia lenta o veloce, accelerata o decelerata.

Per ciascun tronco compreso tra due sezioni trasversali si considerano la lunghezza del canale centrale,  $L_c$ , e le lunghezze delle banchine laterali,  $L_{sx}$  e  $L_{dx}$  rispettivamente per la golena sinistra e quella destra. Per la determinazione delle perdite di carico continue, si adopera un valore della lunghezza pari alla media pesata di  $L_c$ ,  $L_{sx}$  e  $L_{dx}$  sulle portate medie riferite anch'esse all'alveo centrale e alle golene ( $Q_{c,m}$ ,  $Q_{sx,m}$  e  $Q_{dx,m}$ ):

$$L = (L_{sx}Q_{sx,m} + L_cQ_{c,m} + L_{dx}Q_{dx,m}) / (Q_{sx,m} + Q_{c,m} + Q_{dx,m})$$

Il coefficiente di Coriolis si esprime in funzione dei coefficienti di trasporto,  $K_i$ , e delle aree bagnate,  $A_i$ , del canale principale e delle golene; ovvero:

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2}$$

### Assetto geometrico

HEC-RAS richiede la schematizzazione del corso d'acqua con tratti successivi di lunghezza variabile individuati alle estremità da sezioni di geometria nota. La posizione delle sezioni trasversali va scelta in modo da descrivere in maniera adeguata il tratto considerato, prevedendo in linea di massima, sezioni più fitte nei tratti dove la geometria trasversale dell'alveo risulta molto variabile e più rade nei tratti in cui la geometria si mantiene piuttosto uniforme.

Le sezioni trasversali sono suddivise in tre parti, caratterizzate da differenti valori della scabrezza, in cui la velocità si possa ritenere uniformemente distribuita: la parte centrale o canale principale, interessata dalle portate più basse, e le banchine laterali o golene, interessate dalle portate più alte. Il modello è in grado di simulare gli effetti indotti sui livelli dalla presenza di sezioni singolari quali ponti, tombini, stramazzi ed ostruzioni dell'alveo.

Nel caso in oggetto non si è fatto riferimento ad alcuna ramificazione dell'alveo, implementando un modello completamente monodimensionale, che si estende lungo il tracciato del corso d'acqua.

### Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle). In un regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria è quella di valle (se la corrente è lenta non risente di ciò che accade a monte), mentre nel caso di corrente veloce vale l'opposto. Se invece viene effettuato un calcolo in regime di flusso misto, allora le condizioni al contorno devono essere definite a valle e a monte.

	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di  54/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

Le condizioni al contorno disponibili sono:

- quota nota del pelo libero;
- altezza critica;
- altezza di moto uniforme;
- scala di deflusso.

#### Risultati dei calcoli idraulici

La procedura di calcolo per la determinazione della profondità d'acqua in ogni sezione è iterativa: si assegna una condizione iniziale a valle o a monte e si procede verso monte o valle, in dipendenza dalle condizioni di analisi di un profilo di corrente lenta o veloce; si assume una quota della superficie libera,  $WS^I = Y^I + Z$ , di primo tentativo nella sezione in cui essa è incognita; si determinano  $K$  e  $V$ ; si calcolano  $J_m$  e  $\Delta H$ ; si ottiene quindi dall'equazione dell'energia un secondo valore della quota dell'acqua,  $WS^{II}$ , che viene posto a confronto con il valore assunto inizialmente; tale ciclo viene ripetuto finché la differenza tra le quote della superficie libera risulta inferiore ad un valore massimo di tolleranza prestabilito dall'operatore. La profondità  $Y$  della corrente viene quindi paragonata con l'altezza critica,  $Y_{cr}$ , per stabilire se il regime di moto è subcritico o supercritico. L'altezza critica è definita come la profondità per cui il carico totale,  $H$ , assume valore minimo.

Si possono presentare situazioni in cui la curva dell'energia, data dalla funzione  $H(WS)$ , presenta più di un minimo (ad esempio in presenza di ampie golene oppure in caso di esondazione oltre gli argini identificati in fase di modellazione geometrica); il codice di calcolo può individuare fino a tre minimi nella curva, tra i quali seleziona il valore minore.

Oltre ai valori di portata e di livello calcolati direttamente dal codice di calcolo il modello fornisce in output anche i valori dell'area, larghezza del pelo libero, della velocità, dell'altezza d'acqua e del numero di Froude per ogni sezione di calcolo.

È fornita anche la linea del carico totale ottenuta come

$$H = WS + V^2/2g$$

dove

- $h$  è il livello idrico (m);
- $V$  la velocità media nella sezione trasversale (m/s).

Note la profondità d'acqua e l'altezza critica in una sezione, si determina se nella data sezione il regime è di corrente lenta o veloce. Se tale regime risulta differire da quanto identificato per la sezione precedente, la profondità d'acqua determinata perde di significato ed alla sezione viene assegnato il valore dell'altezza critica.

Nel caso di passaggio da regime supercritico a subcritico tramite risalto idraulico, la corrente perde il carattere gradualmente variato e l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, il codice di calcolo ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto, che, indicando con i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + A_2 Y_{2,b} + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{g A_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con  $\beta$  coefficiente di ragguglio dei flussi di quantità di moto);

 	Identificativo Company: <b>078521BLRVQ2006</b>		Identificativo Contractor <b>21-LA-E-80007</b>		Indice Revisione		Foglio / di 55/55
					Stato di validità	Rev. N°	
					<b>CD-FE</b>	<b>01</b>	
Company: <b>Eni S.p.A</b>	Settore: <b>DIME</b>	Unità: <b>PROG-ME</b>	Localizzazione: <b>Onshore-Basilicata-Val D'Agri</b>			05/08/2022	
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO - FIUME AGRÌ							

- il secondo e il sesto termine rappresentano le spinte idrostatiche dovute alle pressioni (essendo  $Y_{2,b}$  e  $Y_{1,b}$  gli affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate);
- il terzo termine rappresenta la componente del peso lungo la direzione del moto (con  $i$  pendenza longitudinale del fondo dell'alveo, calcolata in base alle quote medie in ciascuna sezione);
- il quarto termine rappresenta i fattori di resistenza al moto.