# Comune di Busaslla
Città metropolitana di Genova

**Committente:**
Comune di Busalla – Piazza Enrico Macciò 1
16012 – Busalla (GE)

**Livello di Progetto:**
DEFINITIVO

**Titolo:**

SISTEMAZIONE IDRAULICA E RIPRISTINO OPERE D'ARTE CONNESSE TRATTO TERMINALE RIO BUSALLETTA FINO ALLA CONFLUENZA TORRENTE SCRIVIA

**Oggetto:**

RELAZIONE IDRAULICA

**Codice Progetto:**
P099-19

**Nome File:**
P099-19-I-RE-IDR-001-A.DOCX

**Firme:**




| Rev. | Modifiche/Revisioni | Redatto | Data | Contr./Appr. | Data |
|---|---|---|---|---|---|
| A | PRIMA EMISSIONE | AD | 18/12/2019 | DR | 23/12/2019 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA
efca FIDIC
apave certification ISO 9001 N° SC 10-2588/IAF 34 ISO 14001 N° SCA 19-3491/IAF

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

**È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento**

# INDICE

**1 PREMESSA ..... 2**

**2 DESCRIZIONE E UBICAZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI INTERVENTO ..... 3**

**3 NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO ..... 5**

**4 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE ..... 9**

**5 INTERVENTI PREVISTI ..... 10**

**6 VERIFICHE IDRAULICHE ..... 13**

6.1 PORTATE DI RIFERIMENTO ..... 13
6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO ..... 13
6.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA ..... 13
6.4 RISULTATI ..... 14
6.4.1 Stato attuale ..... 14
6.4.2 Lotto 1 ..... 14
6.4.3 Lotto 2 ..... 15

**Allegati:**

**ALLEGATO A:** Verifiche idrauliche in moto permanente gradualmente variato torrente Busalletta

**Appendici:**

**Appendice 1:** Software di calcolo HecRas 5.0.7

# 1 PREMESSA

La presente relazione contiene la descrizione dell'intervento di sistemazione idraulica del tratto terminale del torrente Busalletta sino alla confluenza nel torrente Scrivia, in comune di Busalla (Ge), in ottemperanza alla DGR 624 del 19.07.2019.

L'intervento riguarda opere di cui alla lettera d) dell'art. 25, comma 2 del D.Lgs 1/2018, afferenti ad una delle seguenti tipologie:

- Già ricompresi nella ricognizione dei fabbisogni approvati con decreto del Commissario Delegato 20 dicembre 2018 n. 2;
- Riguardanti investimenti strutturali e infrastrutturali finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico nonché all'aumento del livello di resilienza (riduzione della vulnerabilità) delle strutture e infrastrutture colpite dagli eventi calamitosi ed associabili ad interventi già ricompresi nella ricognizione dei fabbisogni approvati con Decreto del Commissario Delegato 20 dicembre 2018 n. 2.

Le opere in progetto sono state individuate in funzione dei vincoli di natura urbanistica e viabilistica esistenti e delle risorse disponibili, esse rappresentano un primo lotto funzionale e traguardano la mitigazione dei rischi legati al deflusso di portate di piena significative nel tratto di corso d'acqua a cielo aperto a valle della Statale dei Giovi.

Di seguito si riporta ortofoto con individuazione dell'area d'intervento.



**Figura 1: Ortofoto - area d'intervento**

## 2 DESCRIZIONE E UBICAZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI INTERVENTO

Il torrente Busalletta, in corrispondenza dell'abitato di Busalla, sottende un'area di circa 11.1 km$^2$, il bacino ha una forma irregolare assimilabile ad una L con lato lungo sulla direttrice N-S, l'asta principale ha una lunghezza complessiva di circa 7 km e una pendenza media pari all'8% circa.

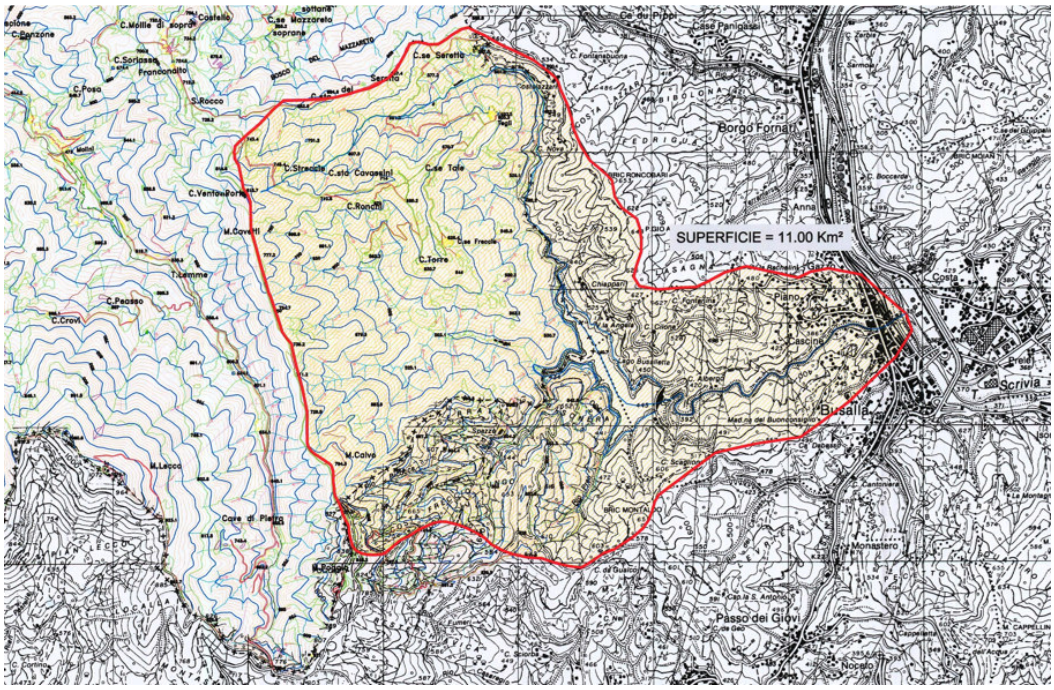



**Figura 2: Bacino Torrente Busalletta**

Il torrente Busalletta è caratterizzato dalla presenza dell'omonimo invaso a servizio dell'acquedotto Nicolay, ubicato circa 2 km a monte della confluenza nel torrente Scrivia, con un volume massimo invasato di circa 5 Ml di m$^3$ e una superficie dello specchio liquido di circa 0.3 km$^2$.

Il tratto esaminato del torrente Busalletta è compreso tra la sezione di sbocco nel torrente Scrivia e una sezione posta 220 m a monte circa. Esso ha un andamento sostanzialmente rettilineo con direzione E-O e sezioni di forma prevalentemente rettangolare con larghezze variabili da 10 m a 25 m circa, e pendenza media del fondo pari a 1.2%.

Il corso d'acqua risulta completamente arginato con muri d'argine di altezza pari a circa 4.0 m in sponda destra, e di 3.5 m in sponda sinistra. Il fondo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni, con scarsa vegetazione arborea ed arbustiva.

Circa 165 m a monte della confluenza con il torrente Scrivia nel Busalletta. si immette il rio Chiappa.

Lungo il tratto sono presenti, da monte verso valle, i seguenti manufatti interferenti con il deflusso del corso d'acqua: una copertura posta a circa 190 m dalla sezione di sbocco del torrente avente lunghezza pari a circa 60 m, un ponticello carrabile in muratura ad arco

situato circa 60 m più a valle e largo circa 4 m (Via Grottin), un attraversamento ferroviario situato a circa 70 m dalla sezione terminale di valle di larghezza pari a circa 20 m e infine, una trentina di metri a valle, un ponte in c.a. (via dell'Argine) di larghezza pari a 6 m circa.

La copertura presenta sezioni di diverse caratteristiche; in particolare, da monte verso valle, per i primi 50 m presenta una sezione di forma rettangolare avente spessore di poco superiore al metro, negli ultimi 10 m (su cui scorre la Strada Statale dei Giovi n. 35) la sezione ha una forma più arcuata con spessori che variano da 3.30 m ai lati, a 1 m al centro.

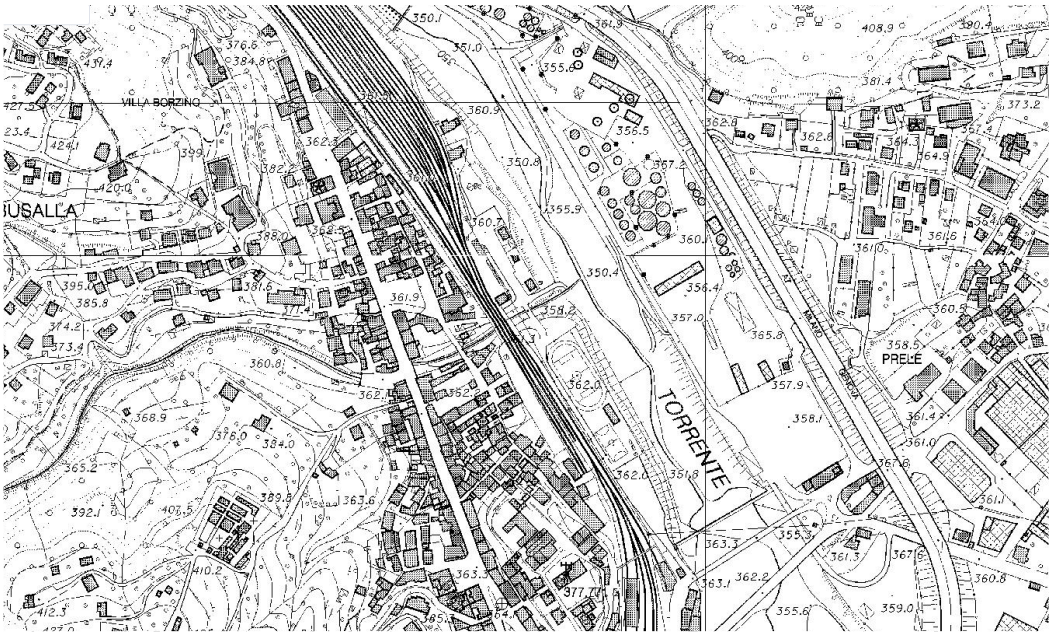



**Figura 3: Estratto CTR – foglio 213040**

# 3 NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dalla *Variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova con valore ed effetti del Piano di Bacino per la parte del territorio provinciale compresa nel bacino del fiume Po* (VBP)[1], dal *Regolamento Regionale n°3 del 14/07/2011*[2] e dalle modifiche introdotte dalla *DGR n°181 del 11/03/2016*.

Il torrente Busalletta fa parte dei corsi d'acqua riportati nella Carta del reticolo Idrografico Regionale[3].

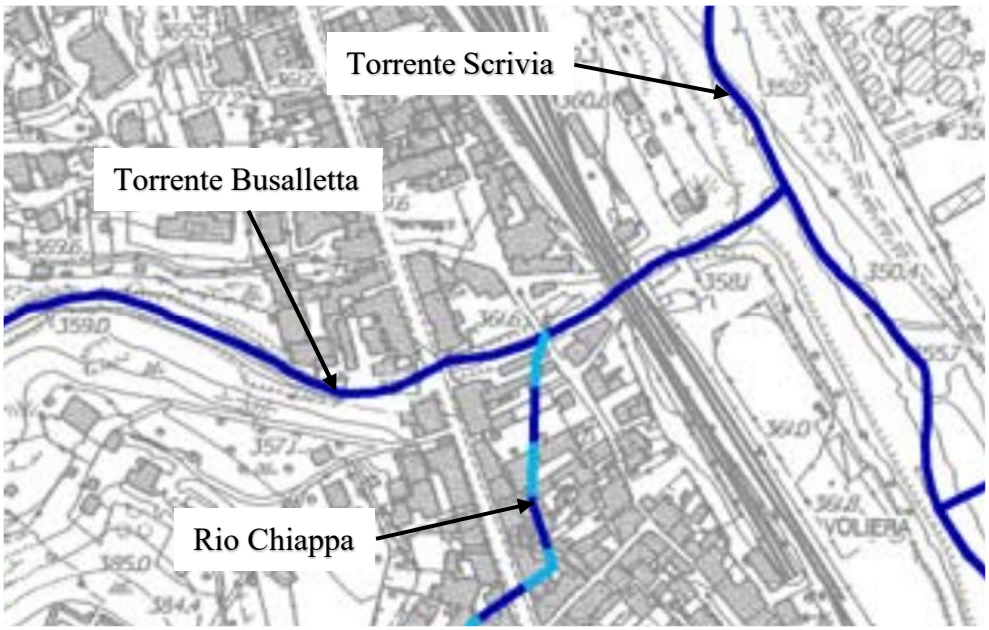



**Figura 4: Estratto carta del reticolo idrografico regionale**

[1] Approvato con Accordo di pianificazione ai sensi dell'art. 57 della L.R. n. 36/1997 e s.m.i., fra Autorità di bacino del fiume Po, Regione Liguria, Provincia di Genova, per l'approvazione della variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova.
Variante approvata con Accordo di pianificazione del 23-03-2011 tra l'Autorità di bacino del fiume Po, la Regione Liguria, la Provincia di Genova comportante l'approvazione della Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTCp) "Variante al P.T.C. - Bacini Padani".

[2] *Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua*, attuativo DGR 1360/2010.

[3] DGR 507 del 21/06/2019: Art. 91, c. 1bis L.R. n.18/1999 riordino del reticolo idrografico regionale. Indizione inchiesta pubblica.

Con riferimento all'elaborato della VBP "T2 Carta del dissesto 07" relativa al territorio del Comune di Busalla l'area in oggetto ricade all'interno di una zona *Ee* (area coinvolgibile da fenomeni di esondazione con pericolosità molto elevata) come mostra l'estratto della figura seguente.

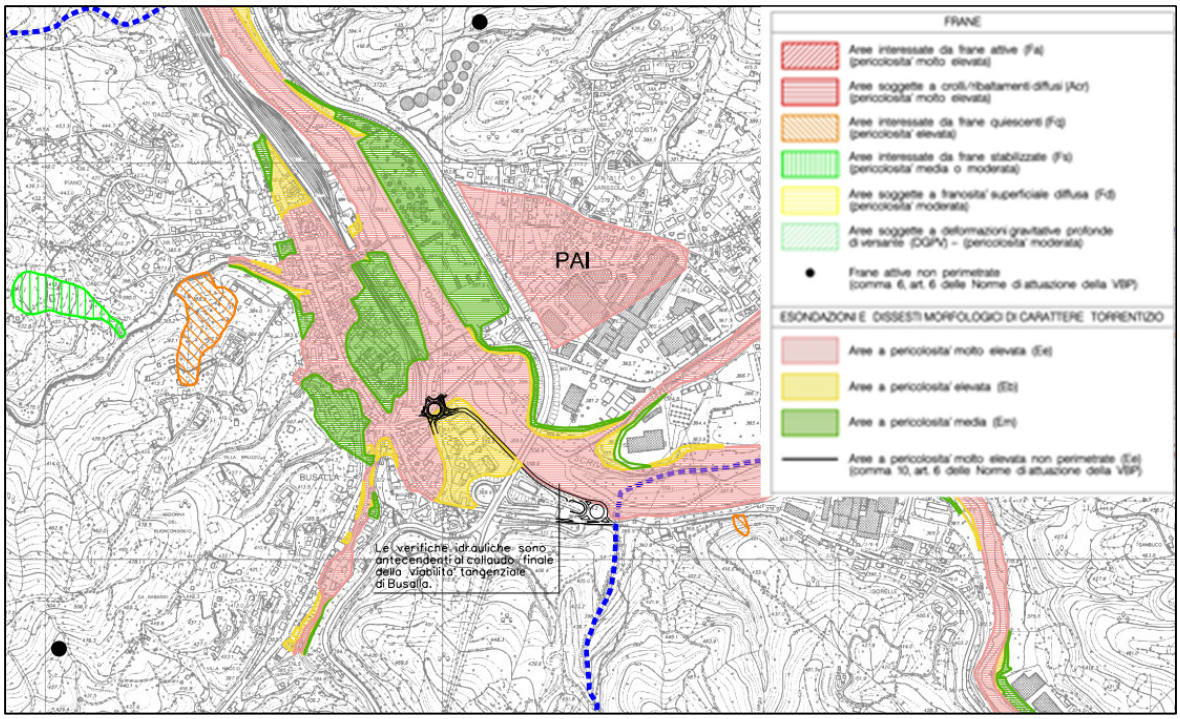



**Figura 5: VBP – carta del dissesto 07**

A seguito della direttiva europea CE/2007/60, cosiddetta "*Direttiva alluvioni*"(riguardante la *valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni in Europa*), emanata dal Parlamento europeo il 23 ottobre 2007 e recepita nell'ordinamento italiano con il *d.lgs. 49/2010*, la Regione Liguria ha elaborato le mappature di pericolosità e rischio da alluvioni per gli ambiti fluviali liguri (deliberazione regionale n.1012/2013)sulla base delle quali è stato redatto il Piano di gestione del rischio Alluvioni (PGRA).

Tali mappature sono state approvate dai Comitati Istituzionali integrati per il distretti Padano e il distretto Appennino Settentrionale in cui ricade il territorio ligure nel dicembre 2013**.**

Nella figura seguente è riportata la mappatura per l'area oggetto di intervento.

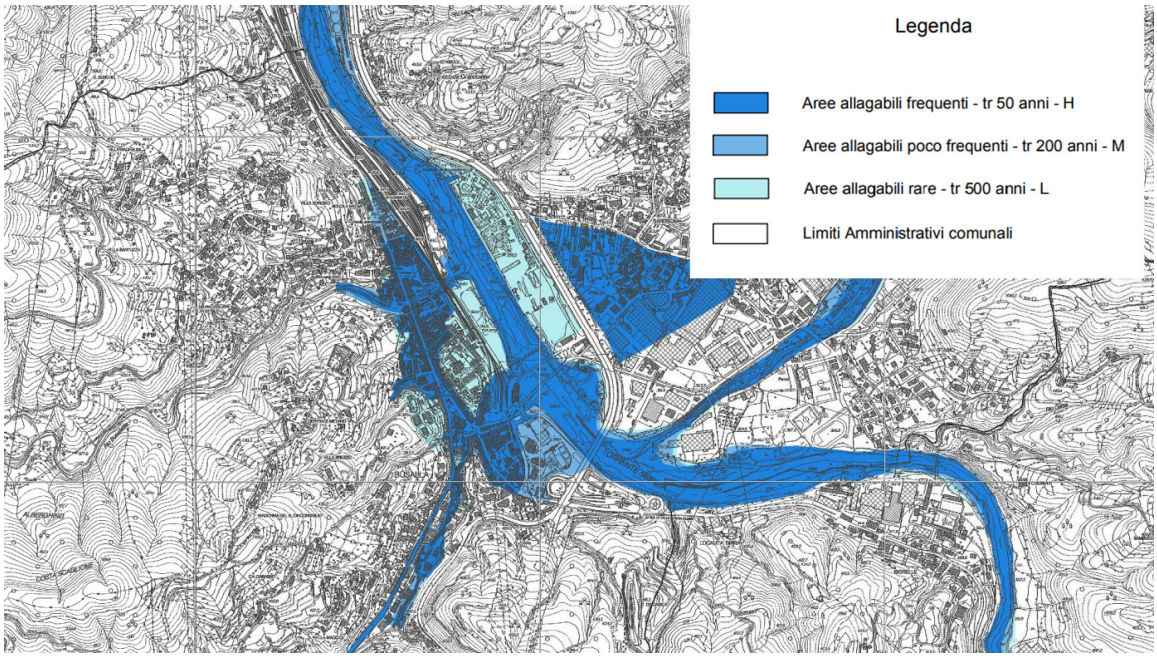



**Figura 6: VBP – mappa aree allagabili**

Entrambe le mappature evidenziano per il tratto terminale del rio Busalletta compreso tra la ss. dei Giovi e la confluenza nello Scrivia una criticità idraulica legata principalmente all'insufficienza delle sezioni di deflusso del corso d'acqua allo smaltimento di portate con periodi di ritorno anche modesti (inferiori a 50 anni), con inondazione delle aree in fregio all'alveo, come già accaduto anche durante recenti eventi alluvionali.

Il Regolamento suddivide i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico in classi in funzione dell'estensione dei bacini sottesi secondo il seguente schema.

| **Superficie sottesa [km$^2$]** | **Classificazione** |
|---|---|
| S > 1 | Corso d'acqua di 1° livello |
| 0.25 ≤ S ≤ 1 | Corso d'acqua di 2° livello |
| 0.25 < S < 0.1 | Corso d'acqua di 3° livello |
| S ≤ 0.1 | Corso d'acqua minuto |

**Tabella I**

Il torrente Busalletta alla sezione di chiusura sottende un bacino di circa 0.96 km$^2$ e pertanto appartiene al reticolo significativo di secondo livello.

Per i corsi d'acqua di primo e secondo livello il franco idraulico da adottare deve essere il maggiore tra:

- il carico cinetico della corrente determinabile come $U^2/2g$, dove $U$ *(m/s)* è la

velocità media della corrente e $g\ (m/s^2)$ è l'accelerazione di gravità

- i valori della tabella seguente:

| | | |
|---|---|---|
| I | Argini e difese spondali | cm 50/100 |
| II | Ponti e strutture di attraversamento fino a 12 m | cm 100/150 |
| III | Coperture, tombinature, ponti oltre 12 m | cm 150/200 |

**Tabella II**

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, e i franchi idraulici di sicurezza da adottare nelle verifiche idrauliche il Regolamento indica seguenti parametri.

| **Descrizione corso d'acqua** | **Ks ($m^{1/3}s^{-1}$)** |
|---|---|
| Alvei naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo | 25-30 |
| Alvei naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo | 30-35 |
| Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato | 35-40 |
| Corsi d'acqua con fondo e argini totalmente cementati in ottimo stato e assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque. | 40-45 |

**Tabella III**

Infine per quanto riguarda i limiti di inedificabilità dai corsi d'acqua il Regolamento stabilisce una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10 m per i corsi d'acqua ricadenti nel reticolo idrografico di primo secondo e terzo livello.

# 4 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

Ai fini delle valutazioni contenute nella presente relazione è stata raccolta e analizzata la seguente documentazione:

- Regione Liguria
  *Variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova con valore ed effetti del Piano di Bacino per la parte del territorio provinciale compresa nel bacino del fiume Po* (VBP).
- Comune di Busalla
  Studio idraulico degli affluenti di sponda sinistra del torrente Scrivia in comune di Busalla
  2006 – Ing. Pietro Misurale – Ing. Domenico Rocca
- Provincia di Genova
  *Studio Idraulico del torrente Scrivia nel tratto compreso tra il rio Migliarese e il ponte autostradale*
  2009 – ITEC-Engineering

Il VBP indica le criticità idrauliche lungo il torrente Scrivia e affluenti.

Come sopra riportato, le aree a cavallo del tratto terminale del rio Busalletta sono indicate come aree Ee , coinvolgibili da fenomeni di esondazione con pericolosità molto elevata.

Lo studio del Comune di Busalla del 2006 conferma tale criticità ed individua gli interventi lungo l'asta del rio Busalletta atti a consentire il deflusso della portata 200-ennale senza esondazioni.

Nello studio della Provincia di Genova del 2009, effettuato nell'ambito del progetto della nuova viabilità in sponda sinistra in variante alla ss 35 dei Giovi, viene confermata l'insufficienza del tratto e individuati con maggior grado di dettaglio gli interventi necessari a contenere il deflusso della portata 200-ennale lungo tutto il tratto.

Tali interventi comportavano l'abbassamento del fondo alveo, l'allargamento delle sezioni di deflusso del tratto a valle del ponte ad arco in pietra, con il recupero al deflusso delle campate laterali del ponte ferroviario, il rifacimento a quote maggiori e con maggiori larghezze del ponte carrabile prossimo allo sbocco nel torrente Scrivia.

# 5 INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi proposti sono volti ad ampliare la sezione di deflusso del rio Busalletta, nel tratto terminale tra la ss dei Giovi e la confluenza nel torrente Scrivia, per uno sviluppo complessivo di 185 m circa.

L'incremento delle sezioni di deflusso viene ottenuto mediante abbassamento del fondo alveo rispetto allo stato attuale, e contestuale allargamento in sponda destra.

Le interferenze principali con i manufatti esistenti sono costituite dalle fondazioni del ponte ferroviario esistente e, a valle, dal ponte carrabile di Via dell'Argine: mentre per il ponte carrabile viene prevista la demolizione e successiva ricostruzione, in corrispondenza del ponte ferroviario viene prevista la posa di una platea di massi cementati, nei settori di scavo, che contenga le spinte orizzontali trasmesse dalla sovrastruttura a livello delle fondazioni.

L'allargamento in sponda destra viene ottenuto per mezzo di paratie di micropali tirantate, muri arginali in c.a. e terre rinforzate.

In sponda sinistra, vengono previsti nuovi muri d'argine in C.A.: laddove questi sono già esistenti, verranno parzialmente demoliti e sostituiti dai nuovi muri, concepiti con funzionamento strutturale del tutto indipendente dalla presenza del manufatto esistente.

L'analisi idraulica ha consentito di individuare gli interventi di sistemazione del tratto del torrente Busalletta compreso tra la copertura di monte e la confluenza nel torrente Scrivia, per una lunghezza di circa 180 m.

Gli interventi sono stati studiati al fine di garantire:

- smaltimento della portata 200-ennale con franco minimo di 0.5 m;
- contenimento del carico totale della portata 200-ennale.

In funzione della risorsa disponibile l'intervento è stato suddiviso in due lotti funzionali come segue:

- Lotto 1 (oggetto del presente progetto definitivo): tratto a valle del ponte ferroviario con l'aggiunta di un tratto di argine in sponda destra per il raccordo con il fornice destro dello stesso ponte;
- Lotto 2 (di futura realizzazione) tratto compreso tra Via Vittorio Veneto (ss dei Giovi) e il ponte ferroviario

**Lotto 1**

- riprofilatura del fondo alveo (tra le sez. 1 e 17) per una lunghezza di 130 m;
- regolarizzazione delle sezioni di deflusso (tra le sez. 1 e 17) per una lunghezza di130 m;
- realizzazione di muri d'argine in c.a. (tra le sez. 1 e 12 in sponda destra e tra sez.1 e 7 in sponda sinistra);
- realizzazione di nuova briglia di altezza circa 0.8 m (sez. 5) di collegamento tra i due tratti a diversa pendenza previsti;

- recupero al deflusso del fornice laterale di destra del ponte ferroviario (tra le sez. 7 e 8);
- rifacimento dell'attraversamento carrabile di via dell'Argine (tra le sez. 3 e 4);
- scapitozzamento di circa 1.3 m della briglia ubicata in corrispondenza della sezione terminale del corso d'acqua (sez. 1).

**Lotto 2**

- riprofilatura del fondo alveo (tra le sez. 17 e 28) per una lunghezza di circa 40 m;
- regolarizzazione delle sezioni di deflusso (tra le sez. 17 e 28) per una lunghezza di 40 m;
- realizzazione di muri d'argine in c.a. (tra le sez. 12 e 28 in sponda destra ad eccezione dei muri dei fabbricati esistenti e tra le sez. 8 e 28 in sponda sinistra);
- realizzazione di un profilo idraulico ("naso") per il raccordo graduale tra l'alveo di monte e la pila di destra del ponte ferroviario, al fine di mitigare gli effetti del rigurgito provocato dalla pila stessa.

Di seguito si riporta una descrizione dettagliata delle opere previste dai singoli interventi.

*Riprofilatura fondo alveo*

In funzione dell'attuale conformazione del fondo alveo sono previste due diverse configurazioni di pendenza:

- 1.6% tra la sezioni 1 e 5 per una lunghezza di circa 50 m;
- 1.2% tra le sezioni 5.1 e 17 per una lunghezza di circa 80 m.

*Regolarizzazione delle sezioni di deflusso*

- da sez. 17 a sez. 5.1, per una lunghezza di circa 80 m, sezioni di forma trapezia con larghezza al fondo pari a 6 m e pendenza delle sponde pari al 20%;
- da sez. 5.1 a sez. 1, per una lunghezza di circa 50 m, sezioni di forma rettangolare con larghezza al fondo variabile da 21 m e 28 m.

*Realizzazione dei muri d'argine*

I muri d'argine in c.a. previsti presentano un 'altezza tale da consentire il deflusso della portata 200-ennale con franco di almeno 0.50 m ed il contenimento del relativo carico totale.

Essi interessano un tratto della lunghezza di circa 100 m (compresi in ponti), dalla sez. 1 alla sez. 12, con uno sviluppo effettivo di circa 80 m in sponda destra e 65 m circa in sponda sinistra.

I muri presentano un'altezza media di circa 5 m, con fondazione su pali e dente di protezione della profondità di circa 1.5 m al di sotto della linea di talweg.

*Recupero al deflusso del fornice laterale del ponte ferroviario*

E' previsto il recupero al deflusso del fornice laterale di destra del ponte ferroviario che attualmente ospita la viabilità comunale di via Fiumani. Tale intervento consente di incrementare di circa 4.0 m la larghezza libera di deflusso.

*Rifacimento attraversamento carrabile di Via dell'Argine*

E’ prevista la demolizione dell’attuale ponte carrabile di via dell’Argine ubicato circa 40 m a monte della sezione terminale del corso d’acqua e la sua contestuale ricostruzione con struttura a campata unica della lunghezza di 25 m circa .

*Scapitozzamento della briglia ubicata in corrispondenza della sezione terminale*

La briglia ubicata in corrispondenza della sezione terminale presenta allo stato attuale un altezza di circa 3 m rispetto al fondo del torrente Scrivia. E’ previsto lo scapitozzamento della stessa con abbassamento della quota della testa di 1.30 m.

Tale abbassamento è funzionale al corretto deflusso delle portate di piena con i franchi adeguati sotto l’impalcato del nuovo ponte; esso comporta il contestuale abbassamento della condotta fognaria di IRETI senza tuttavia la necessità di ricorrere alla realizzazione di un sifone o di una stazione di sollevamento.

A completamento di tali interventi, per una più efficace mitigazione del rischio idraulico per l’intera area urbana adiacente al rio Busalletta, occorre prevedere nelle fasi successive anche il rifacimento del vecchio ponte stradale di via Vittorio Veneto, costituito da una struttura in muratura ad arco che determina un restringimento delle sezioni di deflusso con un rigurgito significativo dei livelli di piena nel tratto tombinato di monte.

# 6 VERIFICHE IDRAULICHE

## 6.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Le portata assunte come riferimento nel presente studio sono quelli risultanti dal Piano Stralcio fasce fluviali del sottobacino ligure del torrente Scrivia alla sezione di chiusura SR-017.

$Q_{50}$= 195 $m^3/s$ $Q_{200}$= 282 $m^3/s$

## 6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.7*[4] .

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La metodologia è riportata più in dettaglio nell'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

## 6.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

E' stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato del tratto del torrente Busalletta per una lunghezza di circa 210 m.

Le informazioni di carattere topografico sono state desunte dal rilievo plano-altimetrico eseguito nel novembre 2019.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente *n* pari a 0.03 per il tratto a cielo aperto, corrispondente secondo quanto indicato nelle norme di Piano, a corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo.

Lungo l'intero tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte da 0.7 a 38.

Il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente lenta (Fr<1) da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle (Fr>1), imponendo quali condizioni al contorno la profondità critica nella sezione di monte (sez. 38) e la quota corrispondente alla piena 200-ennale sul torrente Scrivia nella sezione di valle (sez. 0.7).

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

[4] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center - US Army Corps of Engineers

Le verifiche idrauliche sono state eseguite relativamente allo stato attuale ed alla configurazione di progetto.

## 6.4 RISULTATI

Di seguito si riportano sinteticamente i risultati delle verifiche che sono riassunti in forma numerica e grafica nell'Allegato B.

### 6.4.1 Stato attuale

Il deflusso della portata 200-ennale avviene prevalentemente in corrente lenta con profondità media del pelo libero pari a circa 4.9 m e velocità media pari a circa 3.7 m/s.

Allo stato attuale si verificano esondazioni o tratti con franco idraulico non sufficiente lungo l'intero tratto oggetto del presente studio.

La copertura di monte risulta insufficiente, la presenza del vecchio ponte ad arco della statale dei Giovi (sez. 32-33) induce un significativo rigurgito verso monte con la conseguente messa in pressione del tratto tombinato di monte (tra sez. 32 e sez. 38).

Il deflusso al di sotto degli attraversamenti presenti lungo il tratto analizzato avviene in pressione o con franco idraulico non garantito e quota del carico superiore all'estradosso.

### 6.4.2 Lotto 1

La realizzazione degli interventi previsti nel lotto 1 induce un sensibile miglioramento del deflusso della portata 200-ennale rispetto alla configurazione di stato attuale lungo tutto il tratto oggetto d'intervento, con altezze del pelo libero inferiori di oltre 2 m circa rispetto allo stato attuale nel tratto compreso tra il ponte di Via Grottin e il ponte ferroviario e di oltre 1.5 m nel tratto a monte del ponte di Via Grottin.

Il deflusso della portata 200-ennale avviene con alternanza di corrente lenta e veloce, con numeri di Froude compresi tra 0.3 e 2.3, profondità del pelo libero compresa tra 1.4 m e 4.8 m, velocità comprese mediamente tra 4.0 m/s e 8.0 m/s.

La presenza del vecchio ponte ad arco della statale dei Giovi (sez. 32-33) induce un significativo rigurgito verso monte con la conseguente messa in pressione del tratto tombinato a monte (tra sez. 32 e sez. 38).

I muri arginali previsti nel presente lotto funzionale sono in grado di consentire il deflusso della portata 200-ennale senza esondazioni con franco minimo pari a 0.8 m (sez. 8 – sponda destra) e linea dei carichi sempre contenuta nel tratto a valle del ponte ferroviario.

Permane invece l'insufficienza nel tratto a monte del ponte ferroviario in cui si verificano esondazioni e si osservano tratti con franco idraulico non sufficiente in entrambe le sponde.

Il deflusso al di sotto del ponte carrabile ad arco (via Grottin) avviene con franco di 2.14 m rispetto alla sommità dell'arco e linea dei carichi contenuta.

Il deflusso al di sotto del ponte ferroviario avviene con franco di 1.94 m e linea dei carichi contenuta.

Il deflusso al di sotto del ponte di nuova realizzazione (via dell'Argine) avviene a pelo libero con franco minimo pari a 1.5 m e linea dei carichi contenuta al di sotto dell'impalcato.

Permane invece l'insufficienza della tombinatura di monte per effetto del ponte ad arco su della Strada Statale n. 35 dei Giovi.

### 6.4.3 Lotto 2

Il deflusso della portata 200-ennale avviene con le medesime caratteristiche già precedentemente descritte per il lotto 1, con un miglioramento nel tratto compreso tra la sezione di sbocco della copertura e il ponte ad arco di Via Grottin.

I muri arginali previsti dal presente lotto (in aggiunta a quelli realizzati nel lotto 1) sono in grado di consentire il deflusso della portata 200-ennale senza esondazioni con franco minimo pari a 0.65 m (sez. 17) e linea dei carichi sempre contenuta ad eccezione di un breve tratto in prossimità della copertura di monte.

# ALLEGATO A

## VERIFICHE IDRAULICHE RIO BUSALLETTA

HEC-RAS Plan: STATO ATTUALE River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200

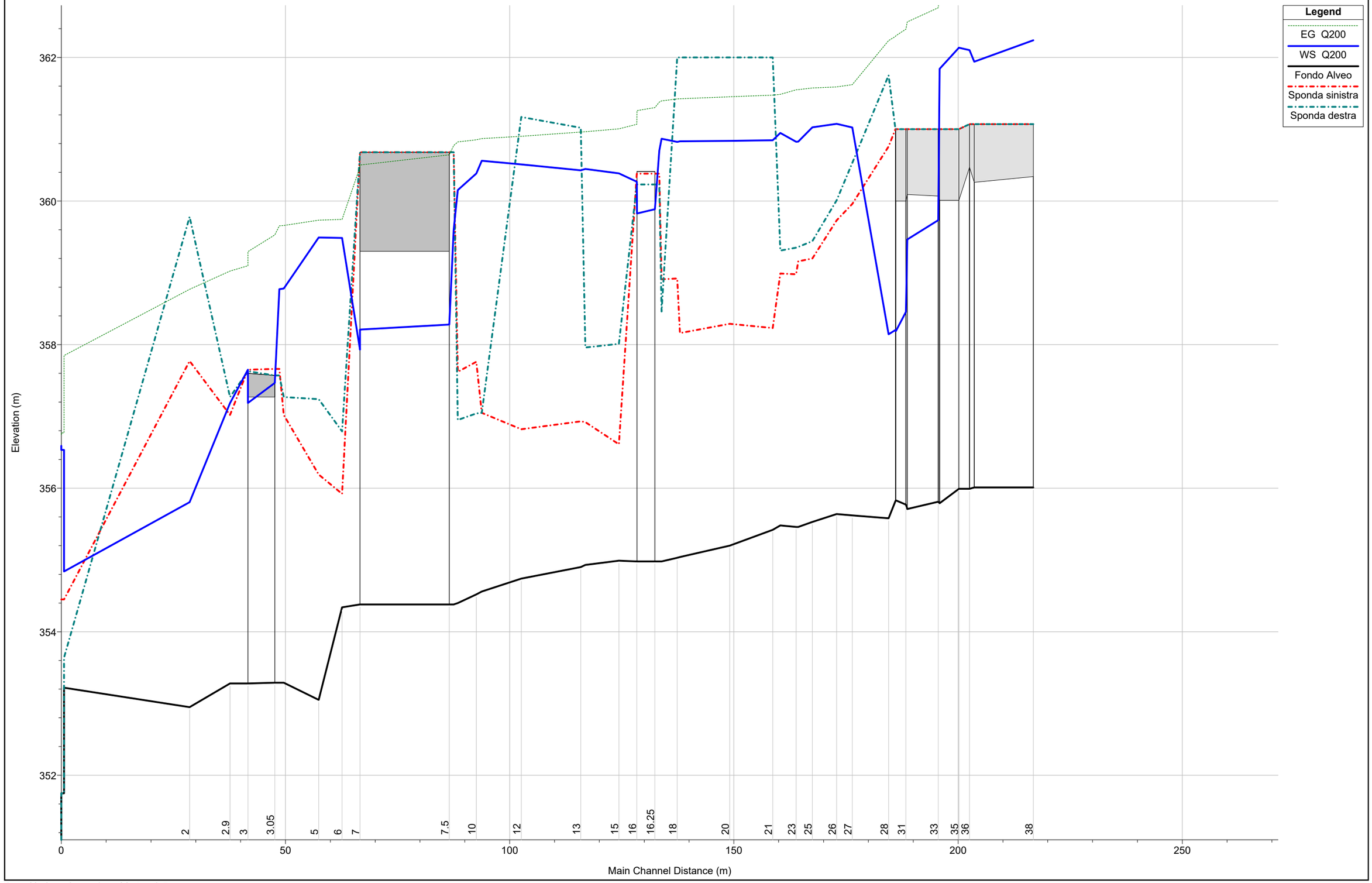
| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | 38 | Q200 | 216.77 | 281.90 | 356.01 | 360.34 | 360.34 | 362.24 | 5.23 | 6.23 | 363.28 | 4.51 | 62.54 | 11.96 | 0.58 |
| Busalletta | 37 | Q200 | 203.62 | 281.90 | 356.01 | 360.26 | 360.26 | 361.94 | 4.91 | 5.93 | 363.10 | 4.76 | 59.21 | 12.05 | 0.62 |
| Busalletta | 36 | Q200 | 202.57 | 281.90 | 355.99 | 360.47 | 360.27 | 362.10 | 5.06 | 6.11 | 363.01 | 4.22 | 66.83 | 13.20 | 0.54 |
| Busalletta | 35 | Q200 | 200.17 | 281.90 | 355.99 | 360.01 | 360.01 | 362.14 | 4.89 | 6.15 | 362.96 | 4.02 | 70.11 | 14.34 | 0.52 |
| Busalletta | 34 | Q200 | 195.87 | 281.90 | 355.79 | 360.01 | 360.01 | 361.84 | 4.53 | 6.05 | 362.89 | 4.53 | 62.19 | 13.73 | 0.59 |
| Busalletta | 33 | Q200 | 195.57 | 281.90 | 355.81 | 357.64 | 357.67 | 359.73 | 8.05 | 3.92 | 362.69 | 7.62 | 37.00 | 4.59 | 1.23 |
| Busalletta | 32 | Q200 | 188.67 | 281.90 | 355.71 | 357.57 | 357.73 | 359.46 | 6.04 | 3.75 | 362.49 | 7.71 | 36.56 | 6.05 | 1.27 |
| Busalletta | 31 | Q200 | 188.37 | 281.90 | 355.77 | 360.00 | 360.00 | 358.46 | 2.41 | 2.69 | 362.39 | 8.79 | 32.07 | 13.29 | 1.81 |
| Busalletta | 30 | Q200 | 186.12 | 281.90 | 355.83 | 360.00 | 360.00 | 358.19 | 2.13 | 2.36 | 362.30 | 8.98 | 31.38 | 14.70 | 1.96 |
| Busalletta | 29 | Q200 | 186.02 | 281.90 | 355.82 | 360.00 | 360.00 | 358.20 | 2.12 | 2.38 | 362.29 | 8.96 | 31.48 | 14.83 | 1.96 |
| Busalletta | 28 | Q200 | 184.52 | 281.90 | 355.58 | 360.76 | 361.75 | 358.14 | 2.13 | 2.56 | 362.24 | 8.96 | 31.47 | 14.80 | 1.96 |
| Busalletta | 27 | Q200 | 176.42 | 281.90 | 355.62 | 359.96 | 360.53 | 361.02 | 3.90 | 5.40 | 361.62 | 3.49 | 86.80 | 22.23 | 0.50 |
| Busalletta | 26 | Q200 | 172.92 | 281.90 | 355.64 | 359.73 | 360.01 | 361.08 | 4.06 | 5.44 | 361.59 | 3.29 | 94.22 | 23.23 | 0.47 |
| Busalletta | 25 | Q200 | 167.52 | 281.90 | 355.53 | 359.20 | 359.44 | 361.03 | 4.47 | 5.50 | 361.58 | 3.37 | 89.48 | 20.00 | 0.47 |
| Busalletta | 24 | Q200 | 164.37 | 281.90 | 355.46 | 359.16 | 359.36 | 360.83 | 4.81 | 5.37 | 361.55 | 3.77 | 75.45 | 15.70 | 0.54 |
| Busalletta | 23 | Q200 | 163.87 | 281.90 | 355.46 | 358.98 | 359.35 | 360.83 | 4.80 | 5.37 | 361.55 | 3.78 | 75.45 | 15.71 | 0.54 |
| Busalletta | 22 | Q200 | 160.37 | 281.90 | 355.48 | 358.99 | 359.31 | 360.95 | 4.71 | 5.47 | 361.49 | 3.31 | 90.51 | 19.23 | 0.46 |
| Busalletta | 21 | Q200 | 158.67 | 281.90 | 355.42 | 358.23 | 362.00 | 360.85 | 5.05 | 5.43 | 361.47 | 3.51 | 80.87 | 16.00 | 0.50 |
| Busalletta | 20 | Q200 | 149.07 | 281.90 | 355.20 | 358.29 | 362.00 | 360.84 | 5.16 | 5.64 | 361.45 | 3.47 | 81.78 | 15.86 | 0.49 |
| Busalletta | 19 | Q200 | 137.97 | 281.90 | 355.04 | 358.16 | 362.00 | 360.83 | 5.25 | 5.79 | 361.42 | 3.41 | 83.32 | 15.88 | 0.47 |
| Busalletta | 18 | Q200 | 137.37 | 281.90 | 355.03 | 358.92 | 362.00 | 360.82 | 5.20 | 5.79 | 361.42 | 3.43 | 82.86 | 15.93 | 0.48 |
| Busalletta | 17 | Q200 | 133.87 | 281.90 | 354.98 | 358.91 | 358.46 | 360.87 | 5.02 | 5.89 | 361.39 | 3.25 | 90.22 | 17.96 | 0.45 |
| Busalletta | 16.5 | Q200 | 133.37 | 281.90 | 354.98 | 360.38 | 360.23 | 360.70 | 5.49 | 5.72 | 361.38 | 3.65 | 77.29 | 14.09 | 0.50 |
| Busalletta | 16.25 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 16 | Q200 | 128.37 | 281.90 | 354.98 | 360.38 | 360.23 | 360.27 | 5.06 | 5.29 | 361.07 | 3.96 | 71.23 | 14.09 | 0.56 |
| Busalletta | 15 | Q200 | 124.37 | 281.90 | 354.99 | 356.61 | 358.01 | 360.39 | 4.95 | 5.40 | 361.01 | 3.52 | 83.62 | 16.89 | 0.50 |
| Busalletta | 14 | Q200 | 116.87 | 281.90 | 354.93 | 356.92 | 357.96 | 360.45 | 4.89 | 5.52 | 360.96 | 3.23 | 91.71 | 18.74 | 0.46 |
| Busalletta | 13 | Q200 | 115.87 | 281.90 | 354.90 | 356.93 | 361.02 | 360.43 | 4.99 | 5.53 | 360.96 | 3.26 | 89.09 | 17.84 | 0.46 |
| Busalletta | 12 | Q200 | 102.57 | 281.90 | 354.74 | 356.82 | 361.17 | 360.51 | 5.18 | 5.77 | 360.90 | 2.79 | 103.52 | 19.97 | 0.39 |
| Busalletta | 11 | Q200 | 93.77 | 281.90 | 354.56 | 357.05 | 357.05 | 360.56 | 4.88 | 6.00 | 360.87 | 2.56 | 120.45 | 24.67 | 0.35 |
| Busalletta | 10 | Q200 | 92.57 | 281.90 | 354.52 | 357.76 | 357.04 | 360.38 | 5.26 | 5.86 | 360.85 | 3.03 | 93.00 | 17.68 | 0.42 |
| Busalletta | 9 | Q200 | 88.42 | 281.90 | 354.40 | 357.62 | 356.95 | 360.15 | 5.16 | 5.75 | 360.82 | 3.64 | 78.28 | 15.17 | 0.51 |
| Busalletta | 8 | Q200 | 87.52 | 281.90 | 354.38 | 360.68 | 360.68 | 359.60 | 4.89 | 5.22 | 360.77 | 4.79 | 58.82 | 12.03 | 0.69 |
| Busalletta | 7.5 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 7 | Q200 | 66.62 | 281.90 | 354.38 | 360.68 | 360.68 | 357.93 | 3.32 | 3.55 | 360.47 | 7.07 | 39.90 | 12.03 | 1.24 |
| Busalletta | 6 | Q200 | 62.62 | 281.90 | 354.34 | 355.92 | 356.79 | 359.48 | 3.67 | 5.14 | 359.74 | 2.45 | 131.14 | 35.78 | 0.37 |
| Busalletta | 5 | Q200 | 57.42 | 281.90 | 353.05 | 356.19 | 357.24 | 359.49 | 3.78 | 6.44 | 359.73 | 2.34 | 137.22 | 36.26 | 0.33 |
| Busalletta | 4 | Q200 | 49.62 | 281.90 | 353.29 | 357.02 | 357.27 | 358.78 | 5.29 | 5.49 | 359.66 | 4.15 | 67.88 | 12.83 | 0.58 |
| Busalletta | 3.1 | Q200 | 48.62 | 281.90 | 353.29 | 357.66 | 357.57 | 358.77 | 5.28 | 5.48 | 359.65 | 4.16 | 67.79 | 12.83 | 0.58 |
| Busalletta | 3.05 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 3 | Q200 | 41.62 | 281.90 | 353.28 | 357.65 | 357.63 | 357.65 | 4.13 | 4.37 | 359.10 | 5.33 | 52.90 | 12.82 | 0.84 |
| Busalletta | 2.9 | Q200 | 37.62 | 281.90 | 353.28 | 357.02 | 357.27 | 357.18 | 3.66 | 3.90 | 359.02 | 6.01 | 46.93 | 12.81 | 1.00 |
| Busalletta | 2 | Q200 | 28.62 | 281.90 | 352.95 | 357.77 | 359.78 | 355.80 | 1.85 | 2.85 | 358.77 | 7.63 | 36.97 | 20.01 | 1.79 |
| Busalletta | 1 | Q200 | 0.62 | 281.90 | 353.22 | 354.45 | 353.64 | 354.84 | 1.23 | 1.62 | 357.85 | 7.68 | 36.71 | 29.96 | 2.22 |
| Busalletta | .9 | Q200 | 0.61 | 281.90 | 351.75 | 354.45 | 351.75 | 356.53 | 4.36 | 4.78 | 356.77 | 2.16 | 130.65 | 29.96 | 0.33 |

HEC-RAS Plan: STATO ATTUALE River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200 (Continued)

| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | .8 | Q200 | 0.01 | 281.90 | 351.75 | 354.45 | 351.75 | 356.53 | 4.36 | 4.78 | 356.77 | 2.16 | 130.63 | 29.96 | 0.33 |
| Busalletta | .7 | Q200 | | 281.90 | 350.55 | 354.45 | 350.55 | 356.59 | 5.39 | 6.04 | 356.75 | 1.75 | 161.37 | 29.96 | 0.24 |

Torrente Busalletta

Stato attuale




1 cm Horiz. = 8 m  1 cm Vert. = 0.5 m

HEC-RAS Plan: LOTTO 1 River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200

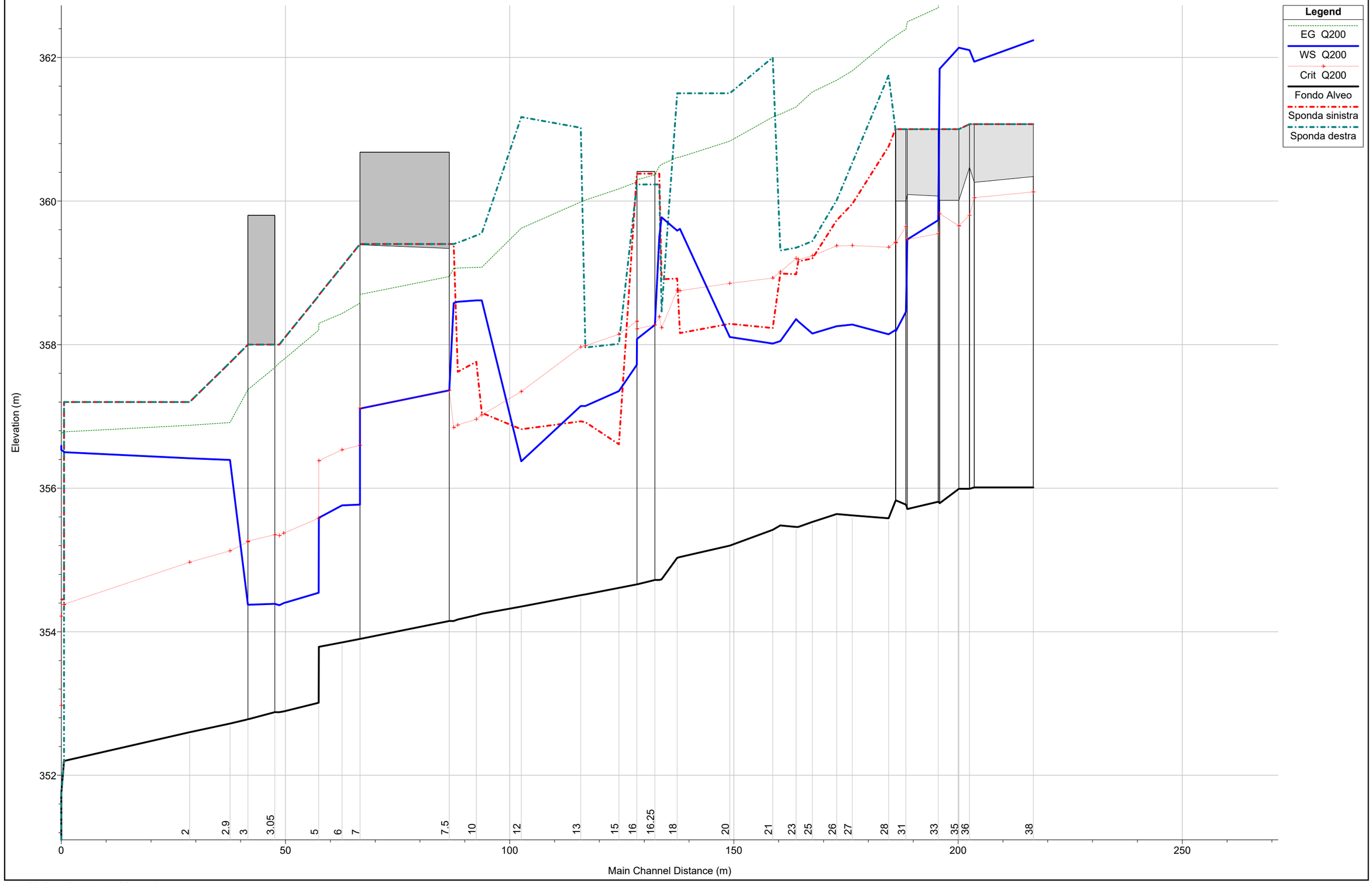
| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | 38 | Q200 | 210.76 | 281.90 | 356.01 | 360.34 | 360.34 | 362.24 | 5.23 | 6.23 | 363.28 | 4.51 | 62.54 | 11.96 | 0.58 |
| Busalletta | 37 | Q200 | 197.61 | 281.90 | 356.01 | 360.26 | 360.26 | 361.94 | 4.91 | 5.93 | 363.10 | 4.76 | 59.21 | 12.05 | 0.62 |
| Busalletta | 36 | Q200 | 196.56 | 281.90 | 355.99 | 360.47 | 360.27 | 362.10 | 5.06 | 6.11 | 363.01 | 4.22 | 66.83 | 13.20 | 0.54 |
| Busalletta | 35 | Q200 | 194.16 | 281.90 | 355.99 | 360.01 | 360.01 | 362.14 | 4.89 | 6.15 | 362.96 | 4.02 | 70.11 | 14.34 | 0.52 |
| Busalletta | 34 | Q200 | 189.86 | 281.90 | 355.79 | 360.01 | 360.01 | 361.84 | 4.53 | 6.05 | 362.89 | 4.53 | 62.19 | 13.73 | 0.59 |
| Busalletta | 33 | Q200 | 189.56 | 281.90 | 355.81 | 357.64 | 357.67 | 359.73 | 8.05 | 3.92 | 362.69 | 7.62 | 37.00 | 4.59 | 1.23 |
| Busalletta | 32 | Q200 | 182.66 | 281.90 | 355.71 | 357.57 | 357.73 | 359.46 | 6.04 | 3.75 | 362.49 | 7.71 | 36.56 | 6.05 | 1.27 |
| Busalletta | 31 | Q200 | 182.36 | 281.90 | 355.77 | 360.00 | 360.00 | 358.46 | 2.41 | 2.69 | 362.39 | 8.79 | 32.07 | 13.29 | 1.81 |
| Busalletta | 30 | Q200 | 180.11 | 281.90 | 355.83 | 360.00 | 360.00 | 358.19 | 2.13 | 2.36 | 362.30 | 8.98 | 31.38 | 14.70 | 1.96 |
| Busalletta | 29 | Q200 | 180.01 | 281.90 | 355.82 | 360.00 | 360.00 | 358.20 | 2.12 | 2.38 | 362.29 | 8.96 | 31.48 | 14.83 | 1.96 |
| Busalletta | 28 | Q200 | 178.51 | 281.90 | 355.58 | 360.76 | 361.75 | 358.14 | 2.13 | 2.56 | 362.24 | 8.96 | 31.47 | 14.80 | 1.96 |
| Busalletta | 27 | Q200 | 170.41 | 281.90 | 355.62 | 359.96 | 360.53 | 358.28 | 2.19 | 2.66 | 361.81 | 8.33 | 33.86 | 15.48 | 1.80 |
| Busalletta | 26 | Q200 | 166.91 | 281.90 | 355.64 | 359.73 | 360.01 | 358.26 | 2.24 | 2.62 | 361.68 | 8.20 | 34.38 | 15.34 | 1.75 |
| Busalletta | 25 | Q200 | 161.51 | 281.90 | 355.53 | 359.20 | 359.44 | 358.15 | 2.30 | 2.62 | 361.52 | 8.13 | 34.69 | 15.05 | 1.71 |
| Busalletta | 24 | Q200 | 158.36 | 281.90 | 355.46 | 359.16 | 359.36 | 358.32 | 2.43 | 2.86 | 361.34 | 7.69 | 36.66 | 15.06 | 1.57 |
| Busalletta | 23 | Q200 | 157.86 | 281.90 | 355.46 | 358.98 | 359.35 | 358.36 | 2.46 | 2.90 | 361.31 | 7.61 | 37.03 | 15.08 | 1.55 |
| Busalletta | 22 | Q200 | 154.36 | 281.90 | 355.48 | 358.99 | 359.31 | 358.05 | 2.34 | 2.57 | 361.21 | 7.88 | 35.80 | 15.31 | 1.64 |
| Busalletta | 21 | Q200 | 152.66 | 281.90 | 355.42 | 358.23 | 362.00 | 358.01 | 2.31 | 2.59 | 361.17 | 7.87 | 35.83 | 15.48 | 1.65 |
| Busalletta | 20 | Q200 | 143.06 | 281.90 | 355.20 | 358.29 | 361.50 | 358.11 | 2.49 | 2.91 | 360.83 | 7.31 | 38.54 | 15.49 | 1.48 |
| Busalletta | 19 | Q200 | 131.96 | 281.90 | 355.04 | 358.16 | 361.50 | 359.61 | 4.03 | 4.57 | 360.61 | 4.43 | 63.94 | 15.88 | 0.70 |
| Busalletta | 18 | Q200 | 131.36 | 281.90 | 355.03 | 358.92 | 361.50 | 359.59 | 3.96 | 4.56 | 360.61 | 4.48 | 63.13 | 15.93 | 0.71 |
| Busalletta | 17 | Q200 | 127.86 | 281.90 | 354.73 | 358.91 | 358.46 | 359.77 | 4.76 | 5.04 | 360.51 | 3.80 | 74.17 | 15.59 | 0.56 |
| Busalletta | 16.5 | Q200 | 127.36 | 281.90 | 354.72 | 360.38 | 360.23 | 359.50 | 4.55 | 4.78 | 360.48 | 4.40 | 64.13 | 14.09 | 0.66 |
| Busalletta | 16.25 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 16 | Q200 | 122.36 | 281.90 | 354.66 | 360.38 | 360.23 | 357.72 | 2.83 | 3.06 | 360.26 | 7.07 | 39.90 | 14.09 | 1.34 |
| Busalletta | 15 | Q200 | 118.36 | 281.90 | 354.61 | 356.61 | 358.01 | 357.35 | 2.32 | 2.74 | 360.17 | 7.46 | 38.34 | 16.55 | 1.53 |
| Busalletta | 14 | Q200 | 110.86 | 281.90 | 354.52 | 356.92 | 357.96 | 357.15 | 2.06 | 2.63 | 360.01 | 7.51 | 37.88 | 18.36 | 1.59 |
| Busalletta | 13 | Q200 | 109.86 | 281.90 | 354.51 | 356.93 | 361.02 | 357.15 | 2.14 | 2.64 | 359.99 | 7.47 | 37.93 | 17.73 | 1.58 |
| Busalletta | 12 | Q200 | 96.56 | 281.90 | 354.35 | 356.82 | 361.17 | 356.37 | 1.90 | 2.02 | 359.62 | 7.98 | 35.33 | 18.63 | 1.85 |
| Busalletta | 11 | Q200 | 87.76 | 281.90 | 354.25 | 357.05 | 359.55 | 358.61 | 3.99 | 4.36 | 359.08 | 3.02 | 94.34 | 23.64 | 0.48 |
| Busalletta | 10 | Q200 | 86.56 | 281.90 | 354.23 | 357.76 | 359.52 | 358.62 | 4.15 | 4.39 | 359.07 | 3.00 | 94.03 | 22.65 | 0.47 |
| Busalletta | 9 | Q200 | 82.41 | 281.90 | 354.17 | 357.62 | 359.42 | 358.60 | 4.23 | 4.43 | 359.07 | 3.04 | 93.12 | 21.99 | 0.47 |
| Busalletta | 8 | Q200 | 81.51 | 281.90 | 354.15 | 359.40 | 359.40 | 358.58 | 4.38 | 4.43 | 359.06 | 3.08 | 91.38 | 20.84 | 0.47 |
| Busalletta | 7.5 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 7 | Q200 | 60.61 | 281.90 | 353.90 | 359.40 | 359.40 | 355.77 | 1.83 | 1.87 | 358.58 | 7.42 | 37.99 | 20.78 | 1.75 |
| Busalletta | 6 | Q200 | 56.61 | 281.90 | 353.85 | 359.09 | 359.09 | 355.76 | 1.88 | 1.91 | 358.43 | 7.24 | 38.93 | 20.67 | 1.68 |
| Busalletta | 5.1 | Q200 | 51.42 | 281.90 | 353.79 | 358.69 | 358.69 | 355.59 | 1.80 | 1.80 | 358.30 | 7.29 | 38.67 | 21.52 | 1.74 |
| Busalletta | 5 | Q200 | 51.41 | 281.90 | 353.01 | 358.68 | 358.68 | 354.54 | 1.53 | 1.53 | 358.20 | 8.47 | 33.28 | 21.71 | 2.18 |
| Busalletta | 4 | Q200 | 43.61 | 281.90 | 352.89 | 358.08 | 358.08 | 354.40 | 1.51 | 1.51 | 357.79 | 8.16 | 34.56 | 22.90 | 2.12 |
| Busalletta | 3.1 | Q200 | 42.61 | 281.90 | 352.88 | 358.00 | 358.00 | 354.37 | 1.49 | 1.49 | 357.75 | 8.14 | 34.64 | 23.26 | 2.13 |
| Busalletta | 3.05 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 3 | Q200 | 41.62 | 281.90 | 352.78 | 358.00 | 358.00 | 354.38 | 1.60 | 1.60 | 357.37 | 7.67 | 36.77 | 23.05 | 1.94 |
| Busalletta | 2.9 | Q200 | 37.62 | 281.90 | 352.72 | 357.75 | 357.75 | 356.39 | 3.67 | 3.67 | 356.91 | 3.20 | 88.09 | 23.99 | 0.53 |
| Busalletta | 2 | Q200 | 28.62 | 281.90 | 352.60 | 357.20 | 357.20 | 356.42 | 3.82 | 3.82 | 356.88 | 3.01 | 93.79 | 24.58 | 0.49 |
| Busalletta | 1 | Q200 | 0.62 | 281.90 | 352.20 | 357.20 | 357.20 | 356.50 | 4.30 | 4.30 | 356.78 | 2.36 | 119.67 | 27.82 | 0.36 |

HEC-RAS Plan: LOTTO 1 River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200 (Continued)

| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | .9 | Q200 | 0.61 | 281.90 | 352.20 | 354.45 | 352.20 | 356.51 | 4.29 | 4.31 | 356.78 | 2.31 | 121.81 | 28.42 | 0.36 |
| Busalletta | .8 | Q200 | 0.01 | 281.90 | 351.75 | 354.45 | 351.75 | 356.53 | 4.36 | 4.78 | 356.77 | 2.16 | 130.63 | 29.96 | 0.33 |
| Busalletta | .7 | Q200 | | 281.90 | 350.55 | 354.45 | 350.55 | 356.59 | 5.39 | 6.04 | 356.75 | 1.75 | 161.37 | 29.96 | 0.24 |

Torrente Busalletta

Lotto 1




1 cm Horiz. = 8 m  1 cm Vert. = 0.5 m

HEC-RAS Plan: LOTTO 2 River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200

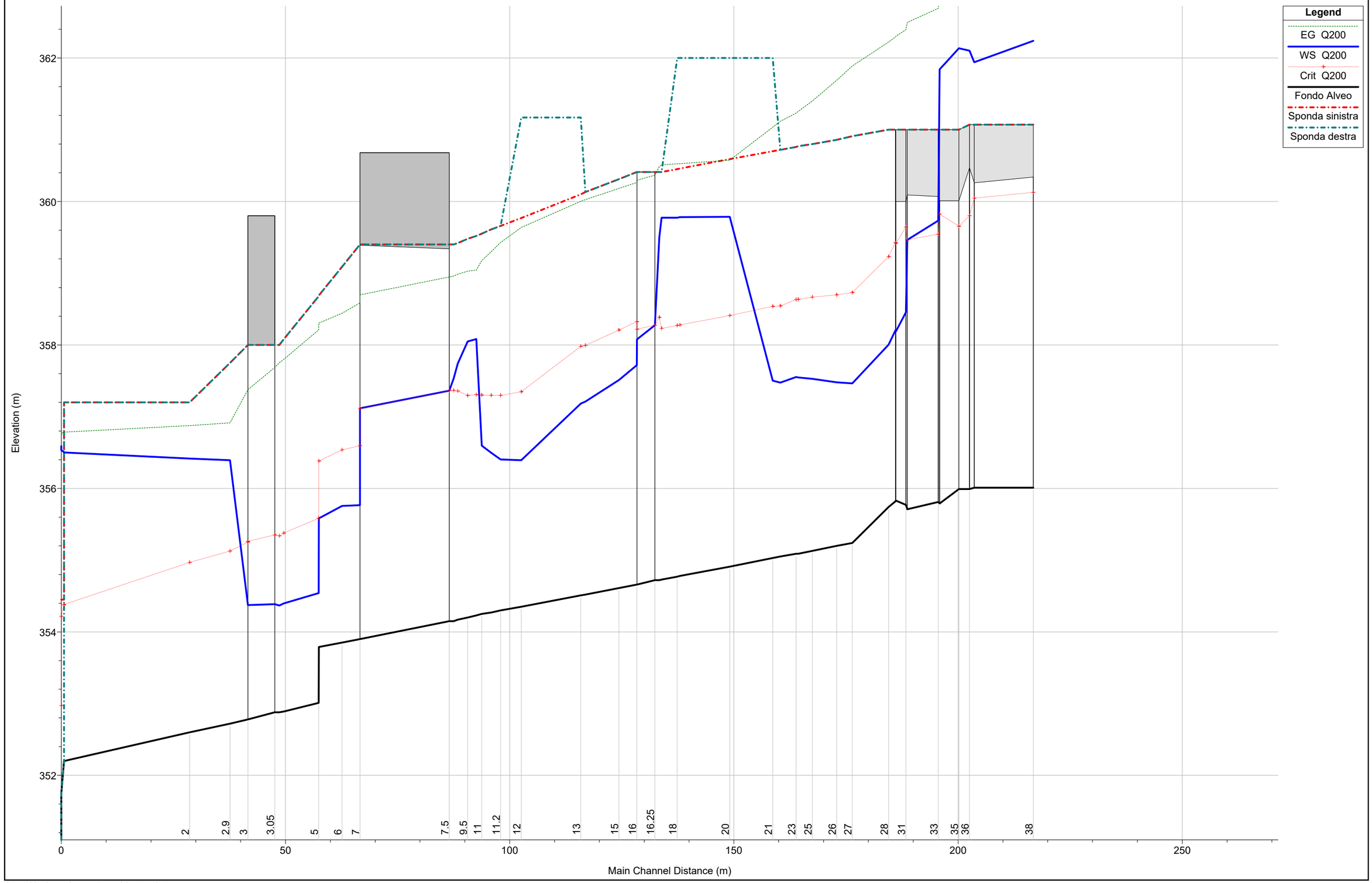
| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | 38 | Q200 | 210.76 | 281.90 | 356.01 | 360.34 | 360.34 | 362.24 | 5.23 | 6.23 | 363.28 | 4.51 | 62.54 | 11.96 | 0.58 |
| Busalletta | 37 | Q200 | 197.61 | 281.90 | 356.01 | 360.26 | 360.26 | 361.94 | 4.91 | 5.93 | 363.10 | 4.76 | 59.21 | 12.05 | 0.62 |
| Busalletta | 36 | Q200 | 196.56 | 281.90 | 355.99 | 360.47 | 360.27 | 362.10 | 5.06 | 6.11 | 363.01 | 4.22 | 66.83 | 13.20 | 0.54 |
| Busalletta | 35 | Q200 | 194.16 | 281.90 | 355.99 | 360.01 | 360.01 | 362.14 | 4.89 | 6.15 | 362.96 | 4.02 | 70.11 | 14.34 | 0.52 |
| Busalletta | 34 | Q200 | 189.86 | 281.90 | 355.79 | 360.01 | 360.01 | 361.84 | 4.53 | 6.05 | 362.89 | 4.53 | 62.19 | 13.73 | 0.59 |
| Busalletta | 33 | Q200 | 189.56 | 281.90 | 355.81 | 357.64 | 357.67 | 359.73 | 8.05 | 3.92 | 362.69 | 7.62 | 37.00 | 4.59 | 1.23 |
| Busalletta | 32 | Q200 | 182.66 | 281.90 | 355.71 | 357.57 | 357.73 | 359.46 | 6.04 | 3.75 | 362.49 | 7.71 | 36.56 | 6.05 | 1.27 |
| Busalletta | 31 | Q200 | 182.36 | 281.90 | 355.77 | 360.00 | 360.00 | 358.46 | 2.41 | 2.69 | 362.39 | 8.79 | 32.07 | 13.29 | 1.81 |
| Busalletta | 30 | Q200 | 180.11 | 281.90 | 355.83 | 360.00 | 360.00 | 358.19 | 2.13 | 2.36 | 362.30 | 8.98 | 31.38 | 14.70 | 1.96 |
| Busalletta | 29 | Q200 | 180.01 | 281.90 | 355.82 | 360.00 | 360.00 | 358.20 | 2.12 | 2.38 | 362.29 | 8.96 | 31.48 | 14.83 | 1.96 |
| Busalletta | 28 | Q200 | 178.51 | 281.90 | 355.74 | 361.00 | 361.00 | 358.00 | 1.97 | 2.26 | 362.22 | 9.10 | 30.99 | 15.70 | 2.07 |
| Busalletta | 27 | Q200 | 170.41 | 281.90 | 355.24 | 360.91 | 360.91 | 357.46 | 1.93 | 2.22 | 361.89 | 9.32 | 30.26 | 15.65 | 2.14 |
| Busalletta | 26 | Q200 | 166.91 | 281.90 | 355.20 | 360.86 | 360.86 | 357.48 | 1.99 | 2.28 | 361.69 | 9.09 | 31.02 | 15.57 | 2.06 |
| Busalletta | 25 | Q200 | 161.51 | 281.90 | 355.13 | 360.80 | 360.80 | 357.53 | 2.13 | 2.40 | 361.40 | 8.72 | 32.34 | 15.22 | 1.91 |
| Busalletta | 24 | Q200 | 158.36 | 281.90 | 355.09 | 360.77 | 360.77 | 357.55 | 2.19 | 2.46 | 361.25 | 8.53 | 33.06 | 15.11 | 1.84 |
| Busalletta | 23 | Q200 | 157.86 | 281.90 | 355.09 | 360.76 | 360.76 | 357.55 | 2.19 | 2.46 | 361.23 | 8.49 | 33.19 | 15.12 | 1.83 |
| Busalletta | 22 | Q200 | 154.36 | 281.90 | 355.05 | 360.72 | 360.72 | 357.47 | 2.15 | 2.42 | 361.12 | 8.45 | 33.35 | 15.50 | 1.84 |
| Busalletta | 21 | Q200 | 152.66 | 281.90 | 355.03 | 360.70 | 362.00 | 357.50 | 2.18 | 2.47 | 361.03 | 8.32 | 33.86 | 15.54 | 1.80 |
| Busalletta | 20 | Q200 | 143.06 | 281.90 | 354.91 | 360.59 | 362.00 | 359.79 | 4.59 | 4.88 | 360.57 | 3.94 | 71.64 | 15.61 | 0.59 |
| Busalletta | 19 | Q200 | 131.96 | 281.90 | 354.78 | 360.46 | 362.00 | 359.78 | 4.72 | 5.00 | 360.53 | 3.82 | 73.70 | 15.63 | 0.56 |
| Busalletta | 18 | Q200 | 131.36 | 281.90 | 354.77 | 360.45 | 362.00 | 359.77 | 4.72 | 5.00 | 360.52 | 3.84 | 73.46 | 15.57 | 0.56 |
| Busalletta | 17 | Q200 | 127.86 | 281.90 | 354.73 | 360.41 | 360.41 | 359.77 | 4.76 | 5.04 | 360.51 | 3.80 | 74.17 | 15.59 | 0.56 |
| Busalletta | 16.5 | Q200 | 127.36 | 281.90 | 354.72 | 360.41 | 360.41 | 359.50 | 4.55 | 4.78 | 360.48 | 4.40 | 64.13 | 14.09 | 0.66 |
| Busalletta | 16.25 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 16 | Q200 | 122.36 | 281.90 | 354.66 | 360.41 | 360.41 | 357.72 | 2.83 | 3.06 | 360.26 | 7.07 | 39.90 | 14.09 | 1.34 |
| Busalletta | 15 | Q200 | 118.36 | 281.90 | 354.61 | 360.31 | 360.31 | 357.51 | 2.65 | 2.90 | 360.18 | 7.24 | 38.94 | 14.70 | 1.42 |
| Busalletta | 14 | Q200 | 110.86 | 281.90 | 354.52 | 360.13 | 360.13 | 357.21 | 2.40 | 2.69 | 360.02 | 7.43 | 37.94 | 15.82 | 1.53 |
| Busalletta | 13 | Q200 | 109.86 | 281.90 | 354.51 | 360.10 | 361.17 | 357.18 | 2.35 | 2.67 | 360.00 | 7.44 | 37.91 | 16.15 | 1.55 |
| Busalletta | 12 | Q200 | 96.56 | 281.90 | 354.35 | 359.77 | 361.17 | 356.39 | 1.95 | 2.04 | 359.64 | 7.98 | 35.34 | 18.10 | 1.82 |
| Busalletta | 11.2 | Q200 | 91.96 | 281.90 | 354.30 | 359.66 | 359.66 | 356.40 | 2.02 | 2.10 | 359.43 | 7.70 | 36.59 | 18.09 | 1.73 |
| Busalletta | 11.1 | Q200 | 89.86 | 281.90 | 354.27 | 359.61 | 359.61 | 356.50 | 2.15 | 2.23 | 359.30 | 7.41 | 38.03 | 17.69 | 1.61 |
| Busalletta | 11 | Q200 | 87.76 | 281.90 | 354.25 | 359.55 | 359.55 | 356.60 | 2.27 | 2.35 | 359.18 | 7.11 | 39.63 | 17.43 | 1.51 |
| Busalletta | 10 | Q200 | 86.56 | 281.90 | 354.23 | 359.52 | 359.52 | 358.08 | 3.78 | 3.85 | 359.04 | 4.34 | 64.95 | 17.17 | 0.71 |
| Busalletta | 9.5 | Q200 | 84.61 | 281.90 | 354.20 | 359.48 | 359.48 | 358.05 | 3.79 | 3.85 | 359.03 | 4.39 | 64.27 | 16.96 | 0.72 |
| Busalletta | 9 | Q200 | 82.41 | 281.90 | 354.17 | 359.42 | 359.42 | 357.74 | 3.51 | 3.57 | 358.99 | 4.94 | 57.04 | 16.24 | 0.84 |
| Busalletta | 8 | Q200 | 81.51 | 281.90 | 354.15 | 359.40 | 359.40 | 357.53 | 3.33 | 3.38 | 358.96 | 5.29 | 53.28 | 16.01 | 0.93 |
| Busalletta | 7.5 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 7 | Q200 | 60.61 | 281.90 | 353.90 | 359.40 | 359.40 | 355.77 | 1.82 | 1.87 | 358.59 | 7.44 | 37.90 | 20.78 | 1.76 |
| Busalletta | 6 | Q200 | 56.61 | 281.90 | 353.85 | 359.09 | 359.09 | 355.76 | 1.88 | 1.91 | 358.44 | 7.26 | 38.84 | 20.67 | 1.69 |
| Busalletta | 5.1 | Q200 | 51.42 | 281.90 | 353.79 | 358.69 | 358.69 | 355.58 | 1.79 | 1.79 | 358.30 | 7.30 | 38.59 | 21.52 | 1.74 |
| Busalletta | 5 | Q200 | 51.41 | 281.90 | 353.01 | 358.68 | 358.68 | 354.54 | 1.53 | 1.53 | 358.21 | 8.48 | 33.24 | 21.71 | 2.19 |
| Busalletta | 4 | Q200 | 43.61 | 281.90 | 352.89 | 358.08 | 358.08 | 354.40 | 1.51 | 1.51 | 357.80 | 8.17 | 34.52 | 22.90 | 2.12 |
| Busalletta | 3.1 | Q200 | 42.61 | 281.90 | 352.88 | 358.00 | 358.00 | 354.37 | 1.49 | 1.49 | 357.75 | 8.15 | 34.60 | 23.26 | 2.13 |
| Busalletta | 3.05 | | Bridge | | | | | | | | | | | | |
| Busalletta | 3 | Q200 | 41.62 | 281.90 | 352.78 | 358.00 | 358.00 | 354.37 | 1.59 | 1.59 | 357.38 | 7.67 | 36.73 | 23.05 | 1.94 |

HEC-RAS Plan: LOTTO 2 River: Busalletta Reach: Busalletta Profile: Q200 (Continued)

| Reach | River Sta | Profile | Cum Ch Len | Q Total | Min Ch El | LOB Elev | ROB Elev | W.S. Elev | Hydr Depth | Max Chl Dpth | E.G. Elev | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m) | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| Busalletta | 2.9 | Q200 | 37.62 | 281.90 | 352.72 | 357.75 | 357.75 | 356.39 | 3.67 | 3.67 | 356.91 | 3.20 | 88.09 | 23.99 | 0.53 |
| Busalletta | 2 | Q200 | 28.62 | 281.90 | 352.60 | 357.20 | 357.20 | 356.42 | 3.82 | 3.82 | 356.88 | 3.01 | 93.79 | 24.58 | 0.49 |
| Busalletta | 1 | Q200 | 0.62 | 281.90 | 352.20 | 357.20 | 357.20 | 356.50 | 4.30 | 4.30 | 356.78 | 2.36 | 119.67 | 27.82 | 0.36 |
| Busalletta | .9 | Q200 | 0.61 | 281.90 | 352.20 | 354.45 | 352.20 | 356.51 | 4.29 | 4.31 | 356.78 | 2.31 | 121.81 | 28.42 | 0.36 |
| Busalletta | .8 | Q200 | 0.01 | 281.90 | 351.75 | 354.45 | 351.75 | 356.53 | 4.36 | 4.78 | 356.77 | 2.16 | 130.63 | 29.96 | 0.33 |
| Busalletta | .7 | Q200 | | 281.90 | 350.55 | 354.45 | 350.55 | 356.59 | 5.39 | 6.04 | 356.75 | 1.75 | 161.37 | 29.96 | 0.24 |

Torrente Busalletta

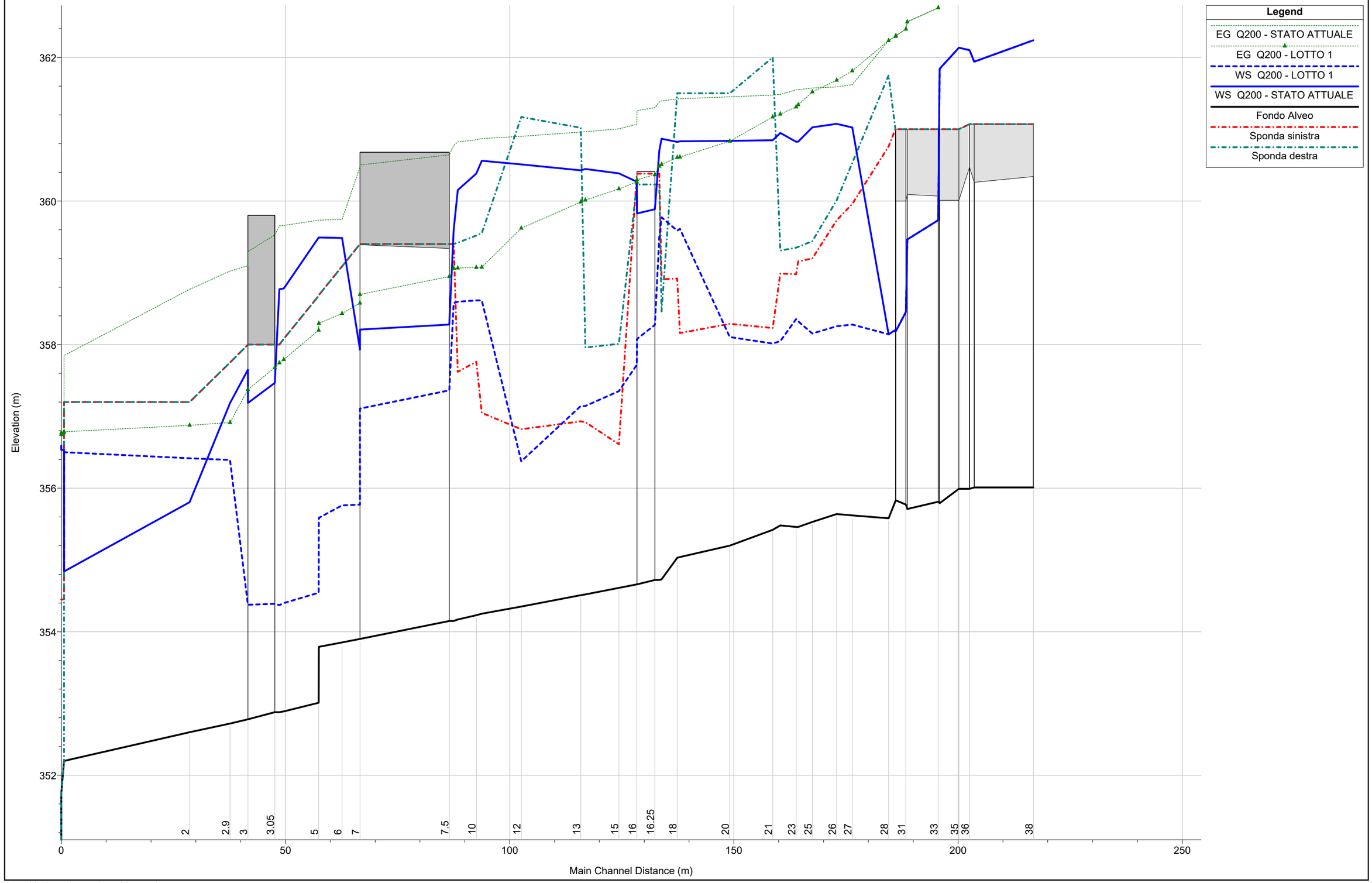
Lotto 2




1 cm Horiz. = 8 m  1 cm Vert. = 0.5 m

# Torrente Busalletta

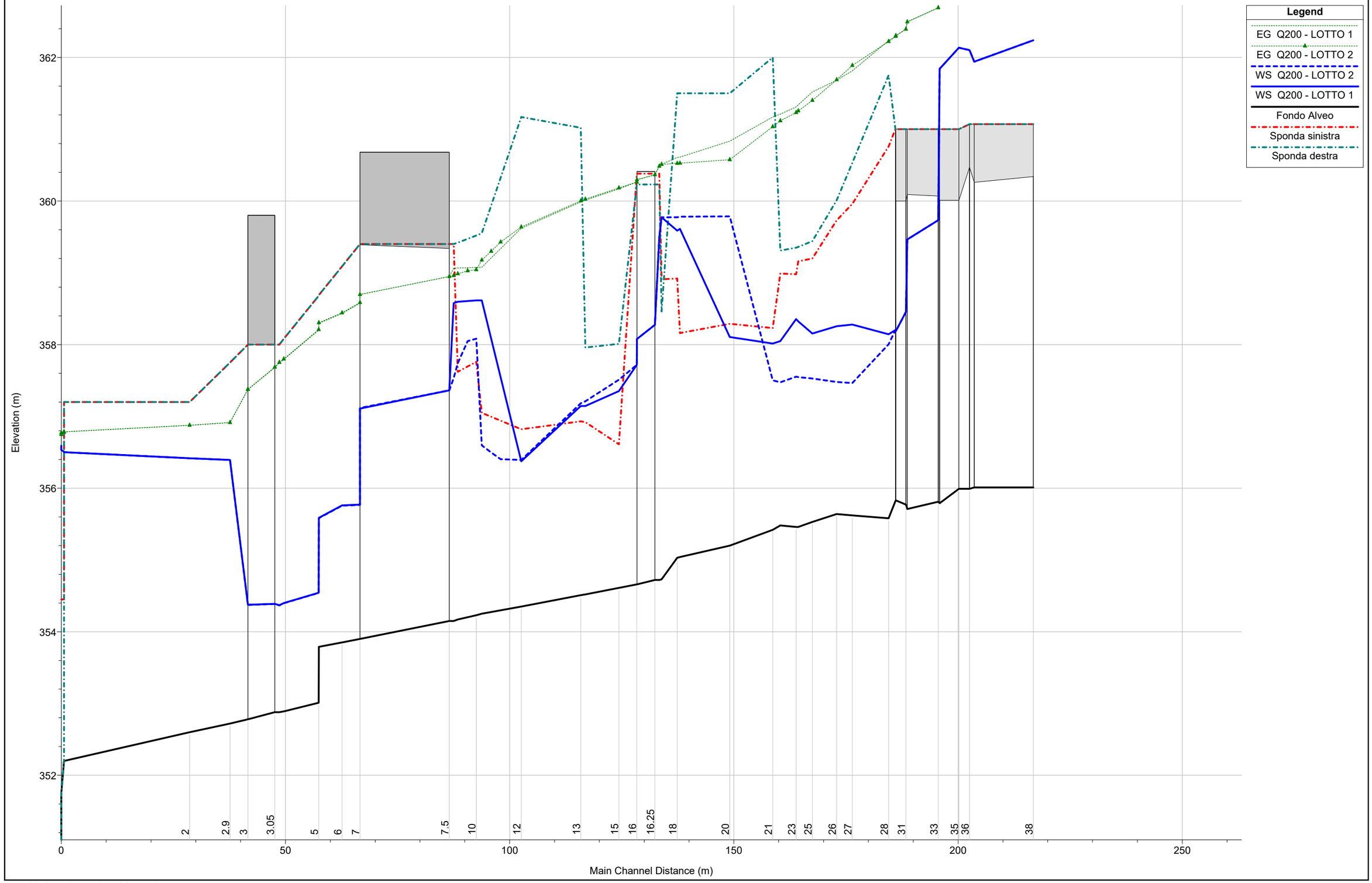
Confronto lotto 1 - attuale - Q200




1 cm Horiz. = 8 m  1 cm Vert. = 0.5 m

Torrente Busalletta

Confronto lotto 1 - lotto 2 - Q200




1 cm Horiz. = 8 m  1 cm Vert. = 0.5 m

# APPENDICE 1

## SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.5

Il software di calcolo *Hec-Ras* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare $h_f$ dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con $j_f$ pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di $j_f$ è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice $J$ in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine $J$ nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e $K$ (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine $h_e$ dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove $\beta$ è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, $V_1$ e $V_2$ $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e $\alpha_1$ e $\alpha_2$ sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*bridge* and *culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e $C$ è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e $C$ è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.