



Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale



ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA

TRA COMMISSARIO DELEGATO E DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE PER "ATTIVITÀ DI STUDIO DEL F. MAGRA, DEGLI AFFLUENTI PRINCIPALI E DEI BACINI MINORI A SEGUITO DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25/10/2011 E DEFINIZIONE DELLE AZIONI E DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA"

Studio dei bacini minori del F. Magra a seguito dell'evento alluvionale del 25/10/2011 e definizione delle azioni e degli interventi di messa in sicurezza.

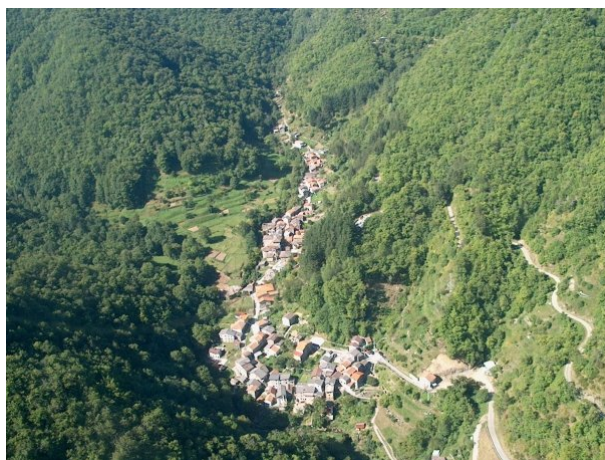
Relazione Tecnica Finale

PARTE SECONDA - Il bacino del Torrente Teglia

Redatta ai sensi dell'art. 3 c. 2

Responsabile: Prof. Ing. Enio Paris

Gruppo di Lavoro: Laura Boschi, Pina De Cicco, Lapo Consumi, Simona Francalanci, Lorenzo Minatti, Davide Ramelli, Luca Solari



Firenze, 30 Novembre 2012

INDICE

1. IL QUADRO CONOSCITIVO.....	3
Bacino del Torrente Teglia.....	3
1.1 I rilievi topografici e le tracce di piena	3
1.2 I rilievi sedimentologici.....	8
1.3 Le portate di piena	11
1.4 Censimento dei dissesti in alveo	17
Torrente Teglia	17
Canale del Bosco	25
1.5 Ricostruzione dello stato ante-evento	34
Torrente Teglia	34
Canale del Bosco	41
2. RICOSTRUZIONE FENOMENOLOGICA DELL'EVENTO DEL 25/10/2011.....	50
2.1 Torrente Teglia nel tratto da Ponte Teglia a Castagnetoli	50
2.2 Canale del Bosco.....	55
3. PROPOSTE ED ANALISI DI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DINAMICA D'ALVEO	61
3.1 Torrente Teglia: proposte di intervento.....	61
3.2 Torrente Teglia: verifica idraulica stato di progetto.....	62
3.3 Canale del Bosco: proposte di intervento	66
3.4 Canale del Bosco: verifica stato di progetto.....	66
4. CONCLUSIONI	70
ELENCO DELLE TAVOLE	71

1. IL QUADRO CONOSCITIVO

Bacino del Torrente Tegli

1.1 I rilievi topografici e le tracce di piena

I rilievi topografici nei tratti fluviali oggetti di studio all'interno del bacino del Torrente Tegli sono stati svolti da ditte esterne incaricate dalla Regione Toscana – Ufficio Difesa del Suolo.

Il tratto terminale del Torrente Tegli è stato rilevato dal Geom. Alessio Mazzetti (Studio Mazzetti, Prato), nel mese di agosto 2012. Il Canale del Bosco in località Bosco di Rossano è stato rilevato dallo Studio Tecnico e Topografico Giovanni Bertagni (Castelnuovo Garfagnana, LU) nel mese di settembre 2012.

Nella Tabella 1.1 si riportano i dati dei tratti rilevati: la descrizione del tratto, il tipo di rilievo effettuato ovvero se rilievo di sezioni topografiche o soltanto rilievo del thalweg, così come descritto nella parte prima (Aspetti Metodologici) della presente Relazione Tecnica, la lunghezza del tratto, la distanza media tra le sezioni e il numero totale delle sezioni rilevate.

Tabella 1. 1 Rilievi topografici nel bacino del Tegli.

CANALE	DESCRIZIONE TRATTO	TIPO DI RILIEVO	LUNGHEZZA TRATTO [m]	DISTANZA TRA LE SEZIONI [m]	N° SEZIONI RILEVATE
Canale del Bosco (tratto di monte)	Da: confluenza con il fosso “La Canala” c/o abitato di Bosco di Rossano A: fino a circa 300 m più a monte	thalweg	300	-	2 “TIPO”
Canale del Bosco (abitato di Bosco di Rossano)	Da: circa 100 m a valle della fine dell'abitato di Bosco di Rossano A: confluenza con il fosso “La Canala” c/o abitato di Bosco di Rossano	sezione	500	30	18
Fosso Madornale	Da: circa 180 m a monte della confluenza con il Canale del Bosco A: fino alla confluenza	thalweg	180	-	1 “TIPO”

CANALE	DESCRIZIONE TRATTO	TIPO DI RILIEVO	LUNGHEZZA TRATTO [m]	DISTANZA TRA LE SEZIONI [m]	N° SEZIONI RILEVATE
Torrente Teglia (tratto di valle)	Da: confluenza con il fiume Magra A: fino a circa 150 m più a monte della fine dell'abitato di Castagnetoli	sezione	3700	120	33

I sopralluoghi effettuati nel bacino del torrente Teglia hanno permesso di rilevare le tracce lasciate dalla piena del 25 ottobre 2012. Si riportano nelle tabelle 1.2 e 1.3 l'elenco delle tracce di piena rilevate, localizzate nella planimetrie denominate TGL 1.1 (Torrente Teglia) e TGL 1.2 (Canale del Bosco). Nelle Figure seguenti (da 1.1 a 1.6) sono riportate le foto delle tracce di piena rilevate. L'ubicazione delle foto è anch'essa riportata nelle rispettive planimetrie.

Tabella 1. 2 Tracce di piena sul torrente Teglia

TRACCE DI PIENA SUL TORRENTE TEGLIA		
Sez. rilievo	Quota [m s.l.m.]	Descrizione
3	241.43	quota parapetto terrazzo
6	235.30 – T1	segnalata da proprietario
9	230.76 – T2	quota arbusti
10	230.90	quota arbusti
11	228.17	quota arbusti su ponte crollato
16	211.88	quota arbusti
17	207.70	quota arbusti
18	205.94	quota arbusti
24	192.30 – T3	quota parapetto finestra
27	186.91	quota arbusti

Tabella 1. 3 Tracce di piena sul Canale del Bosco

TRACCE DI PIENA SUL CANALE DEL BOSCO		
Sez. rilievo	Quota [m s.l.m.]	Descrizione
Tra 5 e 6 (5.3)	635.00 – T1	Quota marciapiede al ponte crollato
Tra 10 e 11 (10.7)	649.89 – T2	Quota solaio garage
Tra 13 e 14 (13.6)	662.87 – T3	Quota soglia portone
14	665.74	Traccia su parete fabbricato
15	667.15	Quota porta fabbricato



Figura 1. 1 Indicazione della traccia di piena rilevata a Ponte Teglia (Sezione 24): il livello ha raggiunto la quota del parapetto della finestra indicata nella foto. **(FOTO 1 in planimetria TGL 1.1)**



Figura 1. 2 Traccia tra sezione 5 e sezione 6 **(FOTO 1 in planimetria TGL 1.2)**



Figura 1. 3 Traccia tra sezione 5 e sezione 6 (evento del 25 ottobre 2011) (FOTO 2 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 4 Traccia tra sezione 10 e sezione 11 (FOTO 3 in planimetria TGL 1.2)

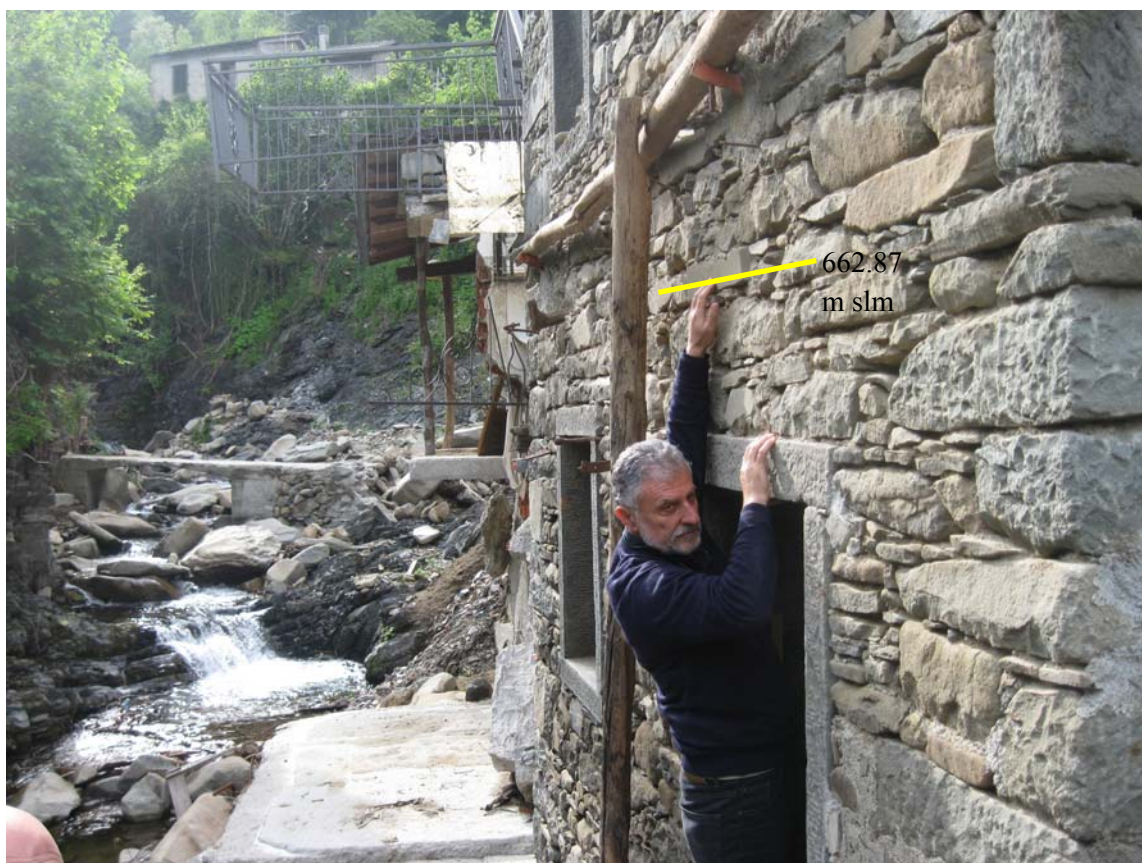


Figura 1. 5 Traccia tra sezione 13 e sezione 14 (FOTO 4 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 6 Traccia alla sezione 15 (FOTO 5 in planimetria TGL 1.2)

1.2 I rilievi sedimentologici

Nel bacino del torrente Teglià sono stati effettuati quattro rilievi sedimentologici al fine di determinare le dimensioni caratteristiche dei sedimenti, le quali risultano fondamentali per la stima delle scabrezze in alveo. Nella Tabella 1.4 si riporta una breve descrizione dei rilievi sedimentologici effettuati, mentre nella Tabella 1.5 si riportano i percentili caratteristici e le percentuali di sabbia e ghiaia presenti nei diversi campioni analizzati.

Tabella 1. 4 Rilievi sedimentologici nel bacino del Torrente Teglià

RILIEVI SEDIMENTOLOGICI NEL BACINO	
Nome	Descrizione
TGL_01S	Rilievo effettuato il località Ponte Teglià. Campionamento superficiale di un deposito ghiaioso in sinistra idraulica e di un deposito in destra idraulica
TGL_02S	Rilievo effettuato su una barra ghiaiosa a monte del ponte crollato sulla SP 31 che collegava Serola a Castagnetoli
BSC_01S	Rilievo effettuato sul Canale del Bosco a valle della confluenza con il Fosso Madornale in prossimità dell'abitato di Bosco di Rossano
BSC_02S	Rilievo effettuato in parte sul Canale del Bosco ed in parte sull'affluente in sinistra idraulica del Canale del Bosco, in prossimità della prima casa del paese, a monte dell'abitato di Bosco di Rossano

Tabella 1. 5 Dati sintetici caratteristici relativi ai rilievi sedimentologici nel bacino del torrente Teglià.

DATI SINTETICI DEI RILIEVI SEDIMENTOLOGICI						
Codice Campione	D16 [mm]	D50 [mm]	D84 [mm]	% ghiaia	% sabbia	Dev. Standard [ϕ]
TGL_01S	1.50	68.90	223.00	83.10	16.90	3.33
TGL_02S	11.30	46.50	100.90	95.70	4.30	1.92
BSC_01S	15.60	112.80	478.10	98.60	1.40	2.26
BSC_02S	18.50	85.40	514.40	95.80	4.20	2.36

Di seguito (Figure 1.7 – 1.10) si riportano le curve granulometriche dei rilievi utilizzati nel presente studio per la stima delle scabrezze in alveo.

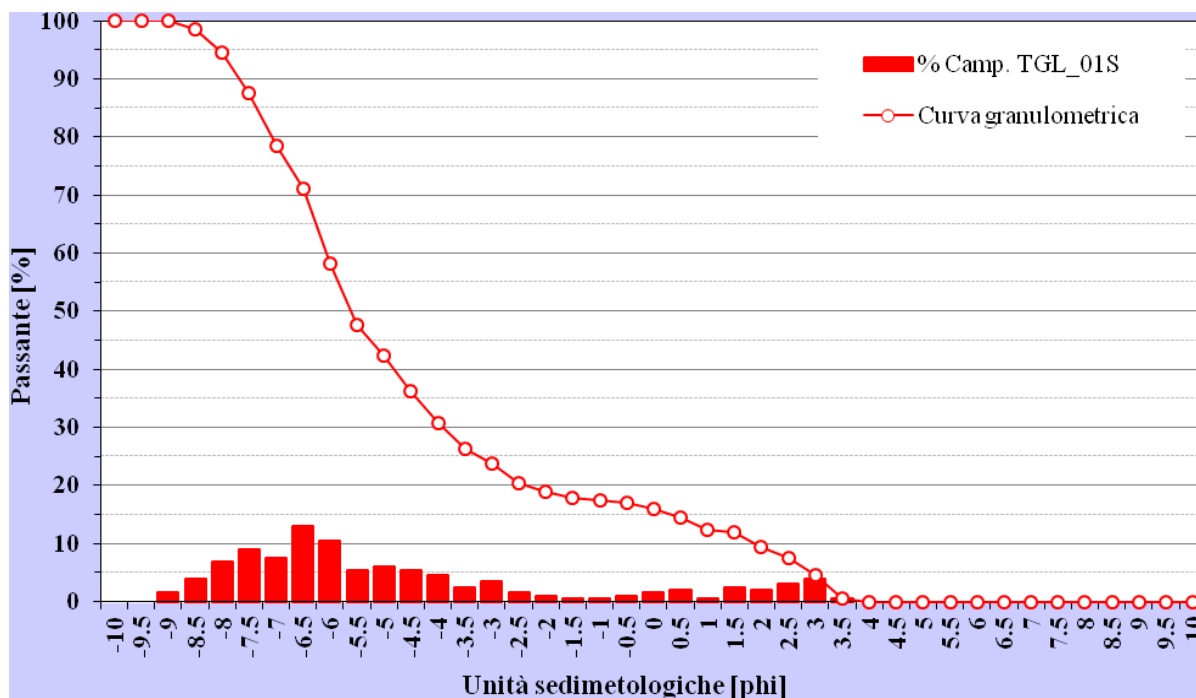


Figura 1. 7 Curva granulometrica del rilievo TGL_01S

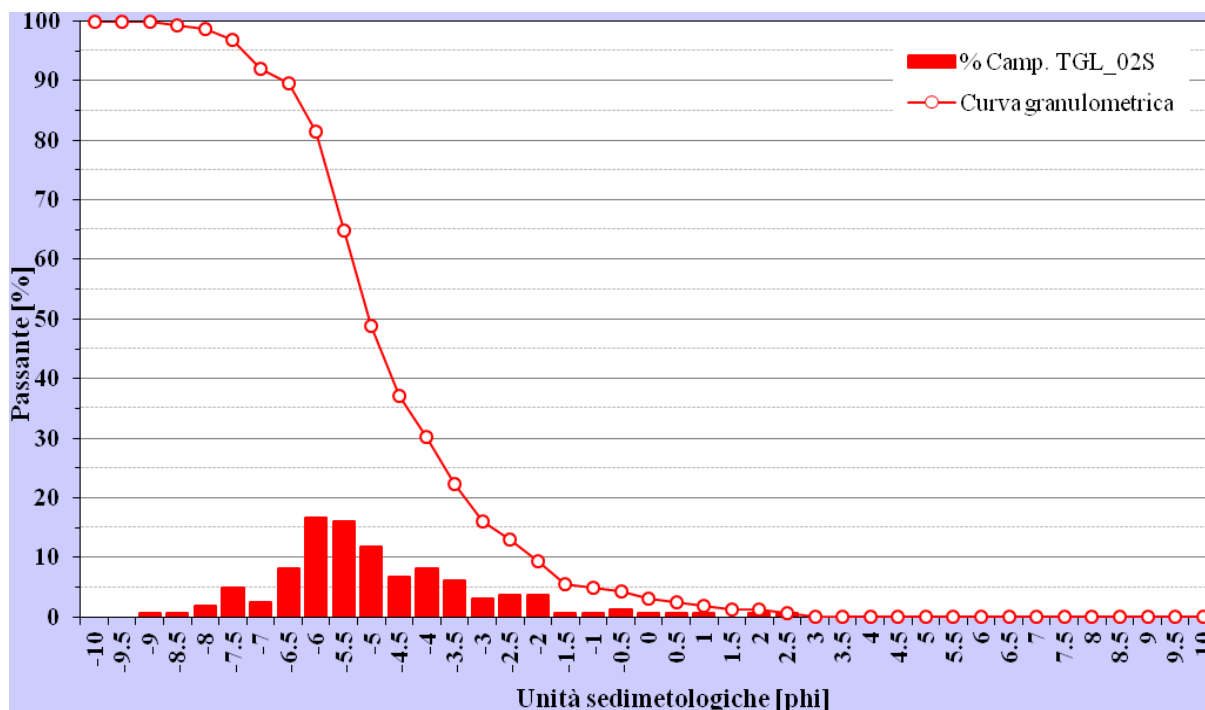


Figura 1. 8 Curva granulometrica del rilievo TGL_02S

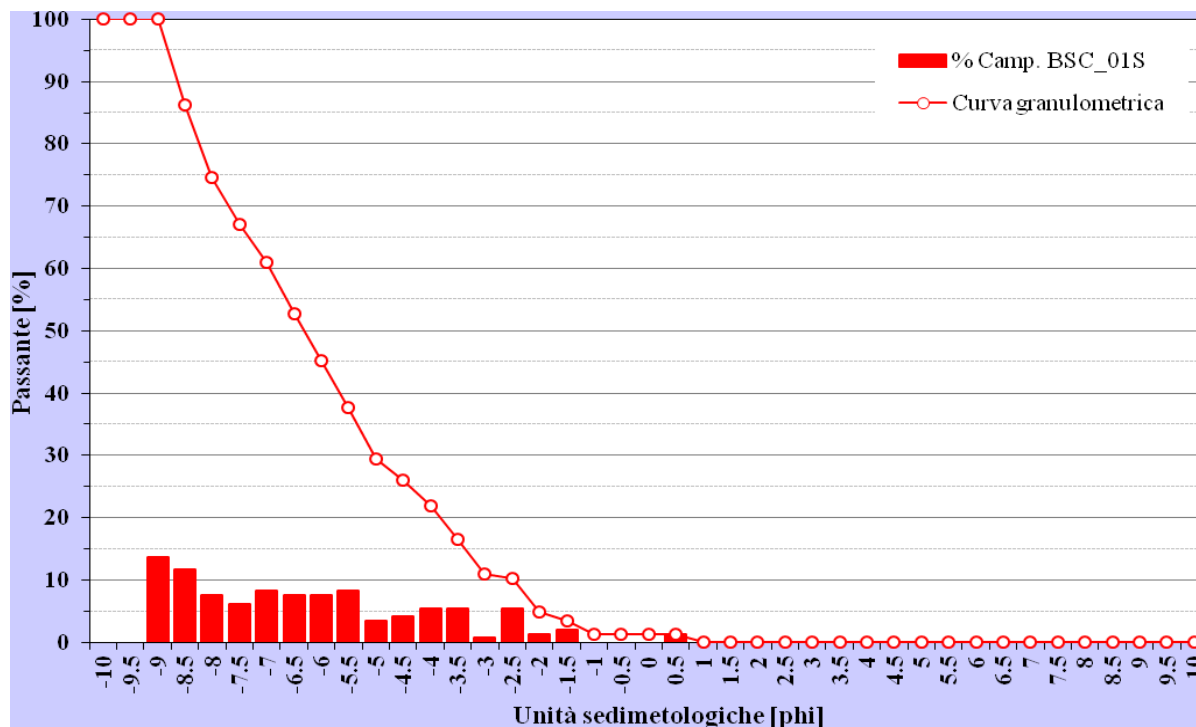


Figura 1. 9 Curva granulometrica del rilievo BSC_01S

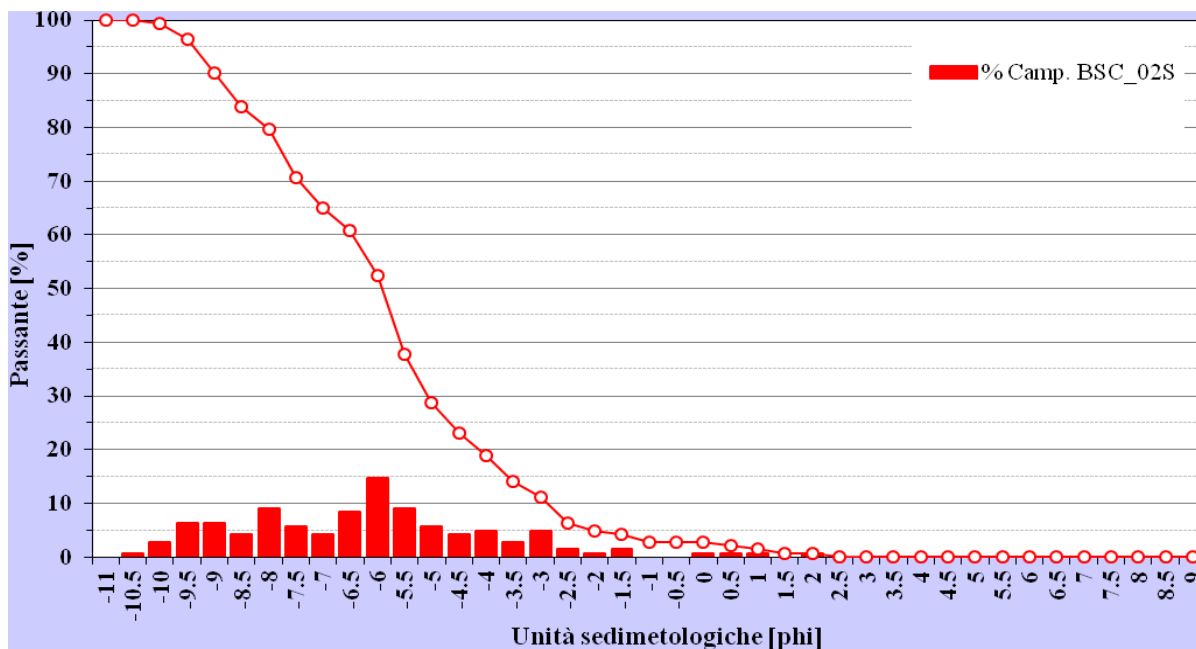


Figura 1. 10 Curva granulometrica del rilievo BSC_02S

1.3 Le portate di piena

Si riportano in sintesi i valori di portata al colmo, per i diversi tempi di ritorno, degli idrogrammi calcolati con il modello Piene dell'Autorità di Bacino del fiume Magra (di seguito AdB) per il bacino del torrente Teglia. Le sezioni idrologiche per il calcolo degli idrogrammi di piena sono riportate nelle planimetrie TGL 1.1 e TGL 1.2.

Tabella 1. 6 Portate al colmo nelle diverse sezioni idrologiche nel bacino del torrente Teglia

PORTATE AL COLMO PER IL BACINO DEL TEGLIA					
Codice Campione	Area [km ²]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
TGL_01H	38.83	308.35	407.50	476.93	573.57
BSC_01H	2.56	31.81	40.47	46.45	55.73
BSC_02H	1.38	17.52	22.28	25.57	30.68
MDR_01H	0.75	9.57	12.17	13.96	16.75

A titolo di esempio si riportano gli idrogrammi delle portate nelle sezioni idrologiche TGL_01H e BSC_02H (Figure 1.11 e 1.12). Nella modellazione idraulica sono stati utilizzati l'idrogramma con tempo di ritorno 200 anni calcolato sul Torrente Teglia (TGL_01H) e quello con tempo di ritorno 500 anni sul Canale del Bosco (BSC_02H).

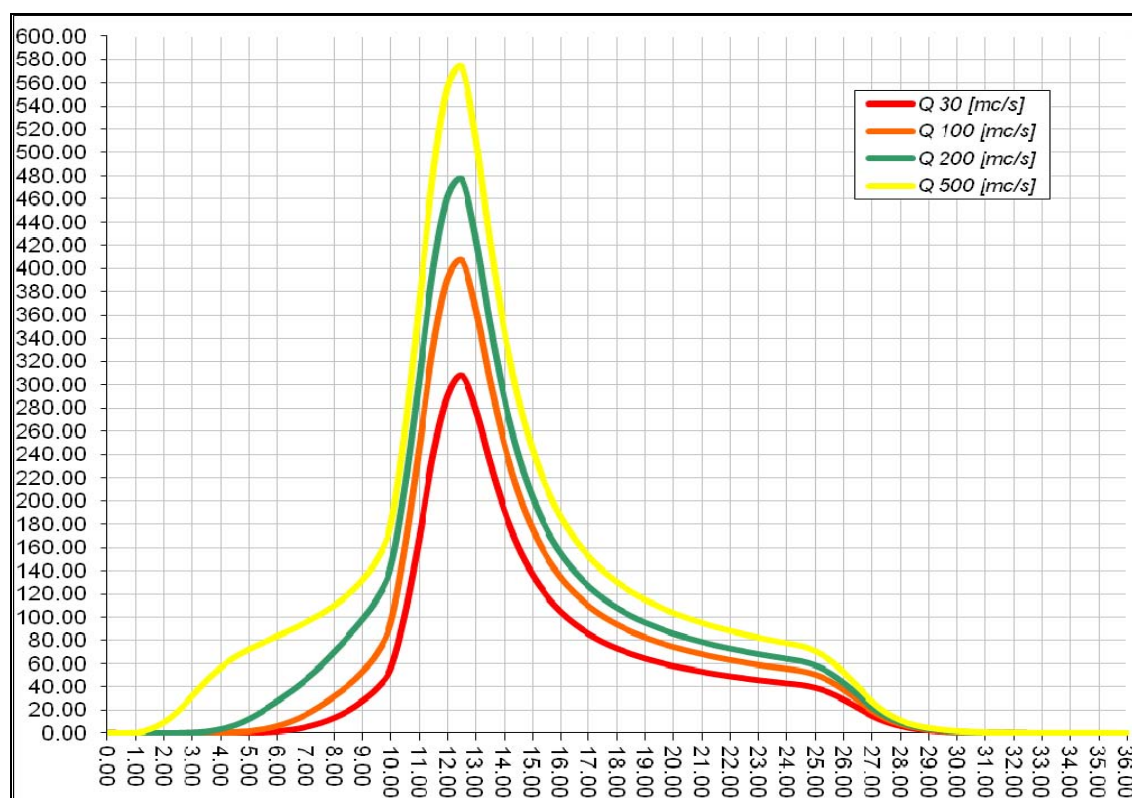


Figura 1. 11 Idrogramma delle portate alla sezione idrologica TGL_01H

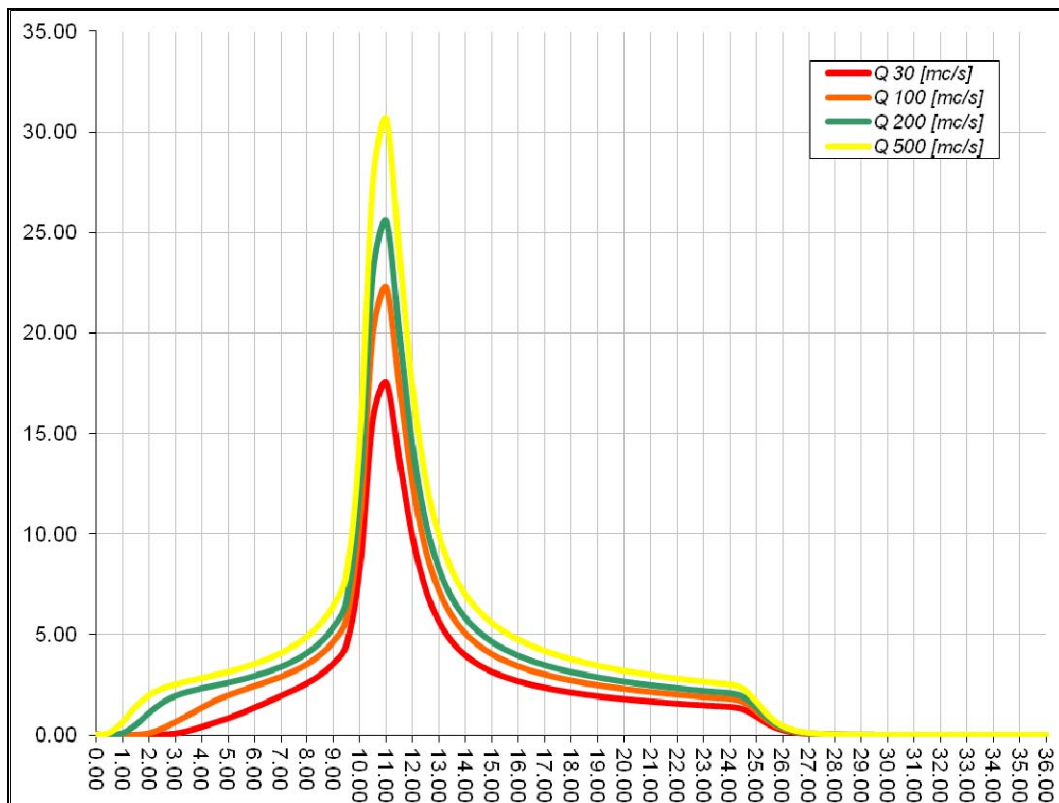


Figura 1. 12 Idrogramma delle portate alla sezione idrologica BSC_02H

Occorre osservare che i valori al colmo ottenuti dal modello PIENE risultano in generale inferiori ai valori delle portate ottenuti dall'utilizzo delle formule monomie proposte sempre dell'AdB e riportate nella PARTE PRIMA della presente relazione. Ciò è dovuto al fatto che tali formule sono state ottenute come curve inviluppo dei valori forniti dal modello PIENE per vari tempi di ritorno e dimensioni dei bacini idrografici.

A titolo esemplificativo, la portata con tempo di ritorno 200 anni alla sezione TGL_01H stimata con il modello Pieni risulta pari a 477 m³/s mentre la formula monomia:

$$Q = 23 \cdot A^{0.85}$$

fornisce il valore di 516 m³/s, con una differenza di circa l'8%.

La attendibilità delle portate fornite dal modello PIENE è stata valutata utilizzando i dati misurati alla diga della Rocchetta durante l'evento alluvionale. La diga (Figura 1.13), collocata sul torrente Teglia circa 3 Km a monte di Castagnetoli (inizio del tratto oggetto dello studio), sottende un bacino imbrifero di 29 Km², un bacino allacciato pari a 14.4 Km² ed un volume di invaso di 5 Mm³.



Figura 1. 13 Diga della Rocchetta

In tabella 1.7 si riportano i dati (forniti dalla Regione Toscana tramite l'Ente Gestore della Diga) relativi alle portate in ingresso ed in uscita dalla diga con indicazione dei valori al colmo ed i relativi idrogrammi. Dal confronto di tali dati (Figura 1.14) si evidenzia la funzione di laminazione della piena assolta dalla diga che ha dato luogo ad un abbattimento del picco di portata rispetto all'ingresso di circa $89 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabella 1. 7 Portate registrate in ingresso ed in uscita dalla Diga della Rocchetta

DIGA DELLA ROCCHETTA		
t [h]	Q ingresso [m^3/s]	Q uscita [m^3/s]
0.00	0	0
0.30	0.38	0
1.00	1.4	0
1.30	0.46	0
2.00	0.94	0
2.30	0.16	0
3.00	1.24	0
3.30	1.37	0
4.00	0.48	0
4.30	0.95	0
5.00	1.3	0
5.30	0.91	0
6.00	1.25	0
6.30	2.62	0
7.00	4.56	0
7.30	9.79	0
8.00	11.55	0

8.30	10.32	0
9.00	7.78	0
9.30	8.67	0
10.00	12.01	0
10.30	14.79	0
11.00	24.28	1.59
11.30	32.51	3.13
12.00	47.91	3.66
12.30	88.8	3.68
13.00	125.85	6.13
13.30	141.12	8.72
14.00	176.31	9.12
14.30	234.74	18.95
15.00	267.84	70.4
15.30	280.12	137.65
16.00	305.08	243.52
16.30	393.33	348.14
17.00	523.02	434.52
17.30	359.38	293.49
18.00	236.86	278.66
18.30	165.14	269.22
19.00	90.54	200.35
19.30	71.7	147.12
20.00	55.21	90.95
20.30	62.99	88.04
21.00	42.41	71.61
21.30	43.6	54.14
22.00	49.85	49.71
22.30	45.18	49.58
23.00	40.9	47.62
23.30	37.57	40.82

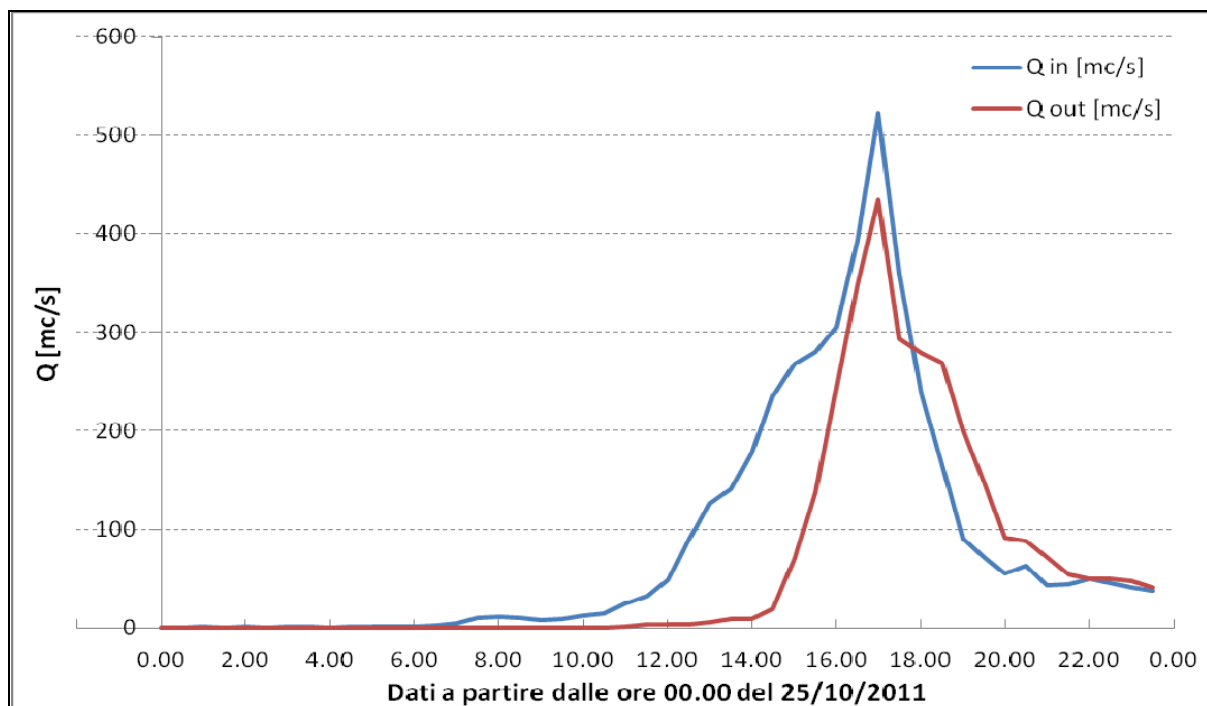


Figura 1. 14 Idrogrammi delle portate registrate in ingresso ed in uscita dalla Diga della Rocchetta

Utilizzando la formula monomia prima richiamata, è stata calcolata la portata al colmo in diverse sezioni di interesse lungo l'asta del torrente Teglia. Dapprima è stata calcolata la portata considerando rispettivamente il bacino imbrifero ed il bacino allacciato alla diga, ottenendo i risultati riportati in Tabella 1.8.

Tabella 1. 8 Portata al colmo alla diga della Rocchetta calcolata con la formula AdB Magra

	A [Km ²]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
Bacino imbrifero sotteso alla diga	29.00	402.50
Bacino allacciato	14.10	218.05
Bacino totale	43.10	562.57

Dai risultati si osserva che il valore di portata ottenuto considerando tutto il bacino sotteso alla diga risulta in ragionevole accordo con il colmo di portata registrato in ingresso alla diga (523 m³/s) confermando pertanto la validità della formula dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra.

Tale formula viene qui utilizzata per il calcolo dell'incremento di portata che si ha nel tratto compreso tra l'uscita della diga e la sezione di inizio del tratto oggetto dello studio (collocato in località Castagnetoli). Considerando l'area del bacino sotteso all'inizio del tratto in studio e l'area sottesa alla diga, dall'applicazione della formula suddetta si ottiene (Tabella 1.9):

Tabella 1. 9 Calcolo della portata al colmo con la formula AdB Magra

	A [Km ²]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
Bacino sotteso all'inizio del tratto simulato	34.50	466.52
Bacino sotteso alla diga	29.00	402.50
	ΔQ	64.02

Sommando quindi l'incremento di portata così ottenuto (64 m³/s) alla portata al colmo registrata in uscita dalla diga (434 m³/s) si ottiene una portata in ingresso al tratto in studio di circa 498 m³/s, valore al colmo che può quindi essere considerato rappresentativo dell'evento.

Quanto appena descritto suggerisce dunque che l'idrogramma con tempo di ritorno 200 anni calcolato con il modello Piene nella sezione di chiusura del bacino del Torrente Teglia può essere applicato alla sezione iniziale del tratto in studio ed essere ragionevolmente considerato sempre rappresentativo dell'evento del 25 ottobre 2011, stante la piccola differenza tra il valore stimato di 476 m³/s e quello ricostruito sulla base dei dati misurati di 498 m³/s.

1.4 Censimento dei dissesti in alveo

I sopralluoghi effettuati nei mesi di marzo e maggio 2012 nel bacino del torrente Teglia hanno reso possibile il censimento dei dissesti in alveo. Nelle tabelle 1.10 e 1.12 si riporta l'elenco degli stessi, mentre nei paragrafi seguenti se ne fornisce una descrizione, rimandando alle tavole TGL 1.1 e TGL 1.2 per la loro localizzazione planimetrica.

Torrente Teglia

Tabella 1. 10 Dissesti sul torrente Teglia

LOCALIZZAZIONE DEI DISSESTI IN ALVEO SUL TORRENTE TEGLIA		
	Localizzazione	Descrizione
A	Villa Pavesi	Erosione in sinistra (crollo strada) ed erosione in curva in destra idraulica
B	Ponte Teglia	Erosione in sinistra in prossimità del ponte e erosione in destra a monte del ponte
C	Zona a monte di Ponte Teglia	Deposito di grandi dimensioni
D	Zona a valle della località di Teglia	Erosione in sinistra idraulica
E	Serola	Crollo del ponte sulla SP 31 ed erosione in sinistra con crollo di una parte della strada
F	Castagnetoli	Erosione in destra idraulica

A - Villa Pavesi

A valle di Ponte Teglia, in corrispondenza di Villa Pavesi, è presente un esteso fenomeno erosivo che interessa la sponda in destra idraulica; procedendo verso valle è stata osservata erosione del versante in sinistra, con il conseguente crollo di una parte della SP 31.

Le immagini che illustrano questi fenomeni erosivi sono riportate nelle Figure 1.15 – 1.17.

Per valutare l'entità del massimo scavo previsto in corrispondenza della curva, è stato utilizzato il modello proposto da Seminara e Solari (1998), che predice lo scavo prodotto dalla corrente in un alveo a larghezza e curvatura costante nel caso di dominante trasporto solido al fondo; applicando tale modello è stato calcolato lo scavo prodotto in corrispondenza della sezione 28 in cui si è avuta l'erosione in destra idraulica appena descritta.

Nella Tabella 1.11 sono riportati i dati di input utilizzati ed i risultati ottenuti dal calcolo, mentre per il calcolo dello scavo in curva espresso dal parametro f_0 in forma adimensionale, si è fatto riferimento al grafico riportato in Figura 1.18.

I risultati prevedono uno scavo nell'esterno curva di più di 10 m rispetto al fondo medio dell'alveo. Da questi risultati, e considerando che la teoria di Seminara e Solari (1998) si riferisce al caso di sezione in curva con sponde fisse non erodibili, ovvero a una larghezza di bankfull costante, si può affermare che l'asportazione di materiale corrispondente ad uno scavo in curva pari a 10.6 m si è tradotta, nel caso del torrente Teglia, in una conseguente instabilità della sponda esterna della sezione, determinando così la migrazione verso l'esterno dell'asse del torrente, come si riscontra dai dissesti rilevati.



Figura 1. 15 Villa Pavesi: erosione in destra idraulica (FOTO 2 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 16 Villa Pavesi: erosione in destra idraulica (FOTO 3 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 17 Villa Pavese: erosione in sinistra idraulica e crollo di una parte della SP 31 (FOTO 4 in planimetria TGL 1.1)

Tabella 1. 11 Scavo in curva alla sezione 28

CALCOLO DELLO SCAVO IN CURVA			
Q	[mc/s]	476	Portata volumetrica
2B	[m]	20.68	Larghezza di bankfull (sezione 28)
C	[-]	12.89	Coefficiente di Chezy
i_f	[-]	0.016	Pendenza del fondo
Y_u	[m]	2.71	Altezza moto uniforme di riferimento
R	[m]	56.82	Raggio di curvatura medio
v	[-]	0.18	Rapporto di curvatura
D_{50}	[m]	0.0689	Rilievo sedimentologico TGL_01S
d_s	[-]	0.025	Diametro dei sedimenti
s_g	[-]	2.60	Rapporto tra densità dei sedimenti e densità dell'acqua
θ	[-]	0.400	Tensione di Shields di riferimento
C_s	[-]	0.006	1/C2
r	[-]	0.6	Fattore empirico
d_o	[-]	31.90	
f_o	[-]	3.9	
η	[m]	10.58	Scavo rispetto alla quota media del fondo

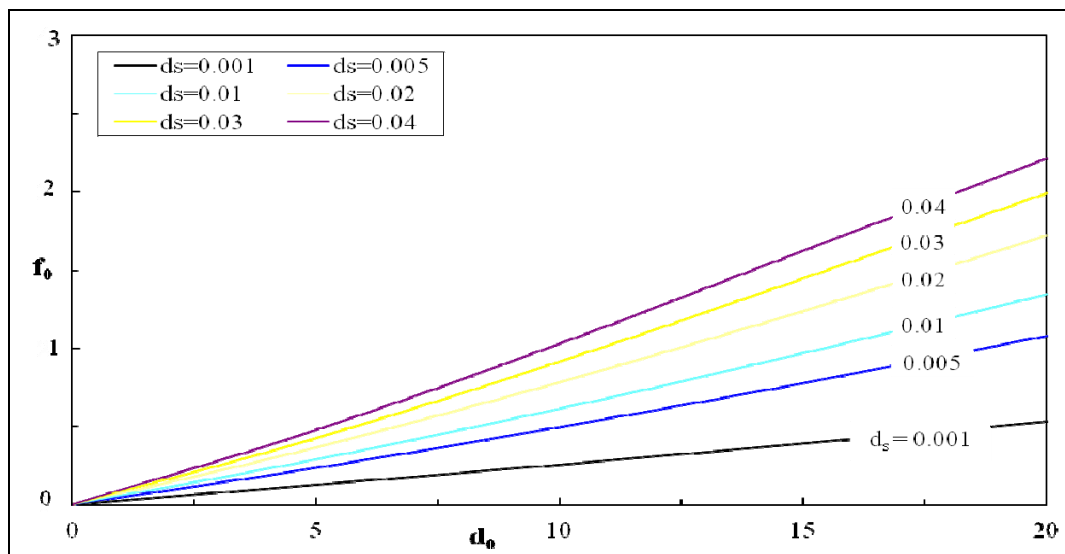


Figura 1. 18 Grafico impiegato per il calcolo di f_0 (=scavo in curva/profondità uniforme di riferimento) per assegnato d_0 e d_s .

B - Ponte Teglia

In corrispondenza di Ponte Teglia, il livello di massima piena ha raggiunto il piano terra dell'abitazione collocata in sinistra del ponte, come risulta da testimonianze dei residenti. Si sono osservati fenomeni erosivi localizzati, presumibilmente indotti da cambi direzionali della corrente.

A monte del ponte è presente un salto di fondo, sovrastato da un deposito di materiale solido di circa 4 metri formatosi a seguito dell'evento alluvionale. I vari dissesti sono visibili nelle Figure 1.19 – 1.21.



*Figura 1. 19 Ponte Teglia: ponte crollato e erosione localizzata in sinistra idraulica
(FOTO 5 in planimetria TGL 1.1)*



Figura 1. 20 Ponte Teglia: fenomeni erosivi localizzati in sinistra idraulica e deposito in alveo a monte del salto di fondo. (FOTO 6 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 21 Salto di fondo collocato a monte di Ponte Teglia (FOTO 1 in planimetria TGL 1.1)

C - Zona a monte di Ponte Teglia

In sinistra idraulica a monte di Ponte Teglia è presente un deposito di grandi dimensioni (Figura 1.22).



Figura 1. 22 Deposito di grandi dimensioni a monte di Ponte Teglia (FOTO 7 in planimetria TGL 1.1)

D - Località Teglia

A valle dell'abitato di Teglia il tratto in sinistra idraulica in prossimità del campo sportivo è interessato da un fenomeno erosivo che si estende per circa 115 m.

E - Località Serola

Risalendo il torrente verso monte fino alla località di Serola, in sinistra idraulica, è stato osservato il cedimento del versante e della SP 31 che collega Ponte Teglia con Serola e con Pontremoli (Figura 1.23).

Sempre in prossimità della località di Serola, è crollato il ponte sulla SP 31 (Figura 1.24) che collegava Castagnetoli con Serola, interrompendo così il collegamento stradale tra i due centri abitati.



Figura 1. 23 Cedimento della SP 31 presso la località di Serola (FOTO 8 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 24 Ponte sulla SP 31 crollato a seguito dell'evento (FOTO 9 in planimetria TGL 1.1)

F - Località Castagnetoli

Risalendo il torrente ancora a monte si osserva una frana in destra idraulica vicino al cimitero in località Castagnetoli (Figura 1.25).



Figura 1. 25 Frana in destra idraulica in prossimità dell'abitato di Castagnetoli (FOTO 10 in planimetria TGL 1.1)

Canale del Bosco

Tabella 1. 12 Elenco dei dissesti sul Canale del Bosco

LOCALIZZAZIONE DEI DISSESTI IN ALVEO SUL CANALE DEL BOSCO		
	Localizzazione	Descrizione
A	Canale del Bosco a valle della confluenza con il Fosso Madornale	Erosione in destra idraulica e ponte crollato
B	Confluenza con il Fosso Madornale	Ponte crollato sul Canale del Bosco
C	Confluenza con il Fosso Madornale	Erosione in sinistra idraulica in corrispondenza della confluenza e successivo deposito di materiale
D	Fosso Madornale a monte della confluenza	Erosione di versante e rottura della briglia
E	Canale del Bosco all'interno dell'abitato di Bosco di Rossano	Distruzione di fabbricati adiacenti al corso d'acqua
F	Fosso La Canala	Erosione di versante e trasporto di materiale solido
G	Canale del Bosco (zona di monte)	Erosione in destra ed in sinistra idraulica e crollo del ponte
H	Affluente in sinistra idraulica al Canale del Bosco a monte dell'abitato di Bosco di Rossano	Erosione di sponda e trasporto di materiale solido

A – Tratto a valle della confluenza con il Fosso Madornale

Partendo da valle dell'abitato di Bosco di Rossano, l'evento di piena ha prodotto una evidente erosione in destra idraulica ed il crollo del ponte che collegava l'abitato di Bosco di Rossano al versante coltivato posto in destra idraulica del torrente stesso (Figure 1.26 e 1.27).



Figura 1. 26 Erosione in destra idraulica (FOTO 6 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 27 Alveo in prossimità del ponte crollato sul Canale del Bosco (FOTO 7 in planimetria TGL 1.2)

B – Confluenza con il Fosso Madornale

Poco più a monte della confluenza del Canale del Bosco con il Fosso Madornale l'evento alluvionale ha prodotto il crollo del ponte (Figura 1.28) di attraversamento del torrente utilizzato dagli abitanti per raggiungere gli orti e le stalle situate sulla sponda opposta. Attualmente è presente una passerella in legno provvisoria (Figura 1.29).



Figura 1. 28 Ponte crollato sul Canale del Bosco (FOTO 8 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 29 Passerella provvisoria attualmente presente per consentire l'attraversamento del torrente
(FOTO 9 in planimetria TGL 1.2)

C – Confluenza con il Fosso Madornale

In corrispondenza della confluenza con il Fosso Madornale, in sinistra idrografica è presente un'erosione di sponda di notevole entità ed un deposito di materiale trasportato dalla piena (Figura 1.30).



Figura 1. 30 Erosione in sinistra idraulica e deposito di grandi dimensioni **(FOTO 10 in planimetria TGL 1.2)**

D – Fosso Madornale e monte della confluenza con il Canale del Bosco

Sul Fosso Madornale, a monte della confluenza con il Canale del Bosco, la corrente ha prodotto una zona di erosione in destra idraulica (Figura 1.31) e la rottura della briglia presente sul fosso stesso.



Figura 1. 31 Fosso Madornale a monte della confluenza con il Canale del Bosco (FOTO 11 in planimetria TGL 1.2)

E – Canale del Bosco all'interno dell'abitato di Bosco di Rossano

Nella parte del paese di Bosco di Rossano in cui il torrente scorre adiacente ai fabbricati, la piena ha prodotto la distruzione di alcuni fabbricati che si trovano adiacenti al corso d'acqua (Figura 1.32 – 1.33) ed ha aggirato la passerella pedonale presente (Figura 1.34).



Figura 1. 32 Distruzione di fabbricati adiacenti al torrente (FOTO 12 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 33 Distruzione di fabbricati adiacenti al torrente (FOTO 5 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 34 Passerella aggirata dalla corrente (FOTO 13 in planimetria TGL 1.2)

F – Fosso La Canala

In corrispondenza del Fosso La Canala, affluente in sinistra del Canale del Bosco, si è verificata un'erosione del versante con un conseguente trasporto del materiale eroso e deposito nella strada comunale che interseca il fosso stesso (Figure 1.35 -1.36). Alla data di effettuazione dei sopralluoghi di campo i sedimenti erano stati rimossi e il fosso era stato incanalato all'interno di uno scatolare per poter ripristinare la piazzetta e la strada comunale che lo attraversano (Figure 1.37 -1.38).



Figura 1. 35 Materiale depositato dal Fosso La Canala (foto per cortesia di Marco Scarfidi – ottobre 2011) (FOTO 14 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 36 Materiale depositato dal Fosso La Canala (foto per cortesia di Marco Scarfidi – ottobre 2011) (FOTO 15 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 37 Fosso La Canala (FOTO 16 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 38 Tombamento del Fosso La Canala (FOTO 17 in planimetria TGL 1.2)

G – Affluente in sinistra idraulica al Canale del Bosco nella zona di monte

Nella tratto di monte del Canale del Bosco era presente un ponte che è stato distrutto dall'evento di piena (Figura 1.39). Il ponte collegava il paese con la strada della Giravolta, sulla sponda destra del torrente.

La problematica principale rilevata in tale zona del paese è collegata alla necessità di trasportare i contenitori di cloro per la potabilizzazione dell'acqua sulla sponda destra del torrente, dove è presente l'opera di presa.

H – Affluente in sinistra idraulica ala Canale del Bosco (zona di monte)

L'affluente in sinistra idraulica al torrente ha prodotto erosione del versante durante l'evento alluvionale e trasporto del materiale verso valle (Figura 1.40).



Figura 1. 39 Ponte crollato nella zona di monte del Canale del Bosco (FOTO 18 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 40 Trasporto di materiale solido ad opera dell'affluente in sinistra idraulica del Canale del Bosco (FOTO 19 in planimetria TGL 1.2)

1.5 Ricostruzione dello stato ante-evento

Torrente Teglia

La ricostruzione dello stato ante-evento del Torrente Teglia è stata effettuata tenendo conto dell'evoluzione plano-altimetrica del corso d'acqua verificatasi negli ultimi 20 anni circa.

Per quanto riguarda il profilo altimetrico è stato fatto il confronto tra il thalweg rilevato nel 2012 e il thalweg delle sezioni dell'AdB del 1990. Alcune sezioni rilevate nel 2012 sono state ribattute in corrispondenza delle sezioni PAI, in particolare le sezioni PAI utilizzate per il confronto sono: MTE 2D, MTE 3, MTE 4, MTE 5, MTE 6A, MTE 7, MTE 8, MTE 9, MTE 10. Dal risultato riportato in Figura 1.41 si osserva che in prossimità dell'abitato di Teglia ed a valle di Ponte Teglia si è avuto un incremento della quota minima del fondo dell'alveo rispettivamente di circa 2.35 m e 1.44 m. Tuttavia l'entità del fenomeno e del periodo di tempo nel quale esso si è verificato fanno ritenere che il corso d'acqua sia sostanzialmente in uno stato di equilibrio morfologico e che lo scostamento altimetrico riscontrato rientri all'interno delle variazioni ammissibili per lo stato di quasi equilibrio.

Per quanto riguarda l'evoluzione planimetrica, sovrapponendo il tracciato del thalweg rilevato nel 2012 alla planimetria CTR (1995), si osserva uno spostamento planimetrico dell'asse del torrente, in particolare in corrispondenza delle zone dove sono stati censiti i principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del 2011, ovvero alle sezioni 3-6, 10-11, 21, 23-24, 28-29 (vedi planimetria Tavola TGL1.1). L'entità dello spostamento planimetrico massimo è in certi casi considerevole, come mostrano la Tabella 1.13 ed il confronto tra le ortofoto 2010 e 2012 riportato nelle Figure 1.42 – 1.51.

Tabella 1. 13 Entità dello spostamento planimetrico massimo del thalweg

SPOSTAMENTO PLANIMETRICO THALWEG	
sezione	Valore massimo rilievo 2012- CTR 1:10000 (1995) [m]
3 - 6	61.63
10 - 11	32.19
21	30.42
23 - 24	28.49
28 - 29	73.51

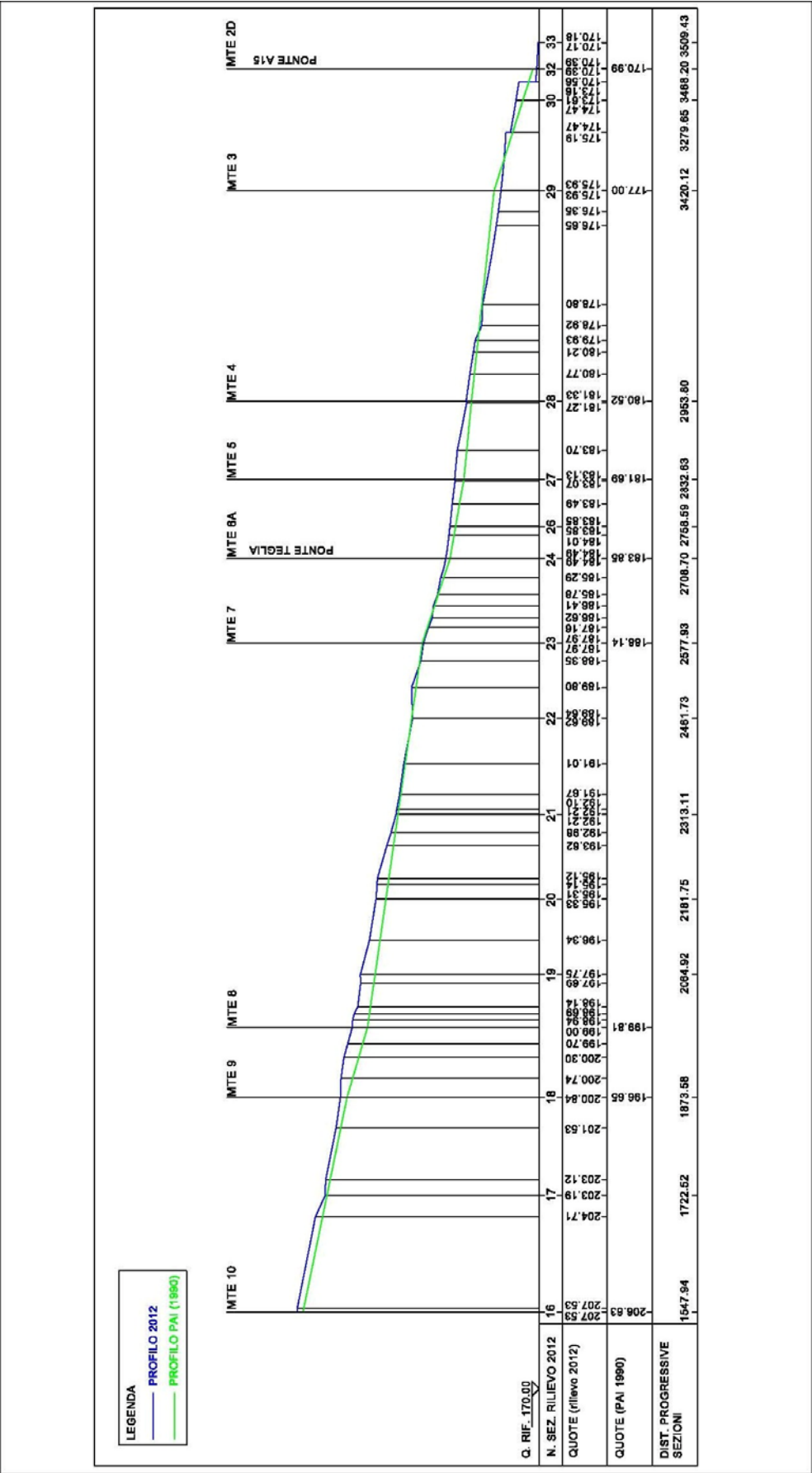


Figura 1. 41 – T. Teglia: confronto altimetrico del thalweg tra il rilievo 2012 e le sezioni PAI (1990).

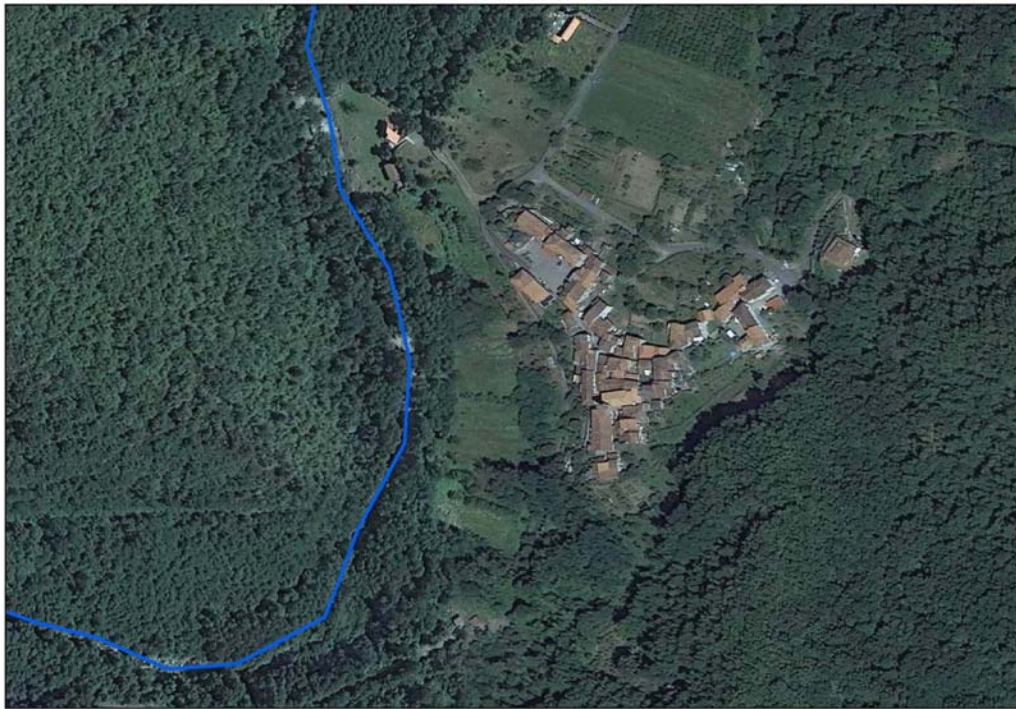


Figura 1. 42- T. Teglia: Sez. 3-6 (ortofoto 2010) (FOTO 11 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 43- T. Teglia: Sez. 3-6 (ortofoto 2012) (FOTO 11 in planimetria TGL 1.1)

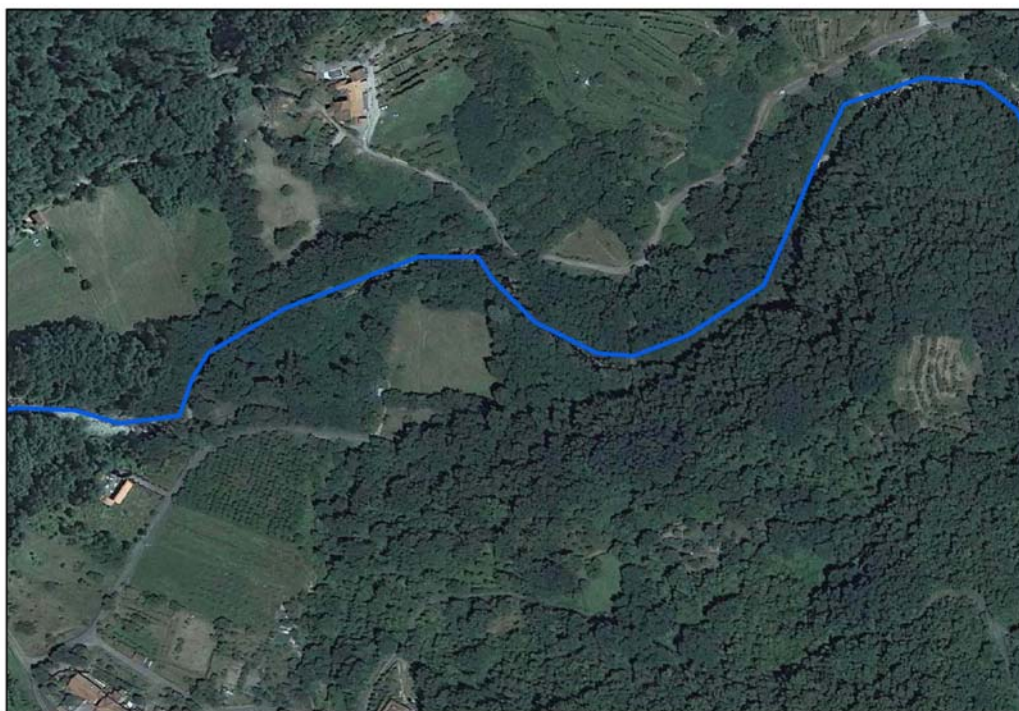


Figura 1. 44- T. Teglia: Sez. 10-11 (ortofoto 2010) (FOTO 12 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 45- T. Teglia: Sez. 10-11 (ortofoto 2012) (FOTO 12 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 46- T. Teglia: Sez. 21 (ortofoto 2010) (FOTO 13 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 47- T. Teglia: Sez. 21 (ortofoto 2012) (FOTO 13 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 48- T. Teglia: Sez. 23-24 (ortofoto 2010) (FOTO 14 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 49- T. Teglia: Sez. 23-24 (ortofoto 2012) (FOTO 14 in planimetria TGL 1.1)

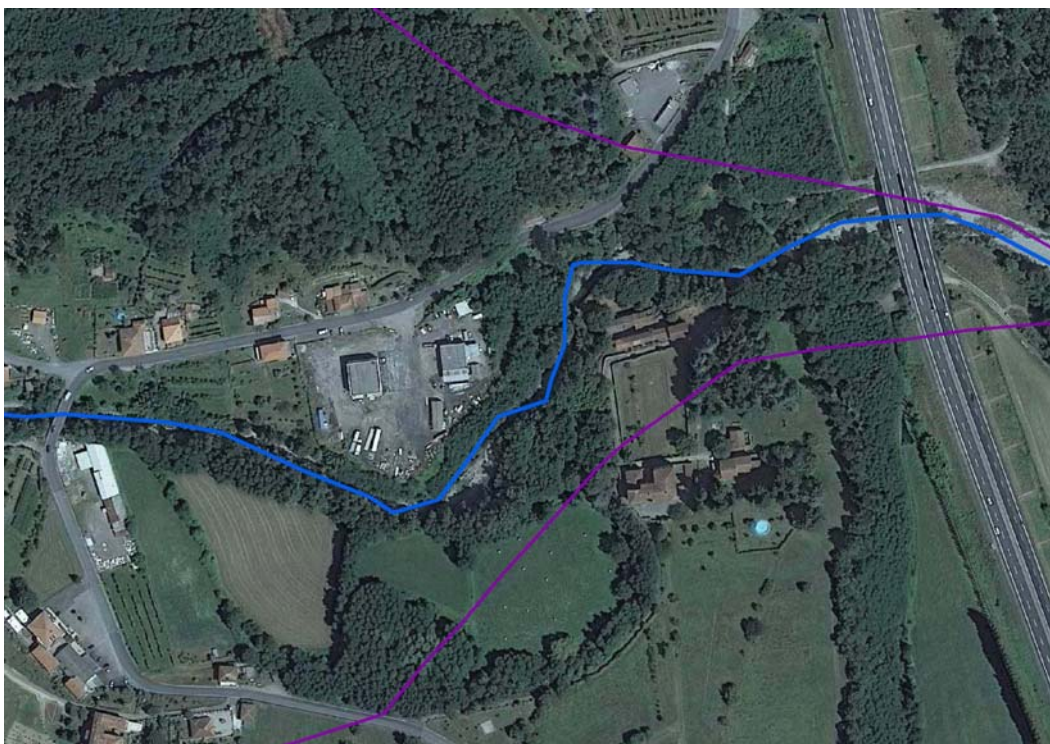


Figura 1. 50- T. Teglia: Sez. 28-29 (ortofoto 2010) (FOTO 15 in planimetria TGL 1.1)



Figura 1. 51- T. Teglia: Sez. 28-29 (ortofoto 2012) (FOTO 15 in planimetria TGL 1.1)

Canale del Bosco

Il Canale del Bosco e l'abitato di Bosco di Rossano non hanno subito particolari evoluzioni nel corso degli ultimi decenni. Si riporta in Figura 1.52 una foto aerea dell'abitato risalente al 1988, in cui si osserva che il torrente ed i suoi principali affluenti (Fosso Madornale e Fosso La Canala) avevano pressoché lo stesso assetto morfologico dello stato attuale, come mostrato nella foto aerea relativa all'anno 2010 (Figura 1.53).

Analizzando l'abitato di Bosco di Rossano nel ventennio considerato, si osserva una variazione nell'uso del suolo, soprattutto nel versante alle spalle del paese, ed in parte nell'assetto urbanistico del paese con la costruzione di nuovi fabbricati.

Ai fini della descrizione dello stato ante-evento si riportano alcune foto della località di Bosco di Rossano prima dell'evento alluvionale reperite presso i residenti e messe a confronto con le foto scattate durante i sopralluoghi dopo l'evento (Figure 1.54 – 1.67). Dal confronto è possibile osservare che il torrente aveva un alveo molto stretto rispetto a quello attuale con zone di sponda coltivate o messe a verde. Nell'abitato erano inoltre presenti cinque mulini, che derivavano l'acqua dal Canale del Bosco attraverso delle canalette, e cinque attraversamenti, che permettevano ai residenti di raggiungere il territorio in destra idraulica, opposta al paese.

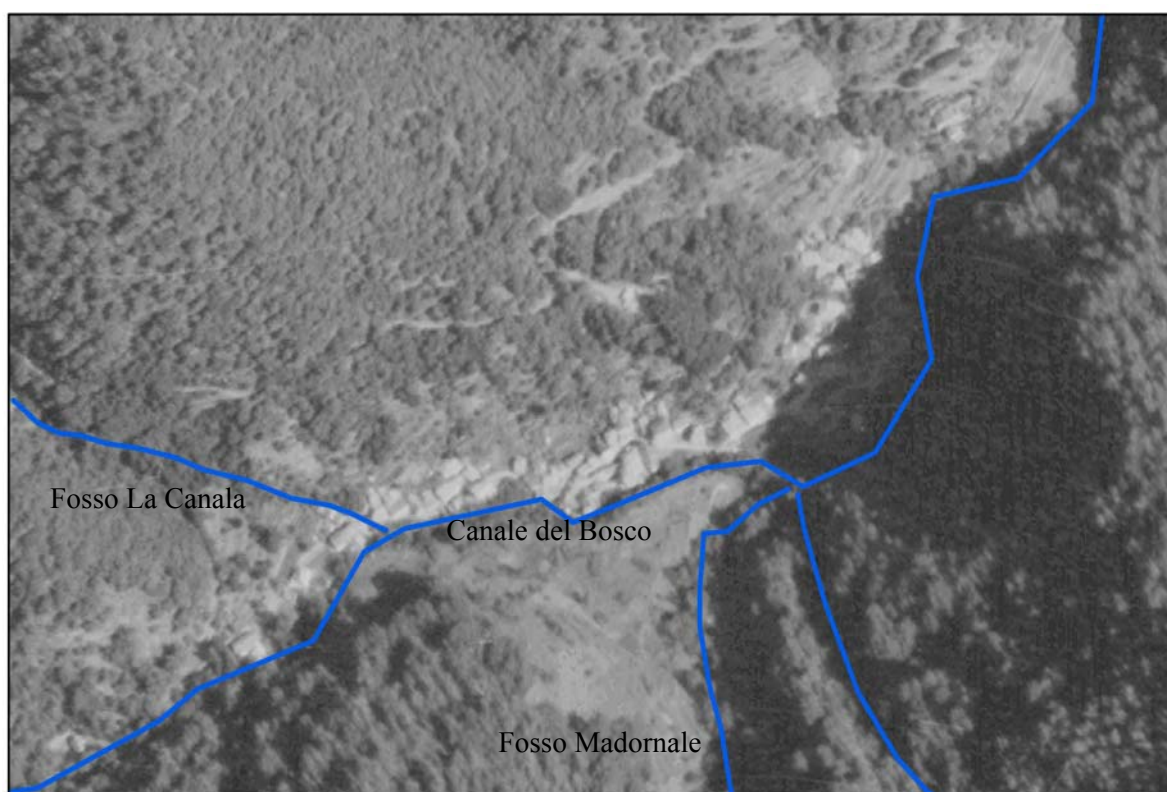


Figura 1. 52 Foto aerea del Canale del Bosco del 1988 (FOTO 20 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 53 Foto aerea del canale del Bosco del 2010 (FOTO 20 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 54 Bosco di Rossano prima dell'evento alluvionale (gentile cortesia del Comune di Zeri)



Figura 1. 55 Canaletta di derivazione dal Canale del Bosco (pre-evento) (FOTO 21 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 56 Mulino di Bosco di Rossano (pre-evento) (FOTO 22 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 57 Canale del Bosco prima dell'evento alluvionale (FOTO 23 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 58 Canale del Bosco dopo l'evento alluvionale (FOTO 23 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 59 Canaletta di derivazione dal Canale del Bosco ante-evento (**FOTO 24 in planimetria TGL 1.2**)



Figura 1. 60 Canaletta di derivazione dal Canale del Bosco post-evento (**FOTO 24 in planimetria TGL 1.2**)



Figura 1. 61 Ponte sul Canale del Bosco (tra sezione 5 e sezione 6) prima dell'evento alluvionale (foto verso valle)
(FOTO 1 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 62 Ponte sul Canale del Bosco (tra sezione 5 e sezione 6) dopo l'evento alluvionale (foto verso monte)
(FOTO 25 in planimetria TGL 1.2)



Figura 1. 63 Passerella e mulino in destra idraulica (tra sezione 4 e sezione 5) a valle del ponte crollato prima dell'evento alluvionale (foto da valle) **(FOTO 26 in planimetria TGL 1.2)**



Figura 1. 64 Passerella distrutta e resti del mulino in destra idraulica sul Canale del Bosco (tra sezione 4 e sezione 5) dopo l'evento alluvionale (foto da monte) **(FOTO 27 in planimetria TGL 1.2)**



*Figura 1. 65 Vista del Canale del Bosco dal ponte (tra sezione 5 e sezione 6) verso valle prima dell'evento alluvionale
(FOTO 28 in planimetria TGL 1.2)*



*Figura 1. 66 Vista del Canale del Bosco dal ponte (tra sezione 5 e sezione 6) verso valle dopo l'evento alluvionale
(FOTO 28 in planimetria TGL 1.2)*



Figura 1. 67 Crollo del ponte (tra sezz. 5 e 6) durante l'evento alluvionale (FOTO 29 in planimetria TGL 1.2)

Sulla base del confronto tra le foto ante e post-evento alluvionale e delle testimonianze dei residenti è stato possibile ipotizzare la geometria delle sezioni del torrente prima dell'evento stesso a partire dal rilievo delle sezioni del 2012. Le sezioni rilevate nel 2012 sono state modificate rialzandone la quota del fondo e restringendo la larghezza delle sponde fino ad ottenere una geometria che fosse in accordo con la ricostruzione dell'assetto ante-evento. Tale geometria è stata poi utilizzata nella simulazione idraulica dell'evento del 25 ottobre con l'obiettivo di riprodurre i livelli verificatisi durante l'evento alluvionale. Si rimanda alle Tavole TGL 1.3 per la visione della geometria delle sezioni ricostruite del torrente prima dell'evento alluvionale.

2. RICOSTRUZIONE FENOMENOLOGICA DELL'EVENTO DEL 25/10/2011

STATO ATTUALE: modellazione idraulica e analisi dei dissesti in alveo

2.1 Torrente Teglia nel tratto da Ponte Teglia a Castagnetoli

La ricostruzione fenomenologica dell'evento alluvionale del 25 ottobre 2011 che ha interessato il torrente Teglia è stata effettuata utilizzando il software Hec-Ras 4.1.0 in moto vario a fondo fisso. Il tratto simulato è quello terminale oggetto di rilievo, compreso tra Castagnetoli e la confluenza con il fiume Magra, per una lunghezza di circa 3.5 km. Le sezioni topografiche rilevate nel 2012 sono state interpolate ai soli fini del calcolo idraulico all'interno del software Hec Ras con un passo di circa 15 m.

I coefficienti di Manning assunti nella simulazione per la zona dell'alveo inciso sono stati ricavati in base alla granulometria del materiale presente in alveo, campionata durante i rilievi sedimentologici, utilizzando la ben nota formula Gaucker-Strickler.

$$k_s = \frac{21}{D_{50}^{1/6}}$$

In particolare, dall'inizio del tratto di interesse fino circa a metà dello stesso (sezione 17) è stato utilizzato come diametro caratteristico il passante D_{50} del rilievo sedimentologico TGL_02S, mentre nel tratto a partire dalla sezione 17 fino alla confluenza con il Magra è stato utilizzato il D_{50} del rilievo TGL_01S.

Per le aree golenali è stato assunto invece un coefficiente di Gaucker-Strickler pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sulla base delle osservazioni della vegetazione presente sulle sponde.

Si riportano in Tabella 2.1 i coefficienti n di Manning ($n=1/k_s$) adottati nella simulazione.

Tabella 2. 1 Coefficienti di Manning usati nella simulazione

COEFFICIENTI DI MANNING (dalla sezione 1 alla sezione 17)		
n sinistra idraulica [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹	n alveo inciso [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹	n destra idraulica [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹
0.04	0.0286	0.04
COEFFICIENTI DI MANNING (dalla sezione 17 alla sezione 33)		
n sinistra idraulica [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹	n alveo inciso [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹	n destra idraulica [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] ⁻¹
0.04	0.0305	0.04

L'idrogramma in ingresso al tratto simulato è stato quello relativo al tempo di ritorno di 200 anni calcolato tramite il modello Piene (si veda la prima parte della presente relazione) che ha rappresentato la condizione al contorno di monte. La condizione al contorno di valle è stata espressa in termini dell'altezza di moto uniforme (*normal depth*) calcolata impostando una pendenza del fondo pari a 0.005.

La simulazione è stata effettuata con un passo temporale di calcolo pari a 1 minuto ed in regime di corrente mista. Si riportano di seguito il risultato della simulazione come involucro dei massimi livelli di piena (Figura 2.1) ed una tabella di sintesi dei risultati della simulazione (Tabella 2.2).

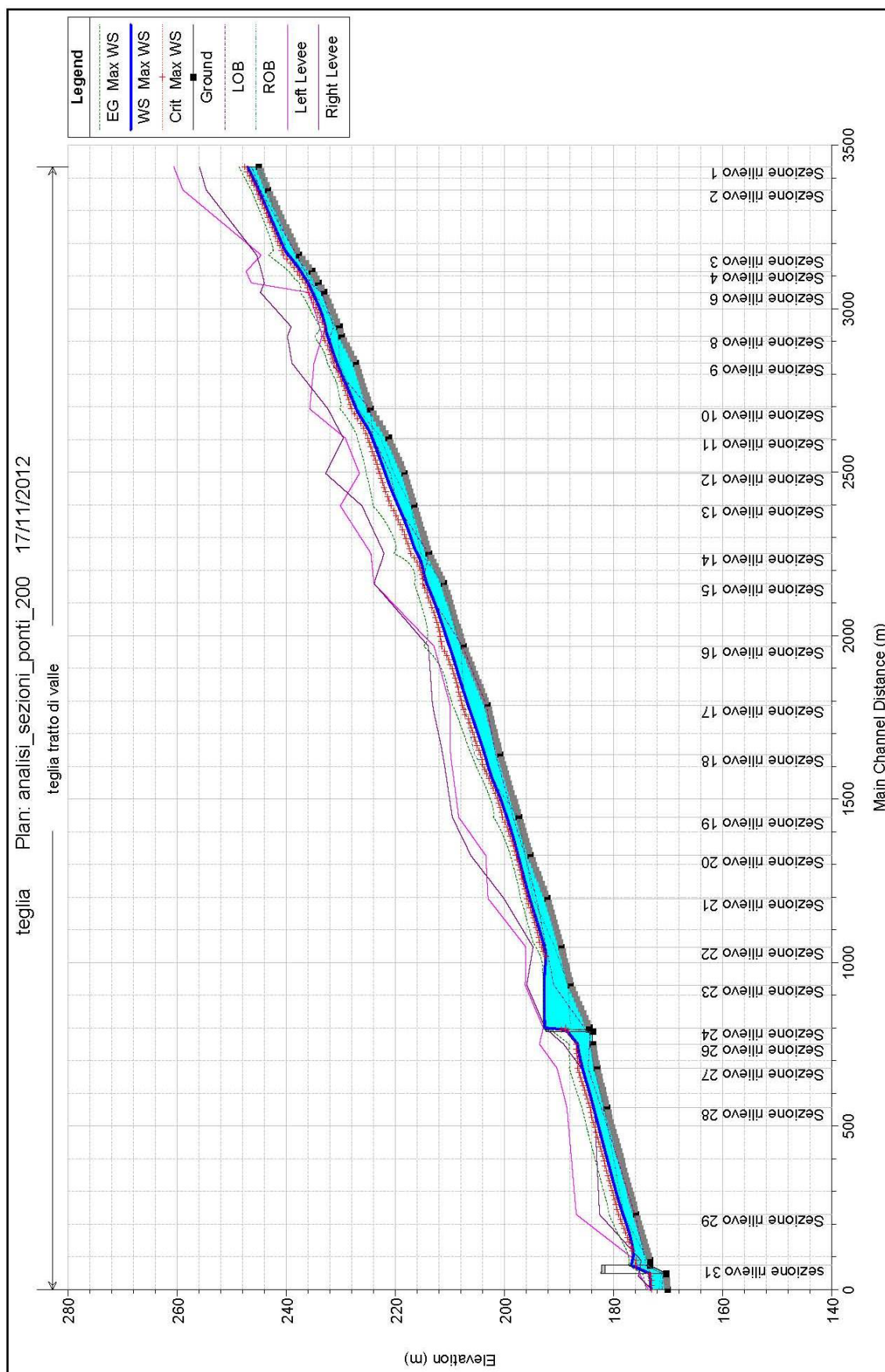


Figura 2. 1 Profilo longitudinale dell'involuppo dei massimi livelli di piena.

Tabella 2. 2 Sintesi dei risultati della simulazione idraulica del torrente Teglia

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE										
River Station	Q tot	Min Ch Elev	WS Elev	Crit WS	EG Elev	EG slope	Vel Ch	Flow Area	Top Width	Froude # Ch
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m ²]	[m]	
31	476.93	245.09	247.14	247.6	248.67	0.030144	5.52	87.59	101.19	1.89
30	476.86	243.38	245.11	245.5	246.44	0.026726	5.12	93.83	111.81	1.78
29	476.79	237.68	239.65	240.53	243.24	0.064718	8.46	58.27	70.02	2.79
28	476.78	235.31	237.39	238.03	239.51	0.037678	6.47	74.26	80.64	2.14
27	476.76	234.18	236.07	236.52	237.59	0.030738	5.48	87.41	103.2	1.89
26	476.76	233.1	235.24	235.89	237.44	0.03009	6.58	72.84	64.46	1.97
25	476.72	230.31	232.89	233.11	233.89	0.010057	4.68	119.52	97.36	1.2
24	476.7	229.89	232.48	233.2	234.81	0.024318	6.98	78.17	74.77	1.85
23	476.7	227.28	230.75	231.31	232.51	0.02305	5.87	81.21	69.04	1.73
22	476.59	224.6	227.2	228.09	230.17	0.031572	7.82	63.21	44.28	2.1
21	476.58	221.29	224.28	225.1	227.05	0.023507	7.37	64.75	39.9	1.84
20	476.57	218.37	221.88	222.93	225.37	0.021719	8.28	58.14	28.52	1.82
19	476.56	216.56	219.51	220.86	224.15	0.028466	9.59	50.68	24.58	2.11
18	476.55	213.92	216.03	217.23	220.34	0.039384	9.21	52.51	35.38	2.38
17	476.54	211.13	214.28	214.99	216.57	0.025046	6.73	71.84	52.83	1.85
16	476.52	207.53	210.13	211.54	214.81	0.023536	9.71	51.95	23.46	1.99
15	476.49	203.19	206.69	207.8	209.55	0.020789	7.5	64.34	32.15	1.69
14	476.46	200.84	203.65	204.46	206.07	0.017046	6.91	69.95	34.33	1.53
13	476.43	197.4	199.63	200.41	202.07	0.022387	7.01	73.74	62.3	1.71
12	476.42	195.31	197.55	197.92	198.94	0.016312	5.24	92.16	67.66	1.42
11	476.39	192.21	195.42	195.88	197.04	0.019373	5.66	85.05	61.27	1.52
10	475.96	189.62	192.75	193.2	194.27	0.013896	5.65	96.68	78.37	1.33
9	475.24	187.88	192.74		192.97	0.001005	2.13	228.71	80.23	0.4
8	475.12	184.49	192.6	188.79	192.94	0.000481	2.61	205.76	60.05	0.31
7.5	Bridge									
7	475.12	183.85	186.64	186.89	188.22	0.008722	5.64	88.24	38.24	1.14
6	475.11	183.06	185.74	186.59	188.12	0.017477	6.97	73.93	46.4	1.56
5	475.1	181.27	183.69	184.35	185.81	0.015653	6.69	84.67	70.66	1.48
4	475.09	175.89	178.32	179.1	180.88	0.022012	7.14	67.93	38.87	1.7
3	475.07	173.37	176.59	175.89	177.16	0.002653	3.46	159.09	83.68	0.65
2.5	Bridge									
2	475.07	170.39	173.38	173.34	174.58	0.005988	4.92	103.05	46.25	0.96
1	475.07	170.17	173.18	173.07	174.09	0.005004	4.28	120.01	78.08	0.86

I risultati della simulazione idraulica sono stati poi messi a confronto con le tracce di piena rilevate; si è osservato un buon accordo soprattutto per le tracce di piena sui fabbricati e per una quota dei depositi arbustivi (Tabella 2.3). Si può quindi concludere che la simulazione effettuata costituisce una ricostruzione attendibile dell'evento alluvionale che si è verificato, in quanto le tracce di piena con un maggior grado di affidabilità tra quelle rilevate sono praticamente coincidenti con i livelli idrici ottenuti con la simulazione.

Tabella 2. 3 Confronto tra le tracce di piena rilevate ed i livelli di piena ottenuti dalla simulazione idraulica

Sez. rilievo	Quota traccia [m s.l.m.]	Livello simulazione [m s.l.m.]	Differenza [m]	Descrizione
6	235.30	235.23	0.07	segnalata da proprietario
9	230.76	230.75	0.01	quota arbusti
24	192.30	192.6	0.30	quota parapetto finestra

Al fine di descrivere con maggior dettaglio l'andamento dei livelli idrici che si verificano in corrispondenza di Ponte Teggia si riporta il profilo idraulico della simulazione in Figura 2.2 e il livello idrico nella sezione fluviale in Figura 2.3. E' evidente l'effetto di rigurgito prodotto dal ponte sul profilo idraulico a monte del ponte; inoltre, si osserva che il deflusso della corrente avviene interamente attraverso la luce del ponte: tutto ciò risulta in pieno accordo alle testimonianze dei residenti raccolte in occasione dei sopralluoghi i quali hanno riferito che durante l'evento di piena del 1° ottobre 2011 la portata sia transitata attraverso la luce senza sormontare l'impalcato del ponte.

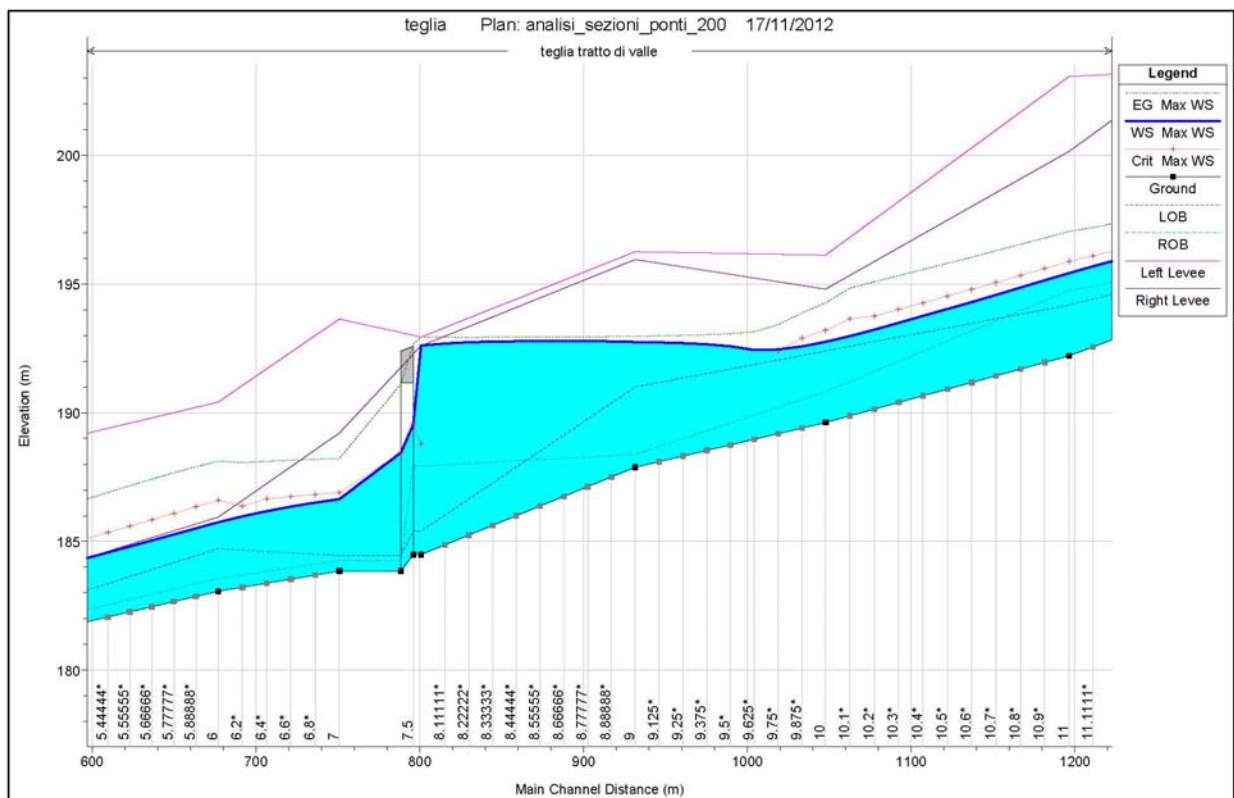


Figura 2. 2 Profilo della corrente a Ponte Teglia

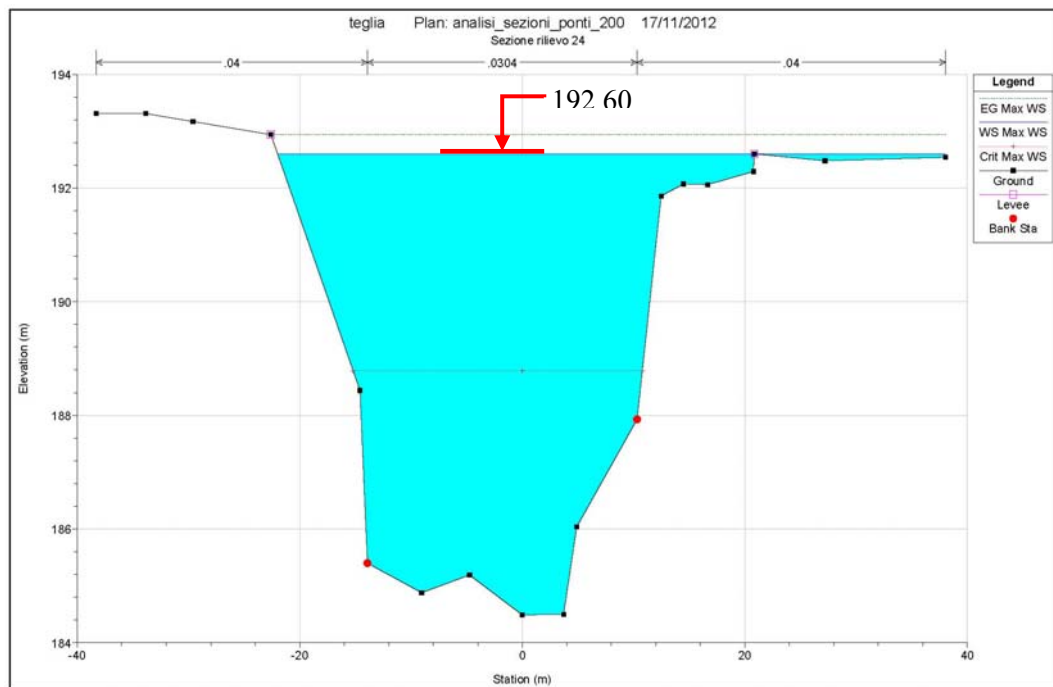


Figura 2. 3 Livello idraulico simulato a Ponte Teglia e confronto con la traccia di piena rilevata

2.2 Canale del Bosco

La ricostruzione fenomenologica dell'evento del 25 ottobre 2011 sul Canale del Bosco è stata fatta con il software Hec-Ras 4.1.0 in moto permanente a fondo fisso.

Il tratto di interesse per la simulazione è quello che interessa l'abitato di Bosco di Rossano, per una lunghezza di circa 800 metri.

Le sezioni utilizzate sono quelle descritte nello stato di ricostruzione ante-evento come richiamato in precedenza. Le sezioni ricostruite e ritenute rappresentative dello stato ante-evento sono state interpolate ai soli fini del calcolo idraulico all'interno del software Hec-ras con un passo spaziale massimo di circa 7.5 m.

Nello stato ante-evento sono state collocate nelle sezioni opportune i quattro ponti/passarelle presenti prima dell'evento alluvionale e distrutti in occasione del medesimo, in particolare:

tra sezione 19 e 20;

tra sezione 10 e 11;

tra sezione 5 e 6;

tra sezione 4 e 5.

Inoltre, dalla osservazione delle tracce di piena, è stata ipotizzata poco a monte della sezione 13 la presenza di un'ostruzione dell'alveo che durante l'evento si dovrebbe essere elevata fino alla quota 660.50 m s.l.m., causata dalla concomitanza di elevata quantità di materiale solido e vegetazione trasportato in alveo con la repentina deviazione dell'asse del torrente ed il lieve restringimento di sezione osservabili in corrispondenza della sezione 13 (Figure 2.4 e 2.5).



Figura 2. 4 - Canale del Bosco: ubicazione della presunta ostruzione d'alveo (FOTO 20 in planimetria TGL 1.2)



Figura 2. 5- Canale del Bosco: sezione in cui è stata ipotizzata l'ostruzione (FOTO 30 in planimetria TGL 1.2)

Per il calcolo del coefficiente di Gaucker-Strickler dell'alveo inciso e delle sponde è stata utilizzata la formula proposta da Ferguson (2007) per la stima della resistenza al moto negli alvei ghiaiosi inclusi quelli di carattere montano caratterizzati da elevate macroscabrezze. L'applicazione di tale formula ha condotto ad un coefficiente di Gaucker-Strickler pari a $12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ cui corrisponde un coefficiente di Manning pari a $0.082 (\text{m}^{1/3}/\text{s})^{-1}$.

La simulazione in moto permanente del tipo *mixed flow* è stata fatta utilizzando il valore al colmo dell'idrogramma di portata con tempo di ritorno 500 anni calcolato con il modello Piene alla sezione BSC_01H, che fornisce il valore di $30.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per la condizione al contorno di monte è stata imposta la profondità critica (*critical depth*), mentre per la condizione al contorno di valle è stata imposta la profondità di moto uniforme (*normal depth*) calcolata con una pendenza del fondo pari a 0.08.

Il colmo di portata con tempo di ritorno 500 anni calcolato con il modello Piene alla sezione BSC_01H è stato confrontato con la portata calcolata secondo l'approccio di Grant (1997) alla sezione del ponte crollato (collocato tra la sezione 5 e la sezione 6), poiché in corrispondenza di tale ponte è disponibile una traccia di piena con quota 635.00 m s.l.m. Secondo Grant, la corrente in alvei montani tende ad un numero di Froude pari a 1-1.1; nella sezione in esame, calcolando l'altezza d'acqua Y e la corrispondente sezione bagnata alla quota della traccia di piena (pari a 6.64 m^2), si ottiene una velocità media della corrente in tale sezione come $1.1 \cdot \sqrt{g \cdot Y}$ (pari a 4.54 m/s), da cui un valore di picco della portata transitata pari a $30.18 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il risultato ottenuto costituisce un elemento di riferimento per ritenere che la portata con tempo di ritorno di 500 anni calcolata con il modello Piene, pari a $30.68 \text{ m}^3/\text{s}$, sia rappresentativa dell'evento alluvionale in quanto, oltre ad essere coerente con la traccia di piena citata, coincide con il valore ottenuto da un criterio di stima totalmente indipendente.

Un ulteriore elemento di valutazione della portata piena è stato derivato calcolando la velocità critica della corrente per l'inizio del moto necessaria a spostare massi isolati. Sempre dalle testimonianze raccolte sul luogo, un masso di forma particolare e di dimensioni medie $D = 0.8\text{-}0.9 \text{ m}$, è noto a tutti i residenti di Bosco di Rossano come "*masso del diavolo*". La piena del 25 ottobre ha spostato questo masso dalla sua abituale posizione, portandolo diverse decine di metri a valle. Utilizzando l'approccio proposto da Sordo (1978):

$$V_c = 7.04 Y^{0.05} D^{0.45}$$

alla sezione dove era collocato il masso con area bagnata pari a 6.96 m^2 , si ottiene una velocità critica di inizio del moto, V_c , pari a 6.5 m/s e una portata pari a $45 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale valore, sensibilmente più elevato rispetto alle stime precedenti, viene qui riportato solo per confermare l'ordine di grandezza della portata di piena, ritenendolo di affidabilità minore rispetto agli altri criteri utilizzati. Infatti, i risultati ottenuti dalla verifica idraulica, di seguito riportati, confermano l'affidabilità del valore di piena pari a circa $31 \text{ m}^3/\text{s}$ sulla base della ottima riproducibilità dei livelli in corrispondenza delle tracce di piena rilevate.

Si riporta di seguito il profilo idraulico ottenuto dalla simulazione (Figura 2.6) ed una tabella sintetica dei risultati della simulazione (Tabella 2.4).

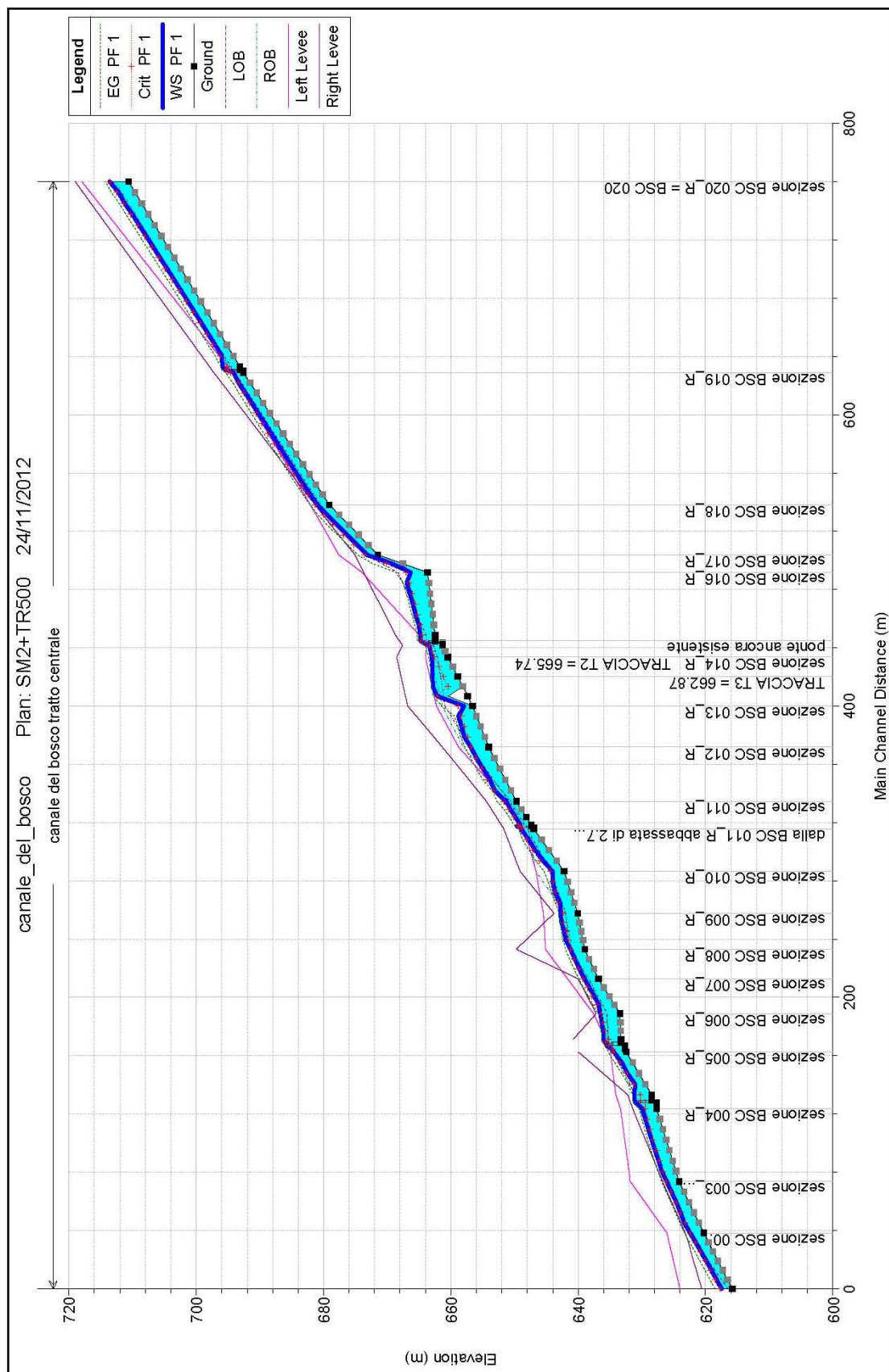


Figura 2. 6 Profilo idraulico (Q_{500}) del Canale del Bosco

Tabella 2. 4 Sintesi dei risultati della simulazione idraulica del Canale del Bosco

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE										
River Station	Q tot	Min Ch Elev	WS Elev	Crit WS	EG Elev	EG slope	Vel Ch	Flow Area	Top Width	Froude # Ch
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m ²]	[m]	
20	31	710.63	713.6	713.6	714.26	0.083601	3.63	8.81	7	0.96
19.0303	31	693.15	695.9	695.17	696.14	0.019392	2.32	14.96	8.35	0.46
19.02	Bridge									
19	31	692.6	694.17	694.56	695.43	0.198803	5.06	6.49	6.59	1.32
18	31	679.11	681.02	681.37	682.12	0.16099	4.94	7.61	12.45	1.28
17	31	671.46	673.12	673.55	674.6	0.232798	5.39	5.75	3.93	1.42
16	31	663.67	666.31	667.05	668.64	0.536581	6.75	4.59	3.57	1.9
15	31	662.47	664.78	664.52	665.25	0.043682	3.09	10.92	9.24	0.71
14.6	Bridge									
14.5	31	661.33	663.43	663.38	664.06	0.067909	3.57	9.15	7.49	0.86
14	31	660.46	663	662.62	663.53	0.053542	3.27	9.91	5.84	0.7
13.6	31	658.92	662.86	661.19	663.06	0.013644	2	16.4	7.74	0.35
13.2	31	660.5	662.15	662.15	662.8	0.069463	3.66	8.97	7.21	0.92
13	31	656.6	657.95	658.89	661.44	0.716929	8.27	3.75	3.64	2.6
12	31	654.04	656.89	656.87	657.81	0.123984	4.25	7.29	3.82	0.98
11	31	649.73	651.33	651.73	652.76	0.225702	5.91	7.05	13.8	1.69
10.7	31	648.18	649.88	650.18	650.84	0.14525	4.99	8.42	14.14	1.38
10.6	31	647.41	649.11	649.41	650.07	0.145168	4.99	8.42	14.14	1.38
10.5	Bridge									
10.4	31	646.98	648.97	648.97	649.35	0.047237	3.25	12.74	15.16	0.81
10	31	642.23	644.05	644.41	645.36	0.194736	5.07	6.12	4.04	1.31
9	31	640.06	642.84	642.4	642.97	0.014061	1.8	20.68	17.68	0.37
8	31	639	641.21	641.21	641.99	0.092857	3.91	8	5.47	0.96
7	31	636.81	639.02	639.27	639.92	0.11969	4.45	7.92	7.68	1.01
6	31	633.45	636.55	636.3	636.81	0.031942	2.53	15.07	14.52	0.47
5.5	31	633.26	636.02	635.22	636.23	0.019386	2.17	17.53	16.91	0.44
5.4	Bridge									
5.3	31	632.66	634.83	634.61	635.49	0.077244	3.61	8.84	9.66	0.84
5	31	632.48	634.44	634.44	635.29	0.109749	4.07	7.62	4.46	0.99
4.5	31	628.46	631.14	630.24	631.47	0.032274	2.57	12.08	5.65	0.53
4.4	Bridge									
4	31	627.7	629.91	629.48	630.42	0.057418	3.17	9.79	4.83	0.71
3	31	624.15	626.12	626.12	626.9	0.097405	3.92	7.9	5.09	0.99
2	31	620.3	622.4	622.4	623.33	0.12551	4.27	7.26	3.88	1
1	31	615.8	617.48	617.74	618.51	0.123706	4.53	7.04	5.92	1.28

I risultati ottenuti dalla simulazione in termini di livelli idrici sono stati confrontati con le tracce di piena ritenute attendibili tra quelle rilevate sul Canale del Bosco (Tabella 2.5).

Tabella 2. 5 Confronto dei livelli idrici da simulazione con le tracce di piena

Sezione rilievo	Quota traccia [m s.l.m.]	Livello simulazione [m s.l.m.]	Differenza [m]	Descrizione
13.6	662.87	662.86	0.01	Segnalata da residente
10.7	649.89	649.88	0.01	Segnalata da residente
5.3	635.00	634.83	0.17	Stimata da filmato

Dal confronto si osserva che la differenza tra il livello idrico della simulazione e la quota della traccia di piena è di pochi centimetri, pertanto si può affermare che la simulazione effettuata costituisce una ricostruzione attendibile dell'evento del 25 ottobre 2011.

3. PROPOSTE ED ANALISI DI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DINAMICA D'ALVEO

STATO DI PROGETTO: interventi e verifiche idrauliche

3.1 Torrente Teglia: proposte di intervento

In base alle criticità individuate a seguito dell'evento alluvionale di cui al paragrafo 1.4, alle tendenze evolutive in atto sul torrente Teglia ed ai risultati della simulazione che ricostruisce l'evento del 25 ottobre 2011 sono state elaborate le proposte di intervento di seguito elencate.

Opere di protezione di sponda in corrispondenza delle sezioni 3, 4, 10, 21, 23, 24, 28 da realizzarsi con scogliere in massi ciclopici e talee di arbusti autoctoni. Il materiale per la costruzione delle scogliere potrà essere reperito nei tratti d'alveo in deposito in alveo e disposto secondo il profilo delle sezioni di progetto. Si sottolinea la necessità di collocare la fondazione delle opere di protezione a quota adeguata al fine di evitarne lo scalzamento indotto dalle inevitabili variazioni altimetriche dell'alveo in conseguenza degli eventi di piena.

Muro di sostegno alla sezione 10 in corrispondenza della frana sulla SP 31 (e rifacimento della strada) da realizzarsi in c.a. rivestito in pietrame con scogliera di protezione al piede. Anche in questo caso, vale la raccomandazione precedente circa la quota della fondazione.

Rifacimento del ponte sulla SP 31 che collega Serola a Castagnetoli. Ai fini del progetto del ponte si indica il livello idrico alla sezione 11 come risultato della simulazione dello stato di progetto pari alla quota di 224.28 m s.l.m..

Opera di protezione di sponda in corrispondenza dell'erosione di versante in sinistra idraulica a valle di Villa Pavesi tra la sezione 28 e la sezione 29. Tale opera tuttavia non è stata indicata nelle sezioni di progetto e non è stata verificata nella simulazione di progetto. Il tratto in questione si trova infatti in corrispondenza della curva verso destra (inizio del tratto rettilineo) a monte della sezione 29 dove non è disponibile alcuna sezione rilevata ai fini della verifica idraulica. La foto in Figura 3.1 mostra dove è collocato il tratto che necessita dell'intervento.

In allegato alla presente relazione tecnica sono riportate le tavole con il dettaglio degli interventi proposti (Tavole TGL 2).



*Figura 3. 1 – T. Teglia: erosione di sponda in sinistra idraulica a monte della sezione 29 ed a valle della sezione 28
(FOTO 4 in planimetria TGL 1.1)*

3.2 Torrente Teglia: verifica idraulica stato di progetto

Lo stato di progetto è stato verificato inserendo gli interventi proposti di messa in sicurezza.

Le sezioni topografiche rilevate nel 2012 sono state interpolate ai soli fini del calcolo idraulico dentro il software Hec Ras con un passo di circa 15 m.

I coefficienti di Manning assunti nella simulazione per la zona dell'alveo inciso sono stati ricavati in base alla granulometria del materiale presente in alveo, campionata durante i rilievi sedimentologici, utilizzando la formula Gaucker-Strickler.

$$k_s = \frac{21}{D_{50}^{1/6}}$$

In particolare dall'inizio del tratto di interesse fino circa a metà dello stesso (sezione 17) è stato utilizzato come diametro caratteristico il passante D_{50} del rilievo sedimentologico TGL_02S, mentre nel tratto a partire dalla sezione 17 fino alla confluenza con il Magra è stato utilizzato il D_{50} del rilievo TGL_01S.

Per le aree golenali è stato assunto invece un coefficiente di Gaucker-Strickler pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sulla base delle osservazioni della vegetazione presente sulle sponde.

Si riportano di seguito i coefficienti di Manning adottati (Tabella 3.1).

Tabella 3.1 Coefficienti di Manning usati nella simulazione

COEFFICIENTI DI MANNING (dalla sezione 1 alla sezione 17)		
n sinistra idraulica $[m^{1/3}/s]^{-1}$	n alveo inciso $[m^{1/3}/s]^{-1}$	n destra idraulica $[m^{1/3}/s]^{-1}$
0.04	0.0286	0.04
COEFFICIENTI DI MANNING (dalla sezione 17 alla sezione 33)		
n sinistra idraulica $[m^{1/3}/s]^{-1}$	n alveo inciso $[m^{1/3}/s]^{-1}$	n destra idraulica $[m^{1/3}/s]^{-1}$
0.04	0.0305	0.04

L'idrogramma in ingresso al tratto simulato è stato quello relativo al tempo di ritorno di 200 anni calcolato tramite il modello Piene, che rappresenta la condizione al contorno di monte.

La condizione al contorno di valle è rappresentata dall'altezza di moto uniforme (*normal depth*) calcolata impostando una pendenza del fondo pari a 0.005.

La simulazione è stata effettuata con un passo temporale di calcolo pari a 1 minuto ed in regime di corrente mista. Si riportano di seguito il risultato della simulazione come involucro dei massimi livelli (Figura 3.2) ed una tabella di sintesi dei risultati della simulazione (Tabella 3.2).

Si sottolinea che nello stato di progetto, il livello idrico alla sezione 24 (4.78 m a monte di Ponte Teglia) è pari a 191.97 m s.l.m. mentre in corrispondenza del ponte risulta pari a 188.81 m s.l.m. Ciò indica che si verifica un rigurgito a monte del ponte e che, in corrispondenza del ponte, il livello assunto dalla corrente risulta tuttavia al di sotto del franco di sicurezza di 1 m rispetto all'intradosso del ponte. Questo funzionamento risulta in accordo con quanto osservato durante l'evento di piena, in quanto il ponte non risulta sia stato sormontato.

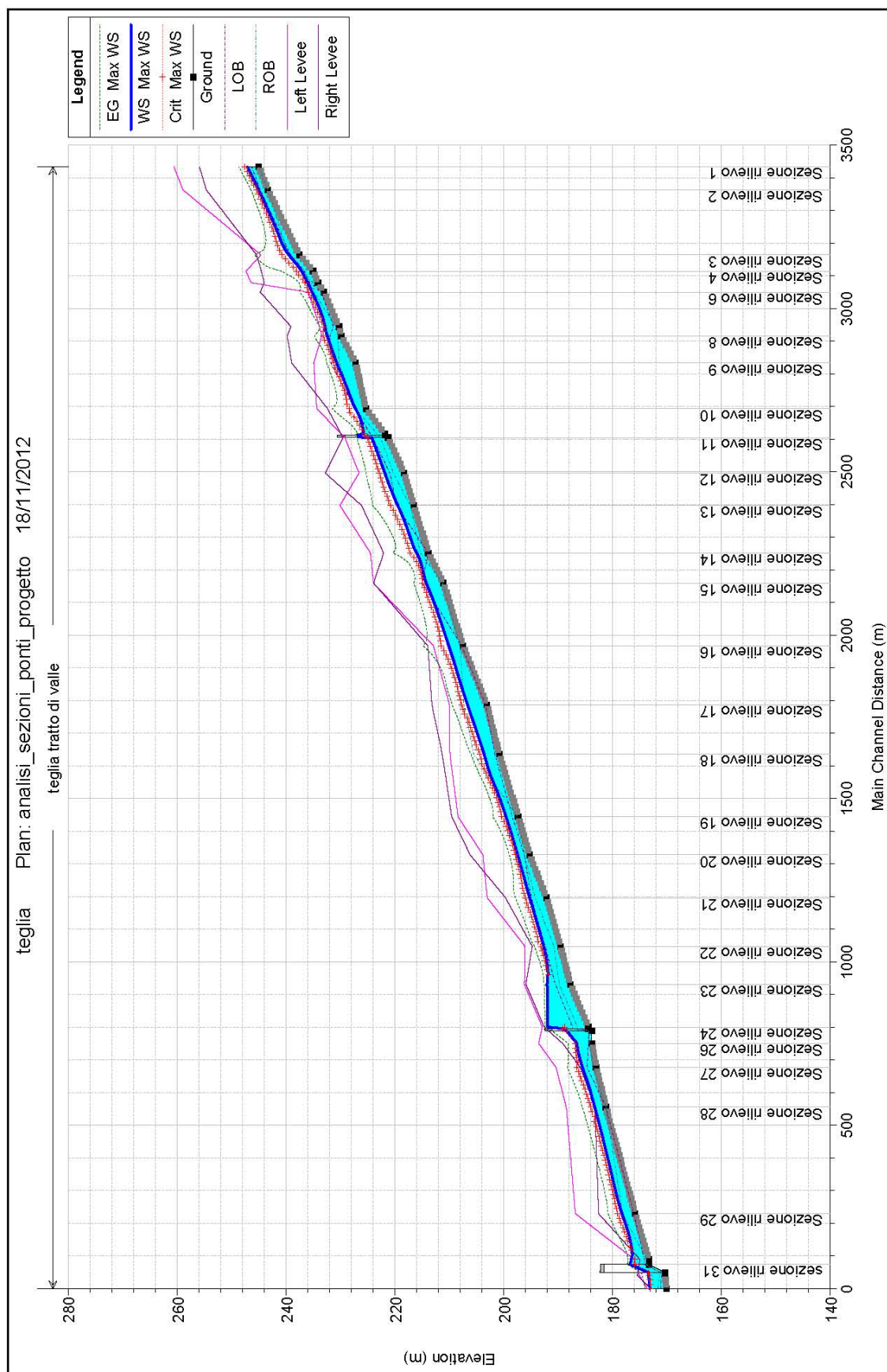


Figura 3. 2 - Profilo longitudinale dell'involuppo dei massimi livelli nella simulazione dello stato di progetto

Tabella 3. 2- Sintesi dei risultati della simulazione idraulica di progetto del torrente Teglia

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DI PROGETTO										
River Station	Q tot	Min Ch Elev	WS Elev	Crit WS	EG Elev	EG slope	Vel Ch	Flow Area	Top Width	Froude # Ch
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m ²]	[m]	
31	476.93	245.09	247.14	247.6	248.67	0.030178	5.52	87.56	101.19	1.89
30	476.86	243.38	245.1	245.51	246.47	0.028431	5.21	92.09	111.74	1.83
29	476.79	237.62	239.55	240.84	245.81	0.054123	11.4	53.73	69.38	2.77
28	476.77	235.06	237.15	238.05	240.9	0.032316	9.31	81.18	107.64	2.17
27	476.76	234.18	236.07	236.52	237.59	0.030739	5.48	87.41	103.2	1.89
26	476.76	233.1	235.24	235.89	237.44	0.03009	6.58	72.84	64.46	1.97
25	476.73	230.31	232.89	233.11	233.89	0.010058	4.68	119.52	97.36	1.2
24	476.72	229.89	232.48	233.21	234.81	0.024339	6.98	78.15	74.76	1.85
23	476.69	227.28	230.71	231.31	232.57	0.024559	6.04	78.94	67.44	1.78
22	476.66	225.36	227.27	228.45	231.53	0.034433	9.14	52.13	30.17	2.22
21	476.65	221.87	225.87	225.57	226.86	0.004102	4.42	108.38	39.33	0.84
20	Bridge									
19	476.65	221.29	224.28	225.1	227.05	0.023513	7.37	64.75	39.9	1.84
18	476.63	218.37	221.88	222.93	225.37	0.021725	8.28	58.14	28.52	1.82
17	476.62	216.56	219.51	220.86	224.15	0.028462	9.59	50.69	24.58	2.11
16	476.61	213.92	216.03	217.23	220.34	0.039393	9.21	52.51	35.38	2.38
15	476.59	211.13	214.28	214.99	216.57	0.025033	6.73	71.86	52.84	1.85
14	476.57	207.53	210.13	211.54	214.81	0.023531	9.71	51.96	23.46	1.99
13	476.54	203.19	206.69	207.8	209.55	0.020784	7.5	64.35	32.15	1.69
12	476.51	200.84	203.65	204.46	206.07	0.017049	6.91	69.95	34.33	1.53
11	476.48	197.4	199.62	200.41	202.07	0.022405	7.01	73.72	62.29	1.71
10	476.46	195.31	197.49	197.92	199.01	0.018936	5.48	88.06	67.52	1.51
9	476.43	192.21	195.25	196.06	197.88	0.018136	7.92	89.83	60.69	1.58
8	476.31	189.62	192.69	193.2	194.35	0.015725	5.89	92.26	78.21	1.41
7.5	475.1	187.8	192.06		192.62	0.002027	3.58	188.27	80.17	0.58
7	475.3	184.49	191.97	188.87	192.42	0.000738	3.11	177.96	33.41	0.38
6	Bridge									
5	475.29	183.85	186.6	186.89	188.23	0.009172	5.73	86.87	38.19	1.17
4	475.29	183.06	185.57	186.6	188.33	0.022887	7.52	66.85	39.45	1.75
3	475.28	181.27	183.31	184.05	185.61	0.016439	6.79	75.93	71.51	1.52
2.5	475.26	175.89	178.32	179.1	180.88	0.022016	7.14	67.94	38.87	1.7
2	475.25	173.37	176.59	175.89	177.16	0.002651	3.46	159.16	83.69	0.65
1	Bridge									
	475.25	170.39	173.38	173.34	174.58	0.005988	4.92	103.08	46.26	0.96
	475.24	170.17	173.18	173.07	174.09	0.005003	4.28	120.06	78.09	0.86

3.3 Canale del Bosco: proposte di intervento

In base ai risultati della simulazione che ricostruisce l'evento del 25 ottobre 2011 ed alle criticità individuate sul Canale del Bosco, sono state elaborate le seguenti proposte di intervento (v. Tav. TGL2):

realizzazione di muri in c.a. rivestiti in pietrame a protezione della sponda in destra idraulica del torrente nel tratto compreso tra la sezione 11 e la sezione 13;

realizzazione di muri in c.a. rivestiti in pietrame a protezione della sponda in destra idraulica del torrente nel tratto compreso tra la sezione 13 e 14. Tale intervento dovrà essere tuttavia compatibile con il progetto di riassetto urbanistico dell'abitato;

realizzazione di muri in c.a. rivestiti in pietrame a protezione della sponda in destra idraulica del torrente nel tratto compreso tra la sezione 14 e 15;

realizzazione di muri in c.a. rivestiti in pietrame a protezione della sponda in destra idraulica del torrente nel tratto compreso tra la sezione 17 fino a circa metà del tratto compreso tra la sezione 19 e la sezione 20;

salvaguardia delle aree generatesi a seguito della erosione di sponda nel tratto del Canale del Bosco a valle della confluenza con il Fosso Madornale, da impiegare come aree golenali per la naturale esondazione del torrente dall'alveo inciso in occasione di eventi di piena (sezioni 2, 3, 4, 5);

realizzazione di due briglie sul Fosso della Canala e sul Fosso di sinistra poco a monte dell'abitato per il trattenimento del materiale solido.

3.4 Canale del Bosco: verifica stato di progetto

Il corso d'acqua nello stato di progetto è stato verificato mediante software Hec-Ras 4.1.0 in moto permanente a fondo fisso.

Per la geometria delle sezioni è stato utilizzato il rilievo 2012, le quali sono state riprofilate in funzione degli interventi proposti, in particolare per tener conto della realizzazione dei muri di protezione previsti nella parte centrale dell'abitato.

Per il calcolo del coefficiente di Gauckler-Strickler dell'alveo inciso e delle sponde è stata utilizzata la formula proposta da Ferguson (2007) ottenendo $12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e dunque un coefficiente di Manning pari a $0.082 (\text{m}^{1/3}/\text{s})^{-1}$.

La simulazione in moto permanente è stata effettuata utilizzando il valore al colmo dell'idrogramma di portata con tempo di ritorno 500 anni ottenuto dal modello Piene alla sezione BSC_01H, risultato pari a $30.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per la condizione al contorno di monte è stato imposto il livello “critico” (*critical depth*), mentre per la condizione al contorno di valle è stata imposta la profondità di moto uniforme (*normal depth*) calcolata con una pendenza del fondo pari a 0.08.

Si riporta di seguito il risultato della simulazione di progetto come profilo idraulico del torrente (Figura 3.3), mentre in Tabella 3.3 si riporta la sintesi dei risultati ottenuti dalla simulazione dello stato di progetto del Canale del Bosco.

Infine in tabella 3.4 si riportano i livelli idrici nelle sezioni dove erano presenti ponti/passerelle prima dell'evento alluvionale ai fini del corretto riposizionamento degli stessi tenendo conto del franco di sicurezza idraulica.

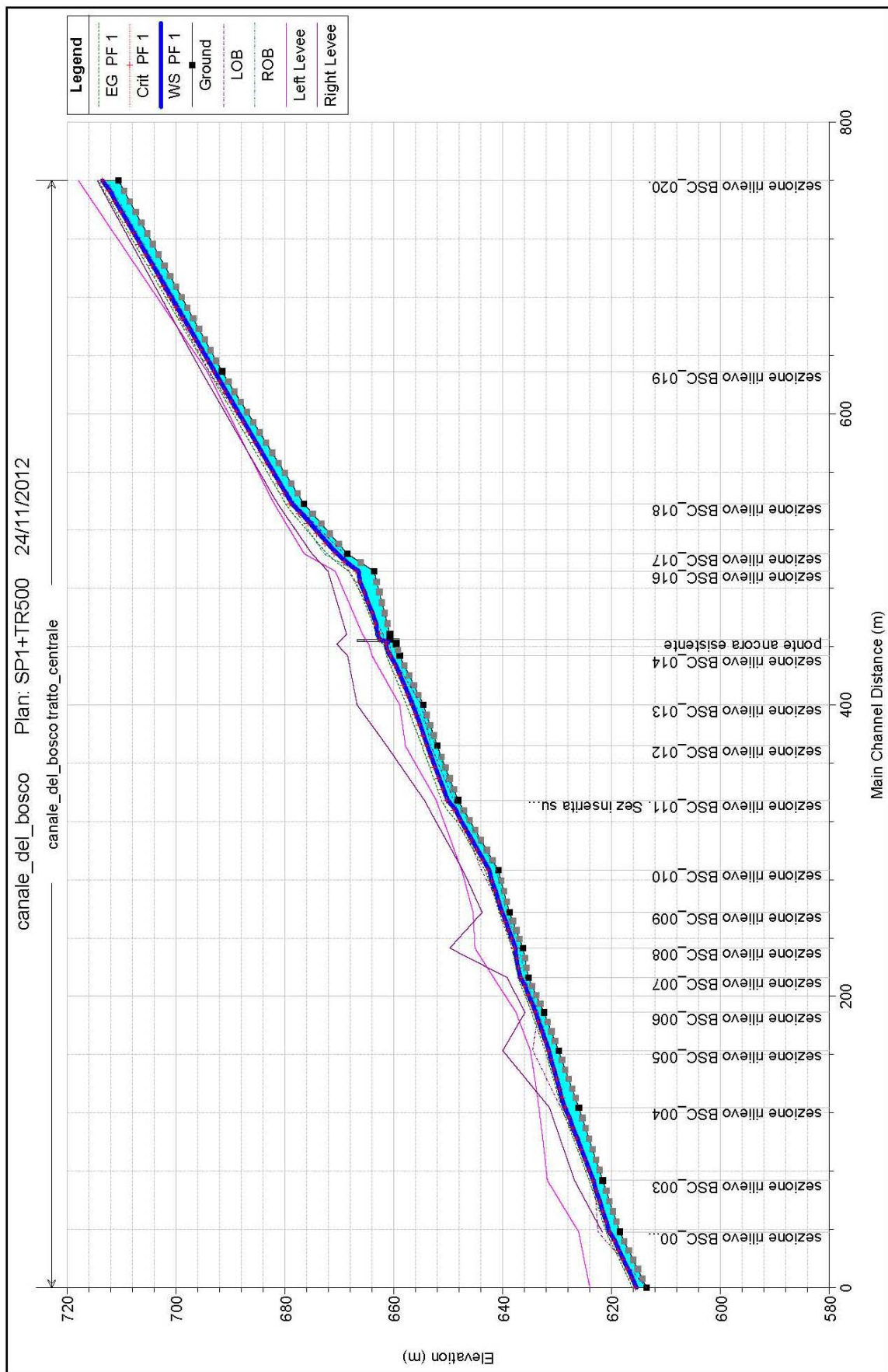


Figura 3. 2 Profilo idraulico di progetto (Q_{500}) del Canale del Bosco

Tabella 3 3 Sintesi dei risultati della simulazione idraulica di progetto del Canale del Bosco

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DI PROGETTO										
River Station	Q tot	Min Ch Elev	WS Elev	Crit WS	EG Elev	EG slope	Vel Ch	Flow Area	Top Width	Froude # Ch
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m ²]	[m]	
20	31	710.63	713.59	713.59	714.26	0.086403	3.67	8.71	6.82	0.97
19	31	691.61	692.98	693.26	694.05	0.155584	4.59	6.81	6.25	1.37
18	31	676.56	678.73	679.14	679.92	0.155006	4.84	6.44	4.93	1.34
17	31	668.56	670.4	670.99	672.26	0.243021	6.15	5.3	4.4	1.69
16	31	663.67	666.49	667.04	668.27	0.3758	5.9	5.25	3.86	1.62
15	31	660.73	663.07	662.6	663.28	0.019324	2.01	15.61	11.69	0.54
14.6	Bridge									
14.5	31	659.59	661.46	661.46	661.93	0.073408	3.02	10.34	11.16	0.99
14	31	658.94	660.66	660.66	661.35	0.076679	3.68	8.52	6.46	0.99
13	31	654.61	656.56	656.82	657.72	0.104368	4.84	6.74	4.73	1.21
12	31	652.06	653.87	654.08	654.85	0.098021	4.5	7.38	5.98	1.24
11	31	648.23	650.14	650.39	651.26	0.096341	4.82	7.05	5.35	1.24
10	31	640.83	642.49	642.74	643.29	0.152208	4.06	7.91	9.61	1.4
9	31	638.8	640.17	640.23	640.71	0.073787	3.29	9.72	11.35	1.03
8	31	636.28	637.68	637.81	638.29	0.095575	3.48	9.21	11.01	1.15
7	31	635.31	636.74	636.74	637.2	0.068012	3.02	10.45	11.35	0.98
6	31	632.43	633.95	634.17	634.72	0.09823	3.96	8.39	10.07	1.17
5	31	629.76	631.54	631.67	632.25	0.096586	3.76	8.53	8.6	1.07
4	31	626.05	628.62	628.62	629.22	0.084374	3.42	9.07	7.67	1
3	31	621.65	623.37	623.47	624.13	0.101897	3.87	8.02	6.72	1.13
2	31	618.51	620.46	620.46	621.01	0.075217	3.27	9.47	8.58	0.99
1	31	613.58	615.48	615.63	616.23	0.116208	3.97	8.2	8.33	1.27

Tabella 3 4 Livelli idrici ai ponti nello stato di progetto

LIVELLI IDRICI ALLE SEZIONI DEI PONTI			
Tra sez. 19 e sez. 20	Ponte alla strada della Giravolta crollato	693.60	[m s.l.m.]
Tra sez. 14 e sez. 15	Passerella attualmente esistente	662.60	[m s.l.m.]
Tra sez. 10 e sez. 11	Passerella crollata	647.25	[m s.l.m.]
Tra sez. 5 e sez. 6	Ponte crollato	632.17	[m s.l.m.]
Tra se. 4 e se. 5	Passerella crollata	629.19	[m s.l.m.]

4. CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di ricostruire l'evento alluvionale del 25 ottobre verificatosi nel bacino del torrente Teglia.

A partire dalla geometria delle sezioni del torrente Teglia e del Canale del Bosco (rilevate nel 2012) e dai dati di portata elaborati con il modello Pieni dell'AdB Magra, sono stati implementati i modelli idraulici con l'obiettivo di ricostruire il funzionamento idraulico dei tratti in esame durante l'evento alluvionale.

In particolare, per il tratto del Canale del Bosco la ricostruzione dell'evento è stata fatta utilizzando sezioni rappresentative dello stato ante-evento riprofilando le attuali sezioni a partire dalle testimonianze dei residenti e dalla documentazione fotografica disponibile per la situazione ante-evento.

Il confronto tra le tracce di piena rilevate lungo i corsi d'acqua studiati con i livelli predetti dalla simulazione idraulica, ha confermato la validità delle simulazioni effettuate e in particolare, i valori delle portate di piena adottati.

I confronti plano-altimetrici tra i rilievi topografici e le ortofoto sul torrente Teglia successive all'evento alluvionale, hanno permesso di mettere in luce che: i) le variazioni altimetriche della quota del thalweg risultano contenute e ii) le variazioni planimetriche dell'asse dei canali (quali la migrazione in curva prodotte dall'evento di piena) appaiono viceversa di notevole entità.

Sulla base delle simulazioni idrauliche che riproducono l'evento di piena del 25 ottobre 2011 sul torrente Teglia e sul Canale del Bosco, e tenendo conto delle tendenze evolutive in atto, sono stati proposti gli interventi per la messa in sicurezza dei due corsi d'acqua.

Sul torrente Teglia gli interventi consistono principalmente in opere di protezione di sponda e muri di sostegno.

Sul Canale del Bosco gli interventi principali riguardano la realizzazione di muri di protezione di sponda nella parte del torrente che scorre all'interno dell'abitato di Bosco di Rossano. Nel tratto a valle della confluenza con il Fosso Madornale, dove sono presenti delle sponde erose dal torrente, non si propone alcun intervento strutturale ma solo l'indicazione di impiegare tali sponde come aree golenali di espansione naturale del torrente.

Sui due torrenti in sinistra che attraversano l'abitato, il primo quasi all'inizio di monte dello stesso e il secondo denominato Fosso della Canala, si prevede la realizzazione di due briglie per il trattenimento del materiale solido.

ELENCO DELLE TAVOLE

1. QUADRO CONOSCITIVO

Tavola TGL 1 - Planimetria del bacino del torrente Teglia

Tavola TGL 1.1 - Planimetria del torrente Teglia

Tavola TGL 1.2 - Planimetria del Canale del Bosco

Tavola TGL 1.3 A - Sezione 1 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 2 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 3 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 4 del Canale del Bosco ante-evento

Tavola TGL 1.3 B - Sezione 5 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 6 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 7 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 8 del Canale del Bosco ante-evento

Tavola TGL 1.3 C - Sezione 9 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 10 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 11 del Canale del Bosco ante-evento

Tavola TGL 1.3 D - Sezione 12 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 13 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 14 del Canale del Bosco ante-evento

Tavola TGL 1.3 E - Sezione 15 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 16 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 17 del Canale del Bosco ante-evento

Tavola TGL 1.3 F - Sezione 18 del Canale del Bosco ante-evento

Sezione 19 del Canale del Bosco ante-evento

3. PROPOSTE DI INTERVENTO

TORRENTE TEGLIA

Tavola TGL 2.1 - Planimetria generale degli interventi sul torrente Teglia

Tavola TGL 2.2 - Estratto planimetrico 1

Tavola TGL 2.2 A – Sezione A-A'

Tavola TGL 2.3 - Estratto planimetrico 2

Tavola TGL 2.3 A – Sezione B-B'

Tavola TGL 2.3 B – Sezione C-C'

Tavola TGL 2.3 C – Sezione D-D'

Tavola TGL 2.4 - Estratto planimetrico 3

Tavola TGL 2.4 A – Sezione E-E'

Tavola TGL 2.4 B – Sezione F-F'

Tavola TGL 2.4 B – Sezione F-F'

Tavola TGL 2.4 C – Sezione G-G'

Tavola TGL 2.4 D – Sezione H-H'

CANALE DEL BOSCO

Tavola TGL 2.5 - Planimetria generale degli interventi sul Canale del Bosco

Tavola TGL 2.6 - Estratto planimetrico 1

Tavola TGL 2.6 A – Sezione A-A’
Tavola TGL 2.6 B – Sezione B-B’
Tavola TGL 2.6 C – Sezione C-C’
Tavola TGL 2.6 D – Sezione D-D’
Tavola TGL 2.7 - Estratto planimetrico 2
Tavola TGL 2.7 A – Sezione E-E’
Tavola TGL 2.7 B – Sezione F-F’
Tavola TGL 2.7 C – Sezione G-G’
Tavola TGL 2.7 D – Sezione H-H’
Tavola TGL 2.7 E – Sezione I-I’
Tavola TGL 2.7 F – Sezione L-L’
Tavola TGL 2.7 G – Sezione M-M’