

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.
SACYR S.A.U.
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

PRO-GEO HiPro
progettazione geotecnica *ingegneria*

Prof. Ing. G. Umiltà
Ordine Ing. Palermo n°1729



Ing. E. Pagani
Ordine Ing. Milano n°15408

IL CONTRAENTE GENERALE
PROJECT MANAGER
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
Dott. P. Ciucci

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA	CZV0782_F0
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	TORRENTE COCUZZARO	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	

CODICE

C G 0 0 0 0 P R G V S C Z C 4 S D 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	Emissione finale	DICA	E.FOTI	G. UMITA'

NOME DEL FILE: CZV0782_F0

revisione interna: __



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE (DICA)

CONVENZIONE TRA LA SOCIETÀ' EUROLINK S.C.p.A. E IL DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA



*Studi propedeutici relativi alla possibilità di impiego dei materiali di scavo
per il ripascimento delle coste e analisi rischio idraulico dei bacini
interessati dalle opere previste nel Progetto Definitivo del Collegamento
Stabile dello Stretto di Messina sul versante Sicilia*

TORRENTE COCUZZARO – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Il Responsabile Scientifico
(Prof. Ing. Enrico FOTI)

Il Direttore del DICA
(Prof. Ing. Enrico FOTI)

Catania, Maggio 2012

INDICE

1	Premessa	4
2	Descrizione e del torrente Cocuzzaro	5
2.1	Generalità e indicazioni del P.A.I.	5
2.2	Analisi dello stato dei luoghi.....	6
3	Analisi idrologica del torrente Cocuzzaro	11
3.1	Caratteristiche morfometriche del bacino	11
3.2	Analisi delle piogge intense.....	11
3.3	Stima delle portate al colmo per vari tempi di ritorno.....	13
4	Modellazione idraulica del Torrente Cocuzzaro.....	15
4.1	Criticità rilevate sul Torrente Cocuzzaro.....	24
5	Analisi dei risultati e conclusioni.....	26
	Bibliografia	27
	Appendice A – Tabelle riassuntive dei parametri idraulici delle simulazioni effettuate	28
	Appendice B – Quaderno delle sezioni di calcolo.....	34

1 Premessa

Il territorio della Provincia di Messina è particolarmente esposto al rischio idraulico, come purtroppo anche testimoniato dall'alluvione del 1° ottobre 2009, che ha prodotto 37 vittime, oltre a ingentissimi danni, nonché dalle più recenti alluvioni del 1° marzo 2011 e, da ultimo, dall'alluvione del 22 novembre 2011, che ha causato 3 vittime.

In un territorio come quello sopra menzionato ogni nuova opera civile che si intende realizzare deve essere pensata, progettata e realizzata non solo nell'ottica delle funzioni che essa dovrà assolvere, ma anche come occasione ed opportunità per migliorare le condizioni di criticità esistenti.

In tale contesto, la EUROLINK SCpA ha chiesto la collaborazione del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA) dell'Università degli Studi di Catania, al fine di ottenere contributi metodologici nell'ambito del progetto definitivo delle opere di collegamento al ponte sullo stretto di Messina che insistono sul versante siciliano.

Gli studi condotti dal DICA sono stati rivolti alla valutazione del rischio idraulico per i torrenti che sono attraversati dalle opere di collegamento o per quelli in cui si prevede la realizzazione dei Siti di Recupero Ambientale (SRA) in aree prossime ai torrenti stessi.

La presente relazione illustra gli studi idrologici e idraulici condotti con riferimento al torrente Cocuzzaro nel cui bacino è prevista la realizzazione di un sito di recupero ambientale, denominato SRAS1, e di varie opere idrauliche disposte sul torrente stesso finalizzate alla riduzione del rischio idraulico delle zone urbanizzate limitrofe.

Le verifiche idrauliche del torrente Cocuzzaro e delle opere previste in progetto sono state condotte mediante simulazioni numeriche condotte con il software Hec-Ras.

2 Descrizione e del torrente Cocuzzaro

2.1 Generalità e indicazioni del P.A.I.

Il torrente Cocuzzaro separa il Comune di Spadafora, localizzato a Ovest del torrente, e il Comune di Venetico, localizzato a Est del torrente, nel territorio della provincia di Messina, con sbocco sul Mare Tirreno. Il torrente Cocuzzaro si sviluppa per una lunghezza di circa 6.4 km all'interno di un bacino con estensione pari 6.27 km² (quota massima dell'asta 392.2 m s.m.m.). Come si evince dalla Figura 2.1, il bacino del torrente Cocuzzaro fa parte dell'area territoriale tra il bacino del Torrente Saponara e il bacino del torrente Niceto.

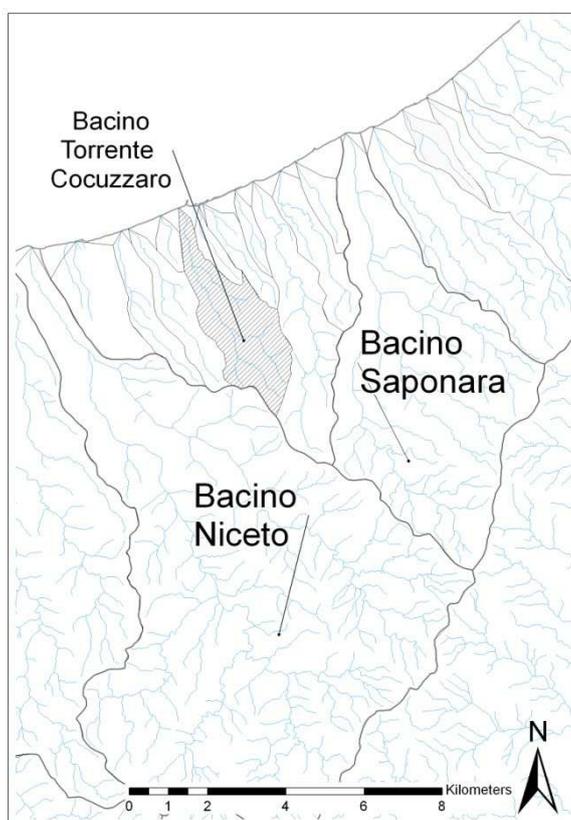


Figura 2.1. – Bacino del Torrente Cocuzzaro.

Il bacino del Torrente Cocuzzaro è descritto all'interno del P.A.I. Regione Sicilia - 1° Aggiornamento "Puntuale" CTR n. 588130. In particolare, il P.A.I. non indica aree potenzialmente inondabili per la zona compresa tra il bacino del torrente Saponara e il bacino Niceto, sebbene tra il Comune di Spadafora e il Comune di Venetico è stato individuato un sito di attenzione, in corrispondenza dell'attraversamento stradale, SS113.

senso opposto a quello della corrente. Tale scelta è dovuta al fatto che il sopralluogo è stato condotto risalendo il torrente dalla foce verso monte, al fine di meglio focalizzare l'attenzione sulla zona più intensamente urbanizzata e interessata da manufatti idraulici e di attraversamento.

In figura 2.3 è riportata l'ortofoto del tratto di valle del Torrente Cocuzzaro, con l'indicazione delle sezioni particolarmente significative interessate dal rilievo e opportunamente codificate. Nel seguito si farà riferimento a tale codifica per indicare le sezioni, nonché alla documentazione fotografica riportata in calce al presente paragrafo. Come già detto, l'area in prossimità foce del torrente Cocuzzaro è densamente urbanizzata. A monte dal primo attraversamento stradale (P5_RCo) in via Lungomare (IMG – 1), il torrente è delimitato sia in sinistra che in destra da argini in muratura. L'argine in destra inizia circa 25 m più a monte del manufatto P5_RCo.

A una distanza di circa 100 m a monte del P5_RCo è localizzato un attraversamento stradale, in corrispondenza di via Seconda Provinciale (P4_RCo). L'attraversamento poggia su una struttura in muratura, costituita da due archi a sesto ribassato (IMG – 2).

A monte del P4_RCo, a circa 100 m, vi è un ulteriore attraversamento, in corrispondenza della SS113 (P3_RCo) (IMG – 3). Si precisa come tale manufatto presenti 3 luci di cui 2 risultano ostruite. In passato, e precisamente in occasione di un evento di piena nel 2010, proprio in corrispondenza del manufatto P3_RCo, si sono avuti notevoli problemi alla viabilità, a seguito di un considerevole accumulo di materiale in corrispondenza di dette luci. Pertanto, tenendo conto dello stato dei luoghi e degli eventi passati, cautelativamente il manufatto P3_RCo è stato simulato considerando libera solo una delle 3 luci disponibili.

A circa 12 m dal P3_RCo è presente un salto di fondo di altezza pari a circa 0.5 m.

A monte del P3_RCo, a circa 95 m, è presente un attraversamento ferroviario (P2_RCo) (IMG – 5). Subito a monte del P2_RCo, in destra, l'argine è difeso da una gabbionata alta circa 2 m, per circa 15 m. Mentre in sinistra la sponda è caratterizzata dalla presenza di una folta vegetazione (IMG – 6).

Il tratto del corso d'acqua a monte di tale attraversamento non è stato rilevato direttamente, in quanto non è stato possibile accedervi durante il sopralluogo effettuato. Tuttavia dall'analisi delle ortofoto disponibili (ATA 2007-2008) si evince che il tratto che va dalla vecchia ferrovia sino all'attraversamento della nuova ferrovia (P1_RCo) presenta una area della sezione pressoché costante, difesa con discontinuità da muri e con l'evidente presenza di diversi attraversamenti a guado.



Figura 2.3. – Torrente Cocuzzaro: ubicazione dei manufatti principali.

Tabella 2.1. Dimensioni dei manufatti rilevati e modellati idraulicamente durante il sopralluogo del 14/03/2012.

Nome	Localizzazione	Altezza [m]	Larghezza [m]
P5_RCo	Via Lungomare	1.90	26.80
P4_RCo	Via Seconda Provinciale	3.00	15.00
P3_RCo	SS113	1.30	10
P2_RCo	Attraversamento ferrovia vecchia	6.00	27.00



IMG - 1



IMG - 2



IMG - 3



IMG - 4



IMG – 5



IMG – 6



IMG – 7



IMG – 8

3 Analisi idrologica del torrente Cocuzzaro

3.1 Caratteristiche morfometriche del bacino

Le analisi idrologiche sono state effettuate facendo riferimento ad una sezione di chiusura posta alla foce del torrente.

Al fine di determinare i tempi di corrivazione t_c in corrispondenza di tale sezione, si è proceduto ad una valutazione delle caratteristiche morfometriche, riportate in Tabella 3.1 (in cui A [km²] è l'area del bacino, L [km] è la lunghezza dell'asta, i è la pendenza dell'asta). Nella stessa tabella sono inoltre riportati: la velocità fittizia v_f , stimata da tabelle di letteratura, ed i tempi di corrivazione t_c , ottenuti come media dei risultati delle seguenti formule:

$$t_c = 0.066 \cdot \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}} \quad (\text{Kirpich})$$

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}} \quad (\text{Pezzoli})$$

$$t_c = \frac{L}{v_f} \quad (\text{Velocità fittizia})$$

$$t_c = \frac{0.108}{\sqrt{i}} (AL)^{1/3} \quad (\text{Pasini})$$

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{i}} \quad (\text{Ventura})$$

$$t_c = 0.3716A^{0.6} \quad (\text{Di Stefano e Ferro})$$

Tabella 3.1. Caratteristiche morfometriche, velocità fittizia e tempo di corrivazione relativo alla sezione di chiusura posta alla foce.

Sezione	A [km ²]	L [km]	i [%]	v _f [m/s]	t _c [ore]
Foce	6.24	6.4	6.1	1.5	1.19

3.2 Analisi delle piogge intense

Le stazioni pluviometriche in prossimità del bacino, per cui si dispone di serie di dati di lunghezza significativa, sono: Milazzo, Monforte S. G. e Calvaruso della Rete Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia (ODA). Da un'analisi dell'influenza di tali stazioni (tramite il metodo Inverse Distance Weighted) sull'area d'interesse, si può desumere che la stazione di Milazzo ha peso trascurabile. E' stata quindi effettuata

un'analisi delle precipitazioni intense delle stazioni pluviometriche Calvaruso e Monforte S. G.. Di tali stazioni si hanno a disposizione i dati dei massimi annuali di precipitazione per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i periodi riportati nella Tabella 3.II.

Tabella 3.II. Stazioni pluviometriche considerate per l'analisi delle piogge intense nel bacino del torrente Cocuzzaro.

Codice ODA	Nome	Quota [m s.m.m.]	Attiva	Anno inizio	Anno fine	N° Oss.
10	Calvaruso	135	no	1972	2002	16
40	Monforte S. G.	320	no	1971	2002	31

A tali serie di dati sono stati adattati vari modelli probabilistici (Gumbel, Generalized Extreme Value, Gumbel Scala Invariante e GEV Scala Invariante). Con riferimento a quest'ultima metodologia, alla luce del ridotto tempo di corrvazione, l'invarianza di scala è stata ipotizzata per l'intervallo di durata 1-6 ore.

Il modello GEV Scala Invariante è quello che meglio si presta ad interpretare i dati, come risulta da test statistici applicati e anche dall'esame dei grafici di Figura 3.1.

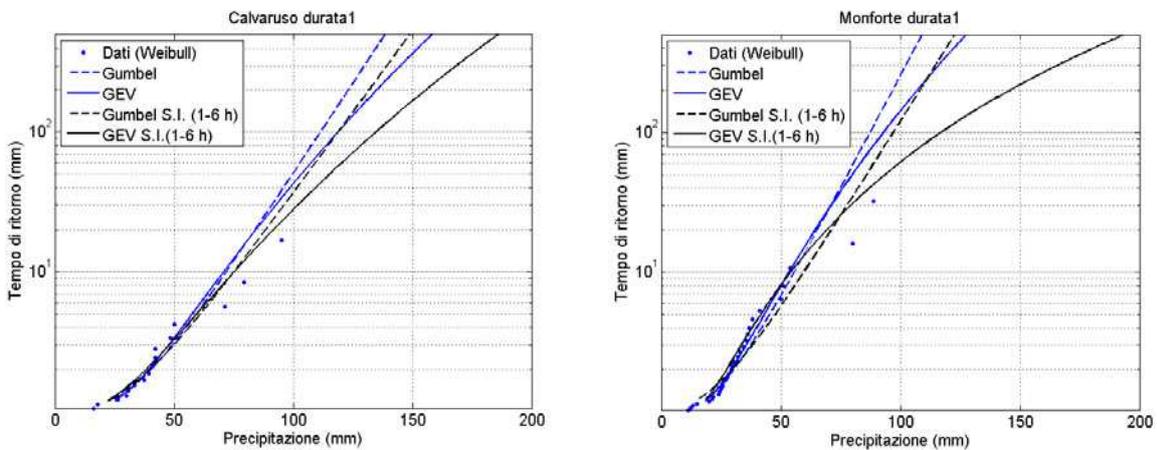


Figura 3.1 Bontà di adattamento di varie distribuzioni ai massimi annuali di durata un'ora.

Per le curve di probabilità pluviometrica è stata utilizzata l'espressione monomia:

$$h=at^n$$

essendo h l'altezza di pioggia in mm, t la durata in ore e a ed n parametri, in generale, dipendenti dal tempo di ritorno.

Dal modello GEV Scala Invariante risultano i valori del parametro a delle curve di probabilità pluviometrica riportati in Tabella 3.III, per vari tempi di ritorno.

Tabella 3.III. Parametro a delle curve di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno

Stazione	PESO	Tempo di ritorno (anni)							
		2	10	20	30	50	100	200	300
Calvaruso (1)	0.44	38.19	75.23	91.70	101.83	115.20	134.58	155.54	168.60
Monforte S.G (2).	0.56	27.27	54.15	69.05	79.16	93.66	117.06	145.68	165.31

Essendo il tempo di corrivazione superiore all'ora, è stato considerato un esponente n delle CPP diverso per le due stazioni, e precisamente $n_1 = 0.456$ per Calvaruso e $n_2 = 0.349$ per Monforte S.G..

Per il calcolo delle portate al colmo è stato quindi impiegato il valore di media pesata tra le altezze di precipitazione relative alle singole stazioni, secondo i pesi (determinati tramite spazializzazione IDW) riportati nella stessa Tabella 3.III. Più in dettaglio la precipitazione di tempo di ritorno T e durata t_c è stata calcolata come:

$$h_{t_c, T} = p_1 a_{1, T} t_c^{n_1} + p_2 a_{2, T} t_c^{n_2}$$

avendo indicato con p_i i pesi delle stazioni (il pedice 1 corrisponde a Calvaruso e il pedice 2 a Monforte S.G.).

3.3 Stima delle portate al colmo per vari tempi di ritorno

Le portate al colmo Q_c per vari tempi di ritorno sono state stimate attraverso la formula di Turazza:

$$Q_c = \frac{C h_{t_c, T} A}{3.6 t_c}$$

in cui A è l'estensione del bacino in km^2 , C il coefficiente di deflusso, e $h_{t_c, T}$ l'altezza di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione e di tempo di ritorno T . Per il coefficiente di deflusso C è stato scelto un valore cautelativo pari a 0.80.

Le portate ottenute in corrispondenza della foce sono riportate in Tabella 3.IV.

Tabella 3.IV. Portate al colmo alla foce del torrente Cocuzzaro per vari tempi di ritorno in m^3/s

Tempo di ritorno (anni)							
2	10	20	30	50	100	200	300
40.23	79.56	99.09	111.76	129.29	156.36	187.93	208.86

4 Modellazione idraulica del Torrente Cocuzzaro

La simulazione della propagazione delle piene all'interno del corso d'acqua è stata effettuata mediante il codice numerico unidimensionale HEC-RAS in condizioni di moto permanente, più cautelative rispetto alle condizioni di moto vario. Inoltre, la scelta di utilizzare la modellazione unidimensionale in moto permanente è connessa allo scopo dello studio che vuole verificare le condizioni di deflusso all'interno dell'alveo del torrente in oggetto e non le eventuali zone interessate da esondazione, nel qual caso sarebbe stato necessario adottare un codice 2D.

Per quanto concerne l'input di portata, sono stati considerati i valori corrispondenti a diversi tempi di ritorno ($T_r = 2, 10, 20, 30, 50, 100, 200$ e 300 anni), ricavati dalle analisi idrologiche sopra descritte. Nella Tabella 4.1 si riportano i valori di portata considerati in corrispondenza della due sezioni sopra citate.

Tabella 4.1. Valori delle portate per i diversi tempi di ritorno considerati.

Tempo di ritorno [anni]	2	10	20	30	50	100	200	300
Portata [m³/s]	40.23	79.56	99.09	111.76	129.29	156.36	187.93	208.86

Viste le caratteristiche del torrente si sono imposte le seguenti condizioni al contorno:

- Altezza sezione di monte: pari all'altezza di moto uniforme;
- Quota del pelo libero alla sezione di valle: pari a 0 m s.l.m.m. (in corrispondenza della foce);
- Tipo di moto: misto (correnti lente e veloci).

Per quanto concerne i coefficienti di Manning n si sono considerate due principali tipologie di fondo e sponde dell'alveo, facendo riferimento ai seguenti valori (Rossi e Salvi, 1986):

- terra in cattive condizioni, corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia: $0.030 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$;
- canali in abbandono con grande vegetazione, corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo: $0.055 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$;

Nella Figura 4.1 si riporta il profilo longitudinale del Torrente Cocuzzaro, nel tratto analizzato che si estende dalla foce al tratto a monte dell'attraversamento con il nuovo tracciato ferroviario, in cui si evidenzia la posizione dei manufatti principali di cui si è tenuto conto in fase di simulazione idraulica.

Dalla Figura 4.2 alla Figura 4.7 sono riportati i profili di moto uniforme del torrente Cocuzzaro per diversi tempi di ritorno. In particolare si evidenzia come già per un tempo

di ritorno di 2 anni, si mostrano le criticità del sistema in studio, in particolare in corrispondenza del tombino P3_RC.

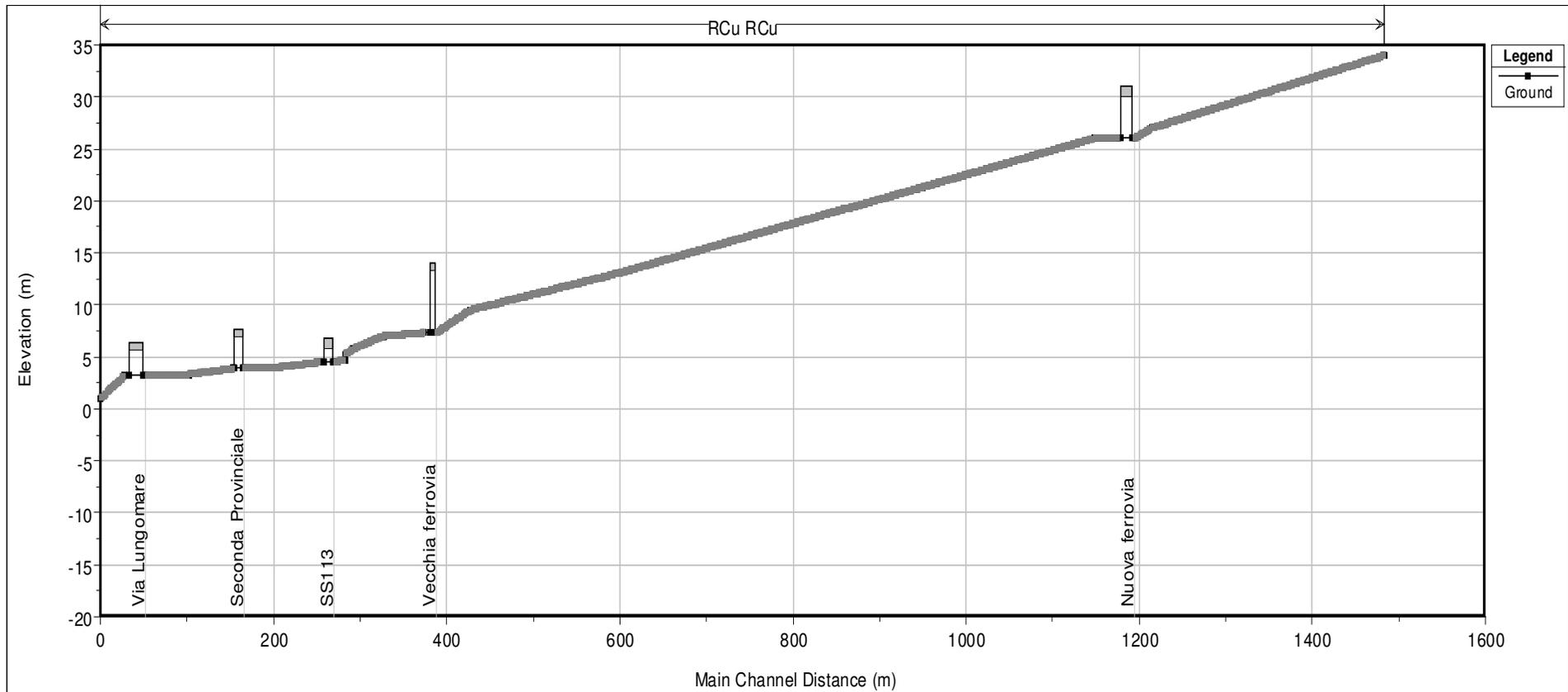


Figura 4.1. – Profilo longitudinale del torrente Cocuzzaro.

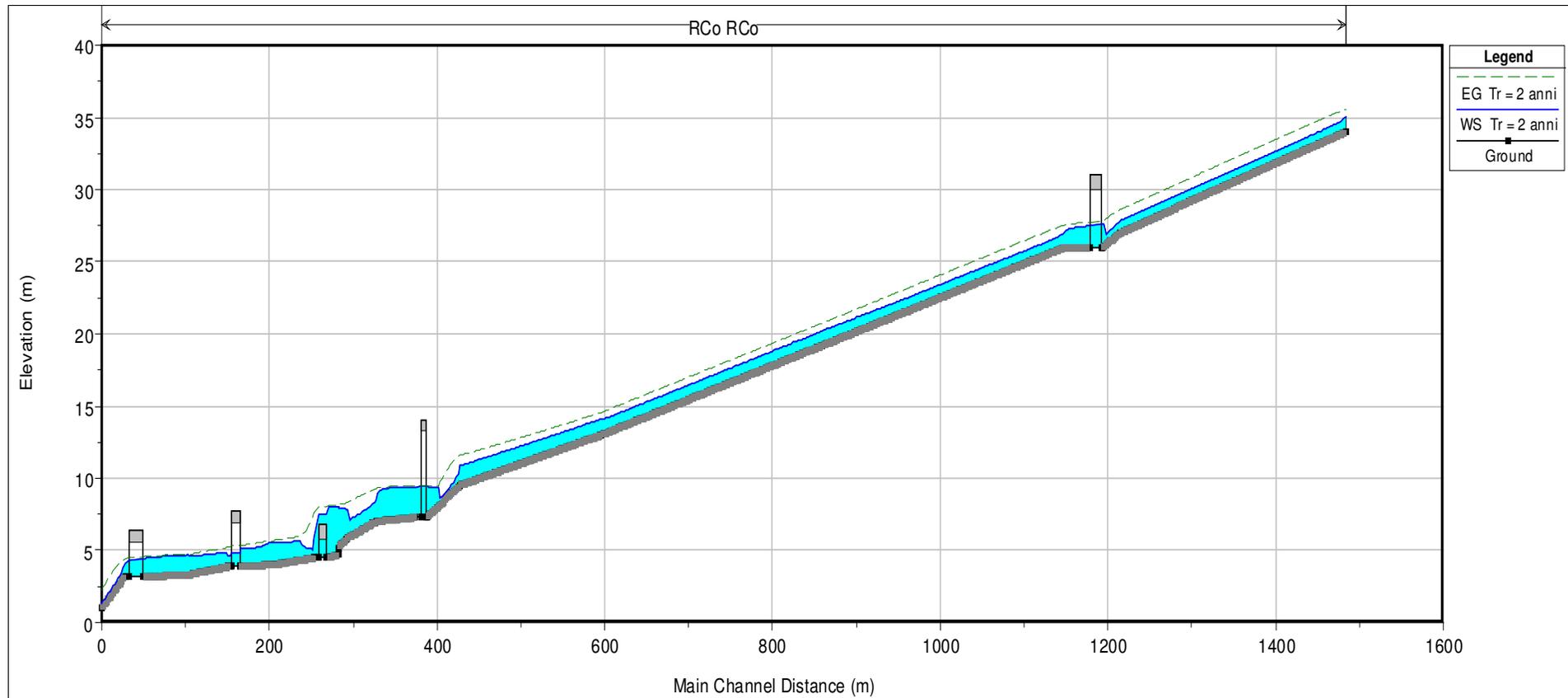


Figura 4.2. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $40.23 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 2$ anni)

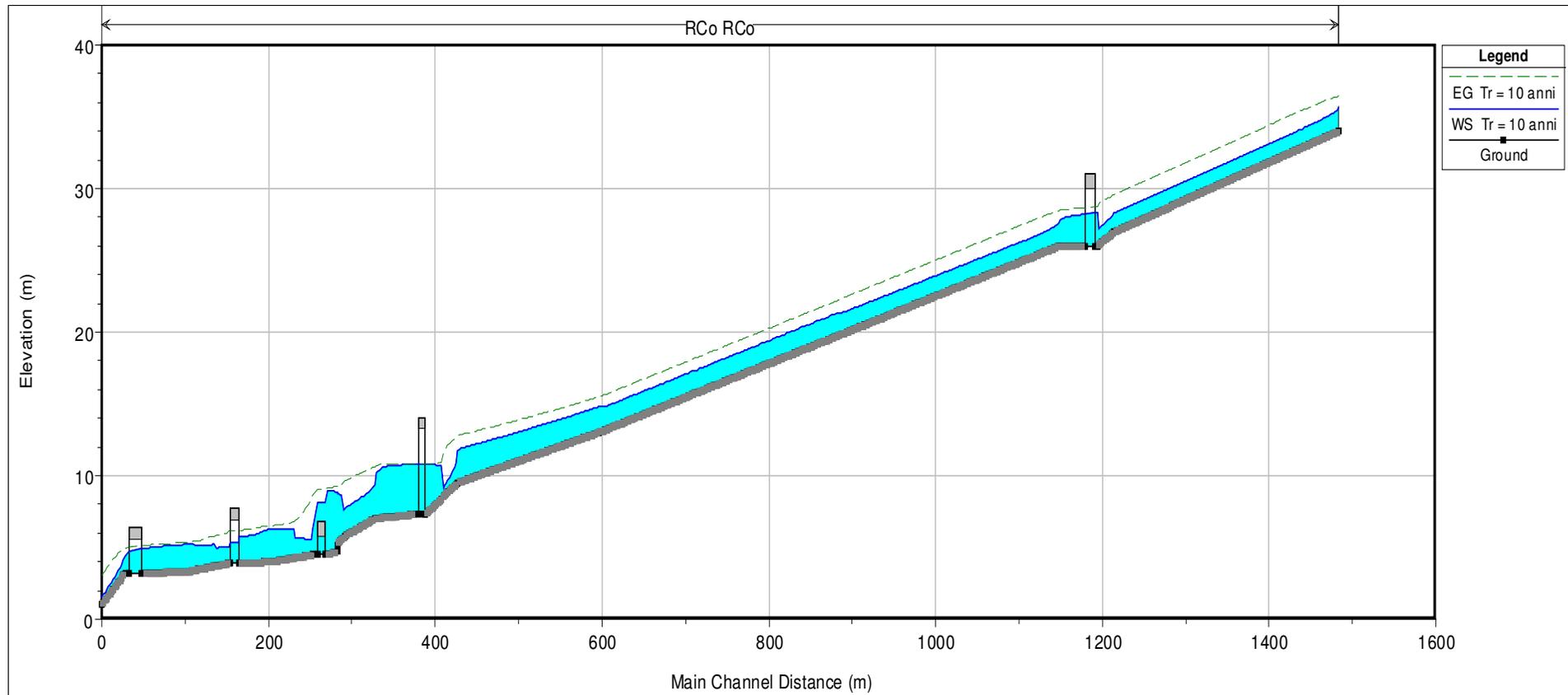


Figura 4.3. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $79.56 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 10$ anni)

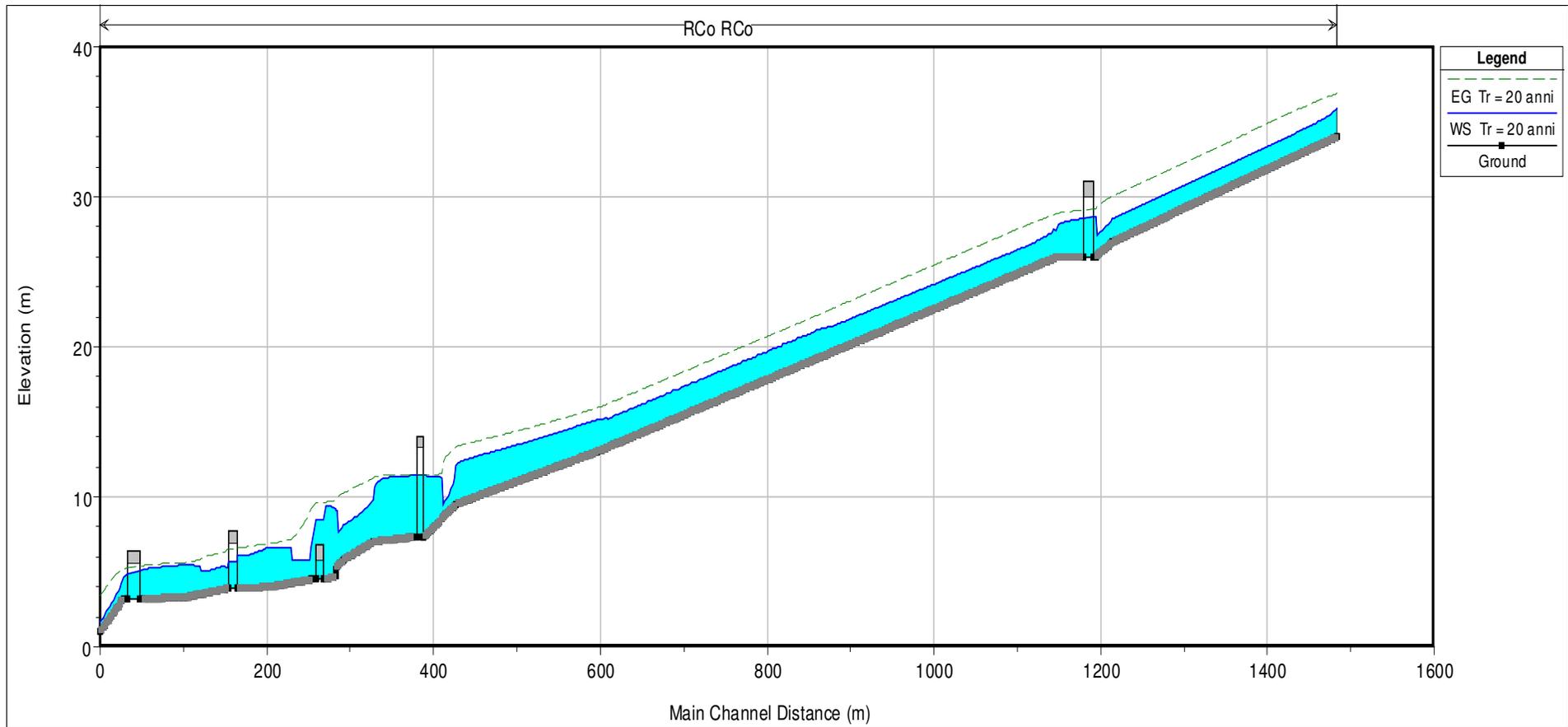


Figura 4.4. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $99.09 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 20$ anni)

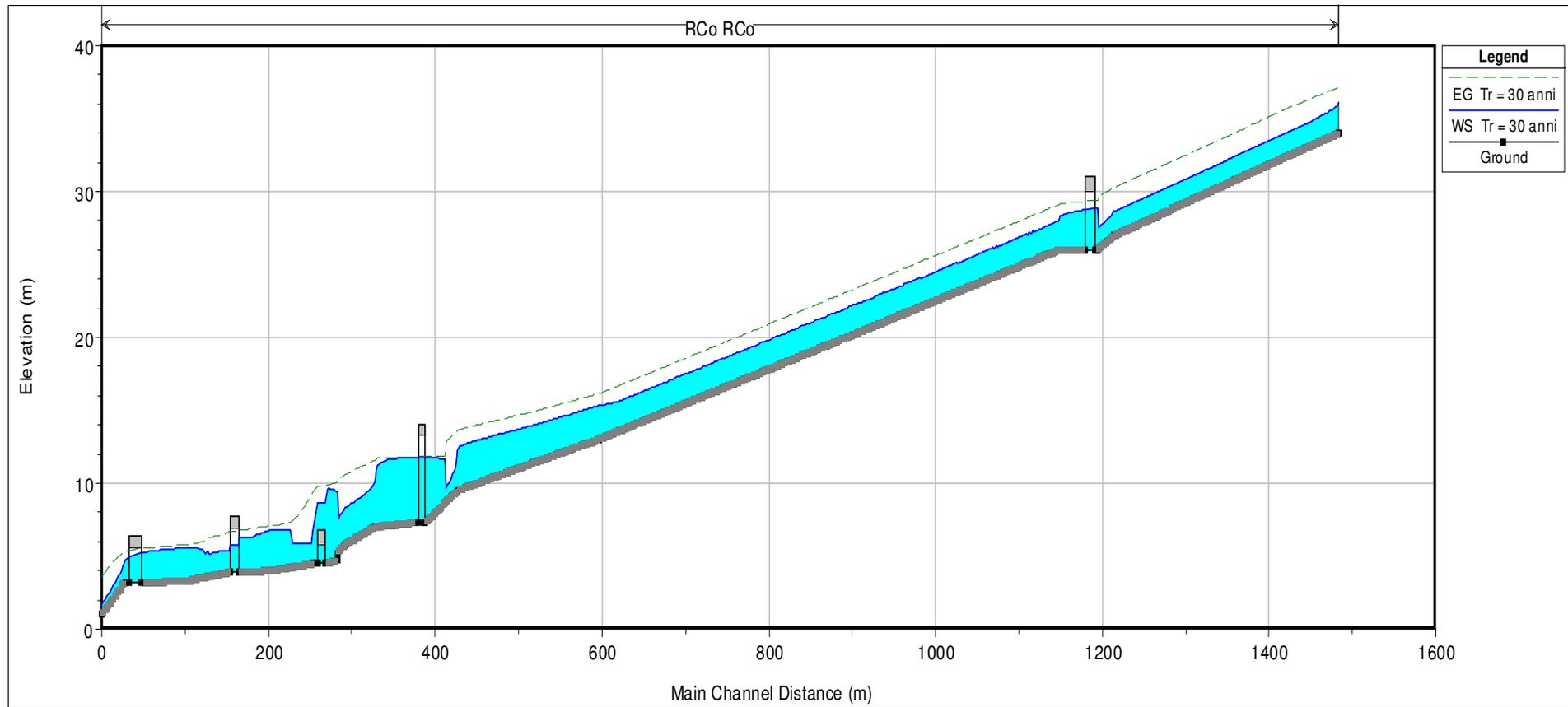


Figura 4.5. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $111.76 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 30$ anni)

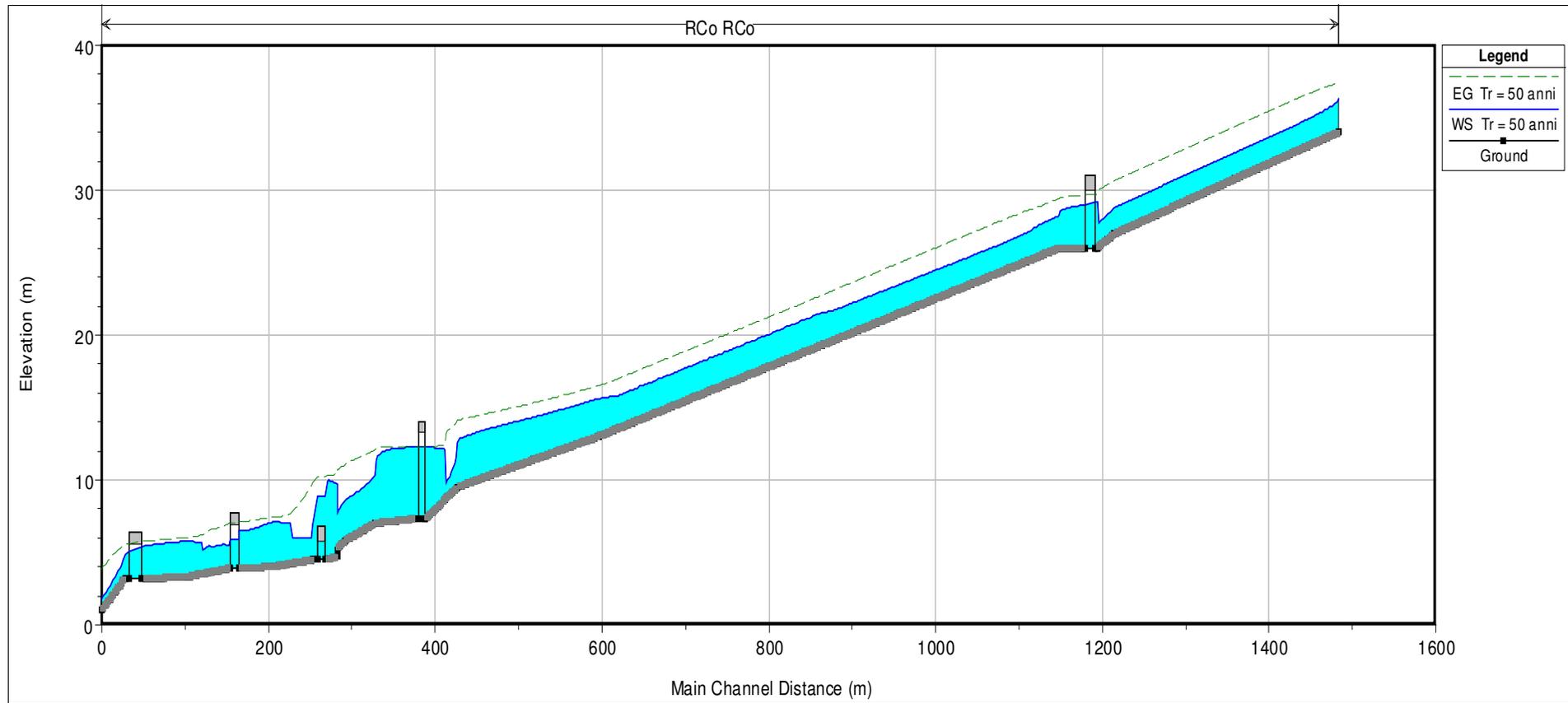


Figura 4.6. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $129.29 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 50$ anni)

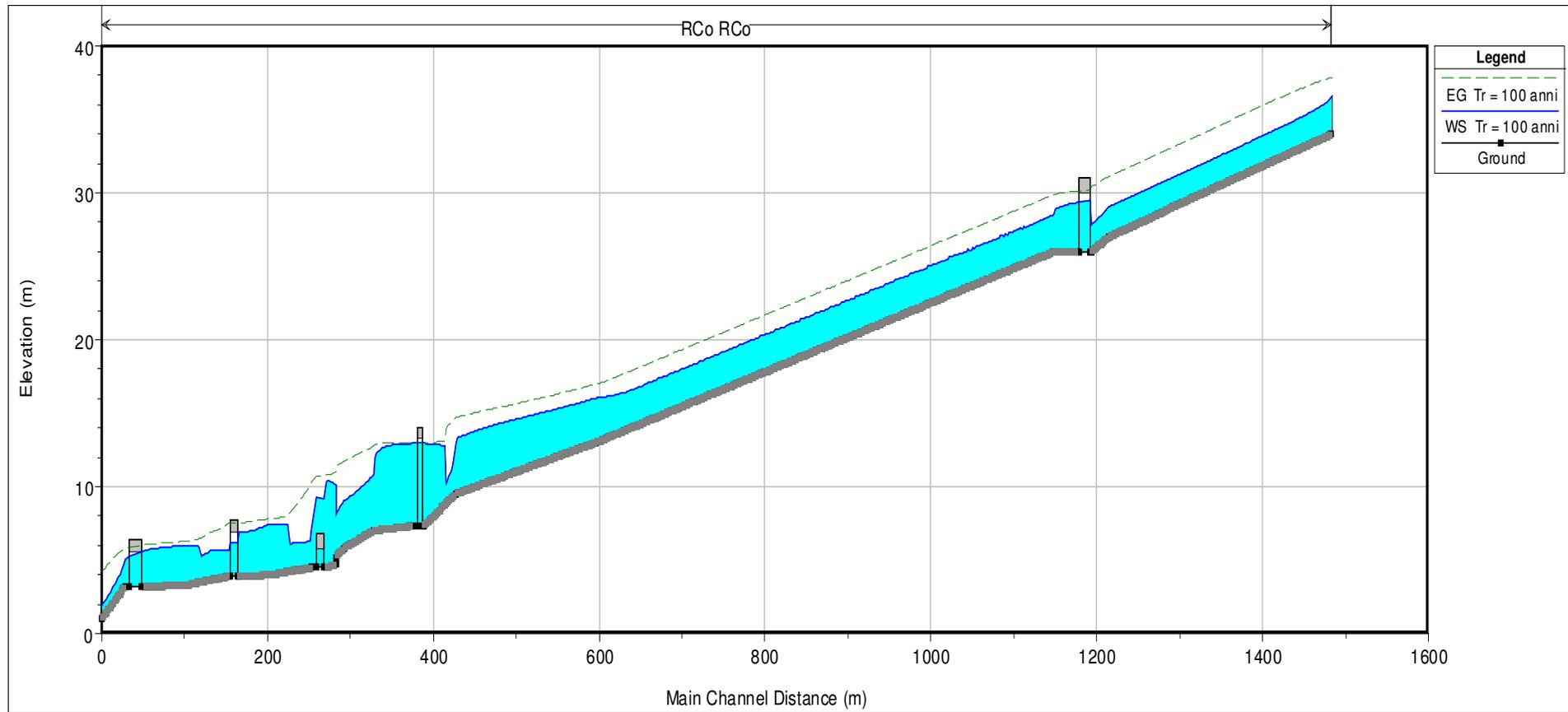


Figura 4.7. – Profilo longitudinale del pelo libero del torrente Cocuzzaro per un valore di portata di $156.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr = 100$ anni)

4.1 Criticità rilevate sul Torrente Cocuzzaro

I risultati della modellazione idraulica mostrano come le principali criticità riscontrate siano localizzate in prossimità dell'attraversamento P3_RCo, il quale entra in crisi, generando esondazioni, anche con bassi valori di portata ($40 \text{ m}^3/\text{s}$), corrispondenti ad un tempo di ritorno di 2 anni.

Ciò è in accordo con quanto evidenziato nella carta della pericolosità del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia*, che individua l'area in prossimità di tale zona come "sito di attenzione".

Nella Tabella 4.II si riassumono i valori di franco disponibile valutati in corrispondenza dei singoli manufatti. In rosso sono evidenziati i valori di franco critici, ovvero quelli inferiori a 1 m e quelli "negativi", che corrispondono a condizioni di esondazione del corso d'acqua. Inoltre, si sono omessi i valori dei tiranti corrispondenti a tempi di ritorno maggiori di quelli per cui la sezione non verifica, in quanto privi di significato considerata la natura monodimensionale e permanente della simulazione.

Tabella 4.II. Valori del franco in corrispondenza dei manufatti idraulici e di attraversamento presenti sul torrente Cocuzzaro al variare del tempo di ritorno (in rosso sono evidenziati i valori critici). I trattini indicano valori dei tiranti corrispondenti a tempi di ritorno maggiori di quelli per cui la sezione non verifica, in quanto privi di significato.

Franco [m]	TR= 2 anni	TR= 10 anni	TR= 20 anni	TR= 30 anni	TR= 50 anni	TR= 100 anni
P1_RCo	2.42	1.66	1.34	1.14	0.88	-
P2_RCo	3.87	2.5	1.91	1.55	1.07	0.37
P3_RCo	-1.69	-	-	-	-	-
P4_RCo	2.05	1.5	1.27	1.15	0.99	-
P5_RCo	1.16	0.7	-	-	-	-

Il manufatto P1_RCo (attraversamento ferroviario nuovo), per il quale, come già detto in precedenza, le dimensioni sono state determinate in maniera indiretta dalle informazioni cartografiche disponibili, entra in crisi per valori di portata pari a $130 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondenti a un tempo di ritorno di 50 anni.

L'attraversamento P2_RCo, nonostante l'ampia sezione idraulica, non verifica per valori di portata di $155 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondenti a un tempo di ritorno di 100 anni.

L'attraversamento stradale P4_RCo non verifica per valori di portata paria $130 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondenti a un tempo di ritorno di 50 anni.

Infine l'attraversamento stradale P5_RCo raggiunge una condizione di non sicurezza per valori di portata di $80 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondenti ad un tempo di ritorno di 10 anni.

5 Analisi dei risultati e conclusioni

Lo studio condotto ha riguardato la verifica idraulica del torrente Cocuzzaro nella sua configurazione attuale al fine di verificare se possano essere scaricate in esso le acque provenienti dal sito di recupero ambientale denominato SRAS1 previsto nel progetto definitivo del collegamento stabile tra la Sicilia e il Continente.

Lo studio è stato condotto effettuando preliminarmente un accurato sopralluogo dei tratti di torrente interessati, direttamente o indirettamente, dalle opere previste, conducendo un rilievo dei principali manufatti idraulici, che ha consentito l'individuazione di una sezione di interesse posta in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino, ai fini della determinazione della portata da assumere alla base della verifica. Alla luce delle modeste superfici dei bacini sottesi, tale portata è stata valutata al variare del tempo di ritorno mediante la formula di Turazza, a partire dai dati pluviometrici delle stazioni di Calvaruso e Monforte appartenenti alla Rete dell'Osservatorio dell'Acque.

Le verifiche idrauliche sono state condotte mediante il codice Hec-Ras, in condizioni di moto permanente, più cautelative rispetto a quelle di moto vario. La scelta di utilizzare la modellazione in moto permanente è coerente allo scopo dello studio, con il quale si intendono verificare le condizioni di deflusso all'interno dell'alveo del torrente in oggetto e non già analizzare le eventuali zone interessate da esondazione.

La simulazione idraulica del Torrente Cocuzzaro ha evidenziato che, a causa delle ridotte dimensioni del tombino di attraversamento della SS 113, il sistema di deflusso delle acque entra in crisi già per tempi di ritorno ridotti, pari a circa a 2 anni, ben al di sotto di quanto la buona pratica progettuale imporrebbe per opere di difesa idraulica. Inoltre, l'impalcato della via Lungomare non consente in deflusso delle portate caratterizzate da tempi di ritorno pari a 10 anni.

Alla luce di quanto sopra brevemente esposto, appare certamente sconsigliabile l'utilizzo del torrente Cocuzzaro come recapito finale delle acque extrabacinali provenienti dal citato sito di recupero ambientale SRAS1.

Bibliografia

Rossi F. e Salvi F.(1986), Manuale di Ingegneria Civile, Cremonese, Roma

Appendice A – Tabelle riassuntive dei parametri idraulici delle simulazioni effettuate

Di seguito si riportano i parametri idraulici ottenuti dalle simulazioni, dove i simboli indicano:

River Sta: nome della sezione; **Q Total:** portata totale che defluisce attraverso la sezione; **Min Ch El:** elevazione rispetto la quota del mare del fondo; **W.S. Elev.:** elevazione rispetto la quota del mare del pelo libero; **E.G. Elev.** elevazione rispetto la quota del mare dell'energia; **Vel Chnl:** velocità delle acque; **Flow Area** : superficie idraulica; **Top Width:** larghezza in superficie, **Froude # Chl:** numero di Froude.

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1502.034 1	Tr = 2 anni	40.23	34	35.04	35.04	35.57	0.0132	3.22	12.51	12	1
1502.034 1	Tr = 10 anni	79.56	34	35.65	35.65	36.47	0.0125	4.03	19.76	12	1
1502.034 1	Tr = 20 anni	99.09	34	35.9	35.9	36.86	0.0126	4.34	22.82	12	1
1502.034 1	Tr = 30 anni	111.76	34	36.06	36.06	37.1	0.0126	4.52	24.74	12	1
1502.034 1	Tr = 50 anni	129.29	34	36.28	36.28	37.42	0.0125	4.73	27.33	12	1
1502.034 1	Tr = 100 anni	156.36	34	36.59	36.59	37.88	0.0126	5.04	31.04	12	1
1232.965 2	Tr = 2 anni	40.23	27	27.85	28.04	28.64	0.0249	3.93	10.23	12	1.36
1232.965 2	Tr = 10 anni	79.56	27	28.32	28.65	29.61	0.0249	5.03	15.81	12	1.4
1232.965 2	Tr = 20 anni	99.09	27	28.52	28.9	30.03	0.0250	5.44	18.21	12	1.41
1232.965 2	Tr = 30 anni	111.76	27	28.64	29.06	30.28	0.0250	5.68	19.69	12	1.41
1232.965 2	Tr = 50 anni	129.29	27	28.81	29.28	30.62	0.0249	5.96	21.71	12	1.41
1232.965 2	Tr = 100 anni	156.36	27	29.05	29.59	31.11	0.0249	6.35	24.63	12	1.41
1212.641 3	Tr = 2 anni	40.23	26	27.59	27.04	27.82	0.0035	2.1	19.12	12	0.53
1212.641 3	Tr = 10 anni	79.56	26	28.36	27.65	28.76	0.0043	2.81	28.3	12	0.58
1212.641 3	Tr = 20 anni	99.09	26	28.68	27.9	29.17	0.0045	3.08	32.2	12	0.6
1212.641 3	Tr = 30 anni	111.76	26	28.88	28.06	29.41	0.0047	3.23	34.59	12	0.61
1212.641 3	Tr = 50 anni	129.29	26	29.14	28.28	29.74	0.0049	3.43	37.69	12	0.62
1212.641 3	Tr = 100 anni	156.36	26	27.82	28.59	30.42	0.0355	7.14	21.89	12	1.69

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
1200		Bridge									
1195.168 4	Tr = 2 anni	40.23	26	27.49		27.75	0.0043	2.25	17.89	12	0.59
1195.168 4	Tr = 10 anni	79.56	26	28.22		28.68	0.0051	2.98	26.69	12	0.64
1195.168 4	Tr = 20 anni	99.09	26	28.54		29.08	0.0053	3.26	30.43	12	0.65
1195.168 4	Tr = 30 anni	111.76	26	28.73		29.32	0.0055	3.41	32.74	12	0.66
1195.168 4	Tr = 50 anni	129.29	26	28.98		29.64	0.0057	3.62	35.71	12	0.67
1195.168 4	Tr = 100 anni	156.36	26	29.34	28.59	30.12	0.0060	3.9	40.1	12	0.68
1166.915 5	Tr = 2 anni	40.23	26	27.04	27.04	27.57	0.0132	3.22	12.51	12	1
1166.915 5	Tr = 10 anni	79.56	26	27.65	27.65	28.47	0.0125	4.03	19.76	12	1
1166.915 5	Tr = 20 anni	99.09	26	27.9	27.9	28.86	0.0126	4.34	22.82	12	1
1166.915 5	Tr = 30 anni	111.76	26	28.06	28.06	29.1	0.0126	4.52	24.74	12	1
1166.915 5	Tr = 50 anni	129.29	26	28.28	28.28	29.42	0.0125	4.73	27.33	12	1
1166.915 5	Tr = 100 anni	156.36	26	28.59	28.59	29.88	0.0126	5.04	31.04	12	1
500	Tr = 2 anni	40.23	13	14.12	14.06	14.58	0.0177	3.02	13.3	12	0.92
500	Tr = 10 anni	79.56	13	14.81	14.66	15.5	0.0161	3.68	21.6	12	0.88
500	Tr = 20 anni	99.09	13	15.12	14.91	15.9	0.0156	3.9	25.39	12	0.86
500	Tr = 30 anni	111.76	13	15.32		16.15	0.0153	4.02	27.8	12	0.84
500	Tr = 50 anni	129.29	13	15.6		16.48	0.0149	4.16	31.08	12	0.82
500	Tr = 100 anni	156.36	13	16.03		16.98	0.0141	4.31	36.27	12	0.79
445.5403 6	Tr = 2 anni	40.23	9.5	10.88	10.9	11.6	0.0152	3.78	10.65	7.73	1.03
445.5403 6	Tr = 10 anni	79.56	9.5	11.7	11.7	12.81	0.0151	4.67	17.04	7.73	1
445.5403 6	Tr = 20 anni	99.09	9.5	12.06	12.06	13.34	0.0153	5.01	19.8	7.73	1
445.5403 6	Tr = 30 anni	111.76	9.5	12.27	12.27	13.66	0.0157	5.22	21.42	7.73	1
445.5403 6	Tr = 50 anni	129.29	9.5	12.56	12.56	14.08	0.0160	5.47	23.62	7.73	1
445.5403 6	Tr = 100 anni	156.36	9.5	12.97	12.97	14.7	0.0166	5.83	26.81	7.73	1

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
406.7888 7	Tr = 2 anni	40.23	7.3	9.44	7.91	9.46	0.0002	0.7	57.67	27	0.15
406.7888 7	Tr = 10 anni	79.56	7.3	10.81	8.26	10.84	0.0002	0.84	94.69	27	0.14
406.7888 7	Tr = 20 anni	99.09	7.3	11.4	8.41	11.44	0.0002	0.9	110.66	27	0.14
406.7888 7	Tr = 30 anni	111.76	7.3	11.76	8.5	11.81	0.0002	0.93	120.47	27	0.14
406.7888 7	Tr = 50 anni	129.29	7.3	12.24	8.63	12.29	0.0002	0.97	133.49	27	0.14
406.7888 7	Tr = 100 anni	156.36	7.3	12.94	8.81	13	0.0002	1.03	152.4	27	0.14
400		Bridge									
392.9629 8	Tr = 2 anni	40.23	7.3	9.43		9.46	0.0002	0.7	57.58	27	0.15
392.9629 8	Tr = 10 anni	79.56	7.3	10.8		10.84	0.0002	0.84	94.62	27	0.14
392.9629 8	Tr = 20 anni	99.09	7.3	11.4		11.44	0.0002	0.9	110.59	27	0.14
392.9629 8	Tr = 30 anni	111.76	7.3	11.76		11.8	0.0002	0.93	120.4	27	0.14
392.9629 8	Tr = 50 anni	129.29	7.3	12.24		12.29	0.0002	0.97	133.42	27	0.14
392.9629 8	Tr = 100 anni	156.36	7.3	12.94		13	0.0002	1.03	152.33	27	0.14
346.1197 9	Tr = 2 anni	40.23	7	8.54	8.54	9.32	0.0155	3.91	10.29	6.67	1
346.1197 9	Tr = 10 anni	79.56	7	9.43	9.43	10.66	0.0166	4.91	16.21	6.67	1
346.1197 9	Tr = 20 anni	99.09	7	9.82	9.82	11.23	0.0171	5.27	18.82	6.67	1
346.1197 9	Tr = 30 anni	111.76	7	10.06	10.06	11.59	0.0175	5.48	20.39	6.67	1
346.1197 9	Tr = 50 anni	129.29	7	10.36	10.36	12.06	0.0182	5.77	22.41	6.67	1
346.1197 9	Tr = 100 anni	156.36	7	10.82	10.82	12.74	0.0190	6.13	25.51	6.67	1
310.5326 10	Tr = 2 anni	40.23	5.8	8		8.38	0.0056	2.74	14.68	6.67	0.59
310.5326 10	Tr = 10 anni	79.56	5.8	7.76	8.23	9.65	0.0306	6.09	13.06	6.67	1.39
310.5326 10	Tr = 20 anni	99.09	5.8	8.1	8.62	10.23	0.0302	6.47	15.32	6.67	1.36
310.5326 10	Tr = 30 anni	111.76	5.8	8.31	8.86	10.58	0.0302	6.69	16.71	6.67	1.35
310.5326 10	Tr = 50 anni	129.29	5.8	8.59	9.16	11.05	0.0301	6.95	18.6	6.67	1.33
310.5326 10	Tr = 100 anni	156.36	5.8	9.03	9.62	11.72	0.0297	7.26	21.52	6.67	1.29

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
290	Tr = 2 anni	40.23	5.2	8.07		8.3	0.0027	2.1	19.17	6.67	0.4
290	Tr = 10 anni	79.56	5.2	8.89		9.42	0.0054	3.23	24.6	6.67	0.54
290	Tr = 20 anni	99.09	5.2	9.21		9.91	0.0067	3.7	26.77	6.67	0.59
290	Tr = 30 anni	111.76	5.2	9.41		10.21	0.0076	3.98	28.05	6.67	0.62
290	Tr = 50 anni	129.29	5.2	9.65		10.62	0.0087	4.36	29.69	6.67	0.66
290	Tr = 100 anni	156.36	5.2	8.17	9.02	11.35	0.0372	7.9	19.8	6.67	1.46
289.5	Tr = 2 anni	40.23	4.7	8.12		8.28	0.0017	1.76	22.81	6.67	0.3
289.5	Tr = 10 anni	79.56	4.7	8.98		9.38	0.0037	2.78	28.58	6.67	0.43
289.5	Tr = 20 anni	99.09	4.7	9.33		9.86	0.0046	3.21	30.91	6.67	0.48
289.5	Tr = 30 anni	111.76	4.7	9.54		10.15	0.0053	3.46	32.31	6.67	0.5
289.5	Tr = 50 anni	129.29	4.7	9.81		10.55	0.0061	3.79	34.11	6.67	0.54
289.5	Tr = 100 anni	156.36	4.7	10.19	8.51	11.12	0.0075	4.27	36.64	6.67	0.58
289.0879 11	Tr = 2 anni	40.23	4.5	8.15	6.34	8.24	0.0013	1.35	29.89	10	0.25
289.0879 11	Tr = 10 anni	79.56	4.5	9.07	7.02	9.28	0.0023	2.03	39.17	10	0.33
289.0879 11	Tr = 20 anni	99.09	4.5	9.46	7.31	9.73	0.0027	2.3	43.08	10	0.35
289.0879 11	Tr = 30 anni	111.76	4.5	9.7	7.49	10.01	0.0029	2.46	45.45	10	0.37
289.0879 11	Tr = 50 anni	129.29	4.5	10.01	7.73	10.37	0.0033	2.66	48.57	10	0.39
289.0879 11	Tr = 100 anni	156.36	4.5	10.46	8.08	10.91	0.0037	2.95	53.08	10	0.41
280		Bridge									
272.2643 12	Tr = 2 anni	40.23	4.5	5.81	6.34	7.77	0.1265	6.21	6.48	10	2.46
272.2643 12	Tr = 10 anni	79.56	4.5	6.29	7.02	8.82	0.0844	7.04	11.29	10	2.12
272.2643 12	Tr = 20 anni	99.09	4.5	6.51	7.31	9.26	0.0752	7.35	13.48	10	2.02
272.2643 12	Tr = 30 anni	111.76	4.5	6.64	7.49	9.53	0.0710	7.53	14.84	10	1.97
272.2643 12	Tr = 50 anni	129.29	4.5	6.82	7.73	9.89	0.0664	7.75	16.67	10	1.92
272.2643 12	Tr = 100 anni	156.36	4.5	7.1	8.08	10.41	0.0612	8.06	19.39	10	1.85

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
224.1439 13	Tr = 2 anni	40.23	4	5.59		5.71	0.0034	1.56	25.86	18	0.41
224.1439 13	Tr = 10 anni	79.56	4	6.33		6.54	0.0037	2.03	39.21	18	0.44
224.1439 13	Tr = 20 anni	99.09	4	6.64		6.89	0.0038	2.22	44.73	18	0.45
224.1439 13	Tr = 30 anni	111.76	4	6.83		7.1	0.0039	2.32	48.16	18	0.45
224.1439 13	Tr = 50 anni	129.29	4	7.08		7.39	0.0039	2.45	52.72	18	0.46
224.1439 13	Tr = 100 anni	156.36	4	7.47		7.82	0.0039	2.62	59.72	18	0.46
184.0517 14	Tr = 2 anni	40.23	3.9	5.12	4.8	5.37	0.0049	2.2	18.29	15	0.64
184.0517 14	Tr = 10 anni	79.56	3.9	5.8	5.32	6.2	0.0048	2.79	28.57	15	0.64
184.0517 14	Tr = 20 anni	99.09	3.9	6.09	5.54	6.55	0.0049	3.02	32.84	15	0.65
184.0517 14	Tr = 30 anni	111.76	3.9	6.27	5.68	6.77	0.0049	3.15	35.51	15	0.65
184.0517 14	Tr = 50 anni	129.29	3.9	6.52	5.86	7.07	0.0049	3.3	39.23	15	0.65
184.0517 14	Tr = 100 anni	156.36	3.9	6.9	6.12	7.52	0.0047	3.47	45.05	15	0.64
175		Bridge									
171.5864 15	Tr = 2 anni	40.23	3.9	4.65	4.8	5.3	0.0235	3.59	11.21	15	1.33
171.5864 15	Tr = 10 anni	79.56	3.9	5.05	5.32	6.14	0.0234	4.62	17.22	15	1.38
171.5864 15	Tr = 20 anni	99.09	3.9	5.22	5.54	6.49	0.0232	4.99	19.84	15	1.39
171.5864 15	Tr = 30 anni	111.76	3.9	5.33	5.68	6.71	0.0233	5.22	21.42	15	1.39
171.5864 15	Tr = 50 anni	129.29	3.9	5.46	5.86	7.02	0.0238	5.54	23.34	15	1.42
171.5864 15	Tr = 100 anni	156.36	3.9	5.62	6.12	7.49	0.0254	6.05	25.86	15	1.47
120.8742 16	Tr = 2 anni	40.23	3.3	4.69		4.76	0.0023	1.19	33.85	27.41	0.34
120.8742 16	Tr = 10 anni	79.56	3.3	5.23		5.36	0.0029	1.64	48.53	27.41	0.39
120.8742 16	Tr = 20 anni	99.09	3.3	5.45		5.62	0.0030	1.81	54.6	27.41	0.41
120.8742 16	Tr = 30 anni	111.76	3.3	5.58		5.77	0.0032	1.92	58.28	27.41	0.42
120.8742 16	Tr = 50 anni	129.29	3.3	5.76		5.97	0.0033	2.05	63.11	27.41	0.43
120.8742 16	Tr = 100 anni	156.36	3.3	6.01		6.27	0.0035	2.23	70.09	27.41	0.45

Torrente Cocuzzaro											
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
70.97138 17	Tr = 2 anni	40.23	3.2	4.47	4.13	4.6	0.0036	1.57	25.65	26.8	0.51
70.97138 17	Tr = 10 anni	79.56	3.2	4.95	4.48	5.17	0.0043	2.07	38.45	26.8	0.55
70.97138 17	Tr = 20 anni	99.09	3.2	5.15	4.63	5.41	0.0045	2.26	43.79	26.8	0.57
70.97138 17	Tr = 30 anni	111.76	3.2	5.27	4.72	5.56	0.0046	2.38	47.03	26.8	0.57
70.97138 17	Tr = 50 anni	129.29	3.2	5.43	4.84	5.75	0.0047	2.52	51.3	26.8	0.58
70.97138 17	Tr = 100 anni	156.36	3.2	5.66	5.02	6.04	0.0049	2.72	57.48	26.8	0.59
50		Bridge									
46.67882 18	Tr = 2 anni	40.23	3.2	4.12	4.12	4.44	0.0128	2.47	16.28	26.8	1.01
46.67882 18	Tr = 10 anni	79.56	3.2	4.48	4.48	4.96	0.0141	3.1	25.7	26.8	1.01
46.67882 18	Tr = 20 anni	99.09	3.2	4.63	4.63	5.19	0.0143	3.33	29.77	26.8	1.01
46.67882 18	Tr = 30 anni	111.76	3.2	4.72	4.72	5.33	0.0143	3.46	32.26	26.8	1.01
46.67882 18	Tr = 50 anni	129.29	3.2	4.84	4.84	5.52	0.0143	3.64	35.56	26.8	1.01
46.67882 18	Tr = 100 anni	156.36	3.2	5.02	5.02	5.79	0.0143	3.87	40.38	26.8	1.01
18.73388 19	Tr = 2 anni	40.23	1	1.34	1.61	2.3	0.0886	4.34	9.26	27	2.37
18.73388 19	Tr = 10 anni	79.56	1	1.54	1.96	3.07	0.0793	5.49	14.49	27	2.39
18.73388 19	Tr = 20 anni	99.09	1	1.62	2.11	3.39	0.0755	5.89	16.82	27	2.38
18.73388 19	Tr = 30 anni	111.76	1	1.68	2.2	3.58	0.0731	6.11	18.28	27	2.37
18.73388 19	Tr = 50 anni	129.29	1	1.75	2.33	3.83	0.0701	6.39	20.24	27	2.36
18.73388 19	Tr = 100 anni	156.36	1	1.86	2.51	4.18	0.0661	6.75	23.16	27	2.33

Appendice B – Quaderno delle sezioni di calcolo

