

## LOCALIZZAZIONE



REGIONE LIGURIA



PROVINCIA DELLA SPEZIA



COMUNE DELLA SPEZIA

## TITOLO

**PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO  
DISTRETTO DI TRASFORMAZIONE API 5  
SUB-DISTRETTO API 5a**

**Progetto per la trasformazione dell'area TARROS in via Privata Enel  
Località Fossamastra – La Spezia**

## LIVELLO DI PROGETTAZIONE

- - -

## OGGETTO

**RELAZIONE IDRAULICA**

## COMMITTENTE

**TARROS SPA**  
Via Privata Enel,  
19126 La Spezia (SP)

## COMMESSA

**16011IFS**

## CODICE ELABORATO

COMMESSA

LIVELLO DI PROGETTAZIONE

N. ELABORATO

**16011IFS****---****Elab. M**

## PROGETTISTI



Viale San Bartolomeo, 777/16 - 19126, La Spezia  
Tel. 0187 500158; Fax. 0187 529777

**Ing. Massimiliano BARBOLINI (Direttore Tecnico)**

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
0	Marzo 2017	Prima emissione	F. Ferro	M. Barbolini	M. Barbolini
1	Settembre 2018	Revisione generale	Ferro/Stefanini	M. Barbolini	M. Barbolini
2					
3					

## INDICE GENERALE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE.....</b>	<b>5</b>
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
2.2	INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE.....	8
2.2.1	IL RETICOLO IDROGRAFICO .....	8
2.2.2	LE FASCE INONDABILI .....	11
<b>3</b>	<b>FOSSO PAGLIARI.....</b>	<b>19</b>
3.1	STATO DI FATTO E FASCE DI RISPETTO .....	19
3.2	APPROFONDIMENTI IN CORSO E FUTURI .....	20
<b>4</b>	<b>CANALE FOSSAMAISTRA .....</b>	<b>22</b>
4.1	INTERVENTI RECENTEMENTE REALIZZATI.....	22
4.2	RILIEVI ED APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI .....	23
4.3	LA PORTATA DI PIENA.....	24
4.4	MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE.....	25
4.4.1	VERIFICA DELLE ATTUALI CONDIZIONI DI DEFLUSSO IN ALVEO .....	26
4.4.2	ANALISI DELL'ESONDAZIONE IN CORRISPONDENZA DELLE SEZIONI DI VALLE DEL TRATTO STUDIATO .....	27
4.4.3	VERIFICA DELLA MASSIMA PORTATA SMALTIBILE DALLA SEZ.40 .....	31
4.5	ANALISI DELLA SOGGIACENZA RISPETTO ALL'EVENTO DI PIENA DUECENTENNALE.....	32
4.6	MODELLAZIONE "BIDIMENSIONALE" SEMPLIFICATA .....	35
4.6.1	DATI DI INPUT PER LA CREAZIONE DEL MODELLO.....	36
4.6.2	HYDRO 1 - IDROGRAMMA TRIANGOLARE - $T_p=T_c$ e portata di sfioro costante	49
4.6.3	HYDRO 2 - IDROGRAMMA TRAPEZIO - $T_p=2*T_c$ e portata di sfioro costante ....	52
4.6.4	HYDRO 3 - IDROGRAMMA TRIANGOLARE - $T_p=T_c$ e modellazione portata di sfioro variabile .....	54
<b>5</b>	<b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....</b>	<b>58</b>
5.1	SCHEMA DELLA RETE DEI COLLETTORI PRINCIPALI.....	58
5.2	COLCOLO DELLE PORTATE AL COLMO PER I VARI COLLETTORI.....	60
5.3	CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA .....	61
5.4	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEI COLLETTORI .....	62
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>64</b>

<b>7 ELABORATI GRAFICI .....</b>	<b>66</b>
<b>APPENDICE .....</b>	<b>70</b>
<b>HEC-RAS .....</b>	<b>71</b>

## **1       PREMESSA**

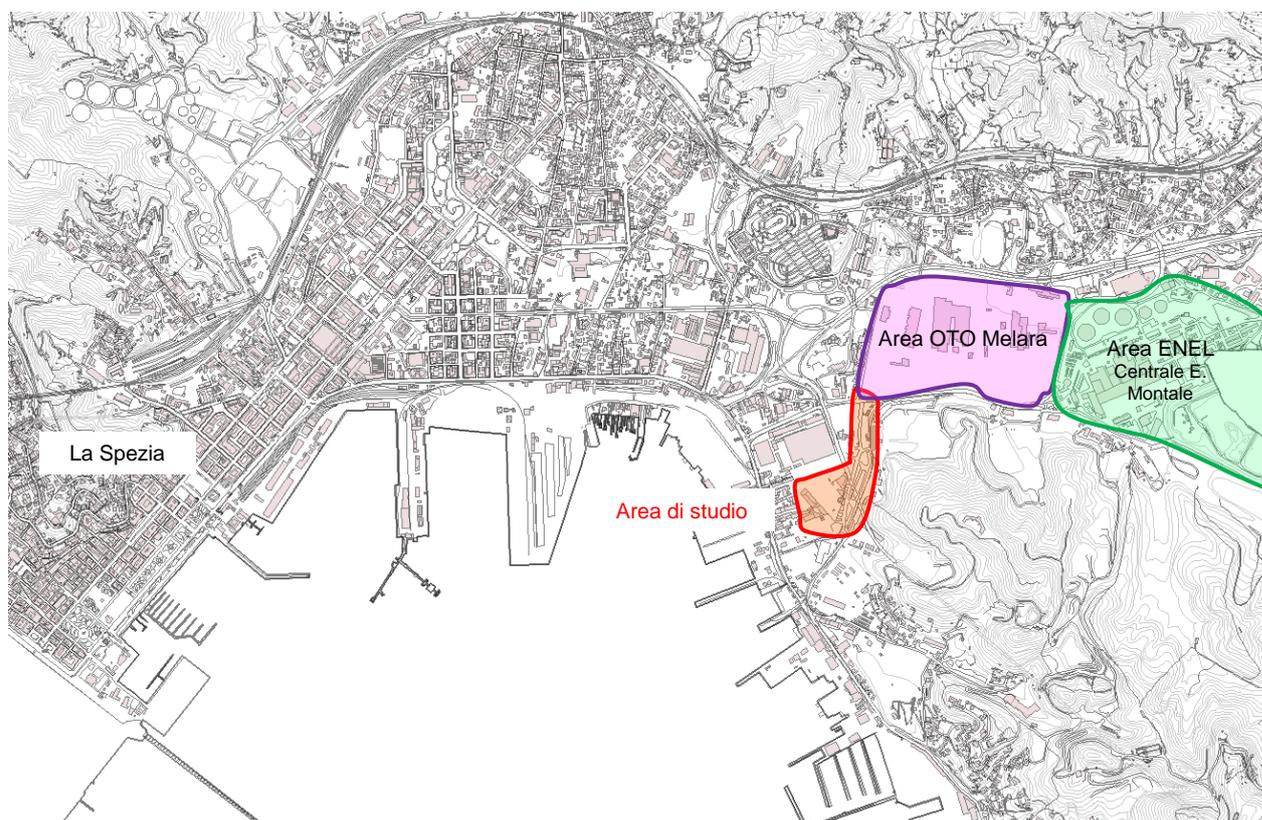
La presente Relazione Idraulica, predisposta a seguito di specifico incarico di NORA Spa, approfondisce la fattibilità degli interventi in progetto relativamente agli aspetti idraulici, con riferimento sia al reticolo idrografico e alle fasce inondabili interferenti con le aree oggetto di trasformazione sia alla smaltimento delle acque meteoriche relativamente alla configurazione di progetto delle stesse.

Le presente revisione del Documento – Rev01 al Settembre 2018 – è volta ad approfondire e/o precisare alcuni aspetti dello studio a seguito di comunicazione del Settore Difesa del Suolo di La Spezia della Regione Liguria (nota prot. PG/2018/116785 del 18.04.2018) ed in accordo alle risultanze della riunione tecnica tenutosi a Genova, presso gli uffici della Regione Liguria – Settore Assetto del Territorio - in data 1 giugno 2018, a cui hanno partecipato i progettisti, tecnici e funzionari del Comune della Spezia e tecnici dei citati uffici regionali.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

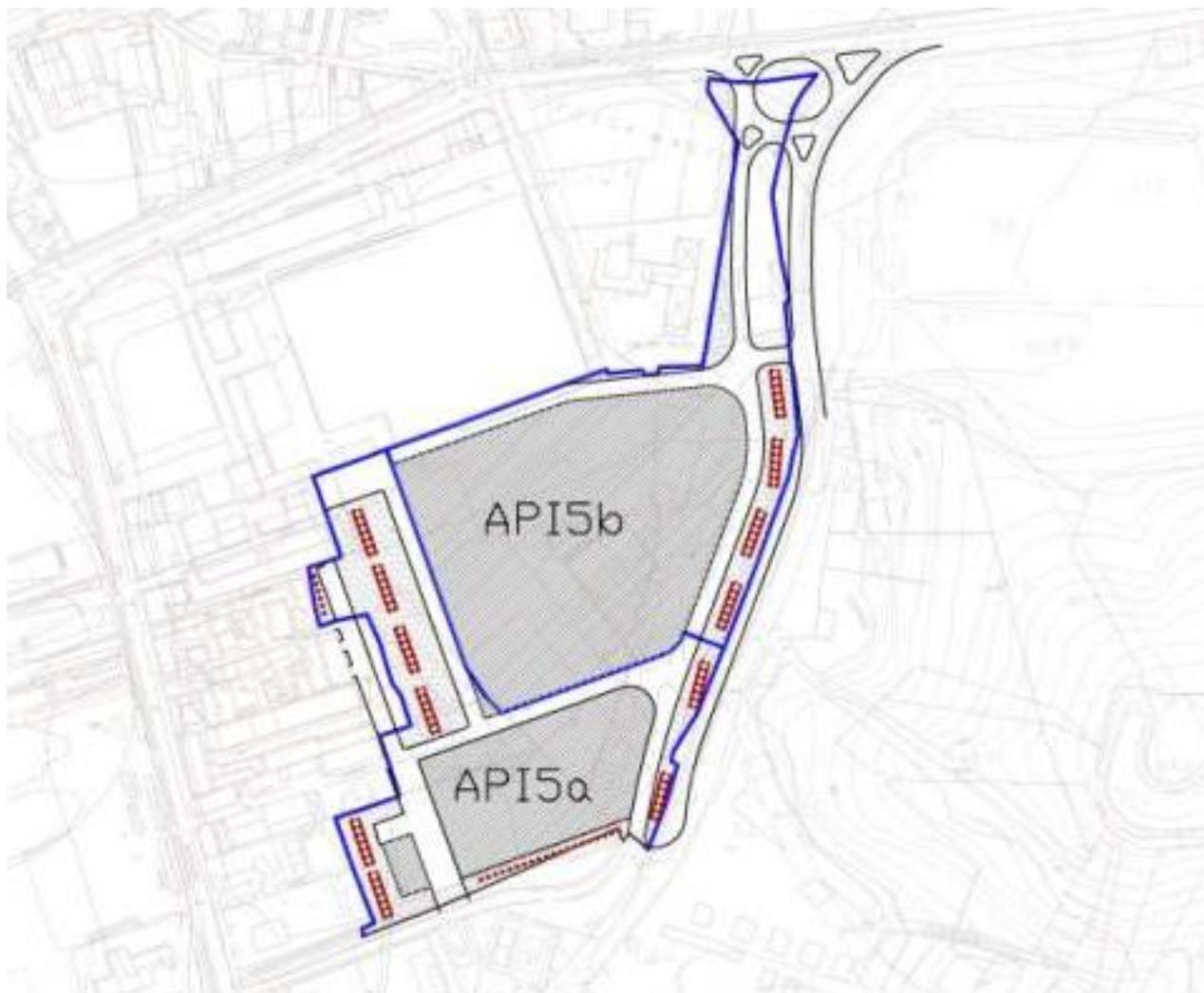
L'area oggetto di studio interessata dal P.U.O. in oggetto è situata in località Fossamastra-Pagliari, e ricade all'interno del territorio del Comune della Spezia (SP). Il contesto urbano in cui si inserisce è quello della prima periferia urbana della città di La Spezia, caratterizzato da una prevalenza di insediamenti industriali, produttivi e commerciali che affiancano e circondano il quartiere residenziale di Fossamastra, prossimo alle acque del Golfo della Spezia. Sorgono in quest'area le attività della Committenza, le attività legate alla nautica da diporto che si affacciano sulla nuova darsena in località Pagliari, l'area "Metro" ed altre attività produttive e commerciali. Immediatamente a Nord della zona studiata si trova l'area dove sorgono gli uffici e stabilimenti produttivi di Oto Melara ed MBDA, mentre più ad Est si trova la zona di pertinenza della centrale ENEL E. Montale (Figura 1).



**Figura 1:** Localizzazione dell'area interessata dal presente in studio su base CTR Regione Liguria (fonte Sistema Informativo Territoriale – SIT – Comune della Spezia - <http://sit.spezianet.it/>)

Con riferimento al Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) del Comune della Spezia, in vigore dal 17 Gennaio 2007, l'area di studio ricade all'interno di un distretto di trasformazione produttivo integrato A.P.I. N. 5. In accordo con l'art. 16 delle Norme di Attuazione del suddetto P.U.C. *"all'interno dei Distretti di Trasformazione è prevista una completa trasformazione urbanistica relativa a nuovi insediamenti, a nuovi servizi, e ad interventi di riuso urbano, ..."* Più

specificatamente, il distretto di trasformazione in esame nel PUC è diviso in due Sub-distretti: API5/a e API5/b (Figura 2).



**Figura 2:** Localizzazione del Distretto di Trasformazione Produttivo Integrato API N. 5 con indicazione dei sub distretti API5/a e API5/b (fonte P.U.C. Comune della Spezia)

All'interno del Distretto di Trasformazione di cui sopra (API5) sono localizzate aree di proprietà della Committenza Tarros S.p.A., sulle quali sorgono gli uffici dirigenziali ed amministrativi, le aree doganali, depositi e magazzini e dove sono svolte le attività operative di propria pertinenza. Nel presente progetto di trasformazione relativo alle aree Tarros è stata proposta dai progettisti una ridefinizione dei sub-distretti, in particolare le aree Tarros vengono collocate all'interno del sub-distretto 5/a così come riproiettato in accordo a quanto riportato alle successive Figura 3 e Figura 4.



**Figura 3:** Localizzazione del distretto di trasformazione API5 (in linea verde tratteggiata) con all'interno (in linea verde continua) l'indicazione del Sub-distretto API5/a (nel seguito anche denominato "area Tarros") su ortofoto (fonte Google)



**Figura 4:** Localizzazione del distretto di trasformazione API5 (in linea verde tratteggiata e retinatura verde solida) con all'interno (in linea verde continua e retinatura marrone tratteggiata) l'indicazione del Sub-distretto API5/a (nel seguito anche denominato "area Tarros") su CTR Regionale (1:5.000)

## 2.2 INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE

La caratterizzazione idraulica dell'area di studio si è basata sui contenuti del *Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Regime Liguria – Autorità di bacino regionale – Ambito 20 – Golfo della Spezia*, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale della Spezia n. 34 del 31.03.2003, la cui ultima modifica è stata approvata con Delibera della Giunta Regionale n. 714 del 29.07.2016 (pubblicata sul BURL n. 34 del 24.08.2016).

### 2.2.1 IL RETICOLO IDROGRAFICO

Dall'analisi degli elaborati di Piano (Tav. 6 "Carta del Reticolo Idrografico) emerge come in prossimità dell'area di intervento siano presenti due bacini idrografici: il bacino del **Canale Fossamastra** ed il bacino del **Fosso di Pagliari**, all'interno dei quali sono individuati i corsi d'acqua principali ed i relativi tributari minori (Figura 5).

Si evidenzia come l'area del distretto di trasformazione API5 ed in particolare il sub-distretto API5/a- aree Tarros sia attraversato da un affluente minore del Fosso Pagliari.



**Figura 5:** Regione Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Stralcio della Tavola 6 "Carta del reticolo idrografico", con indicazione approssimativa dell'area di studio.

Per quanto attiene il reticolo idrografico si cita quanto segue, contenuto all'interno della Normativa relativa al suddetto ambito 20 del PAI Regionale (Art. 6, comma 2):

*Con riferimento alla definizione ed articolazione del reticolo idrografico secondo quanto disposto nel Regolamento regionale n 3/2011 recante "Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", il reticolo idrografico significativo ai fini della pianificazione di bacino di cui al comma 1 si articola nelle seguenti classi:*

- a) corsi d'acqua di primo livello o principali: aste fluviali con bacino sotteso > 1 Km<sup>2</sup>;
- b) corsi d'acqua di secondo livello o secondari: aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 Km<sup>2</sup>;
- c) corsi d'acqua di terzo livello o minori: aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 0,25 e 0,1 Km<sup>2</sup>, con l'aggiunta delle aste con bacini inferiori a 0,1 km<sup>2</sup> con fasce di inondabilità perimetrate nel piano.

Per le evidenze riportate nella tabella che segue (Figura 7), contenuta all'interno di dette normative, è evidente come il Fosso di Pagliari sia classificabile come corso d'acqua di secondo livello o secondario, mentre il Canale di Fossamastra come corso d'acqua di primo livello o principale. Si evidenzia inoltre come il tributario del Fosso Pagliari (nel seguito "Fosso di Pagliari B"), presente all'interno dell'area oggetto di studio (rif. sezione idraulica di chiusura B), abbia caratteristiche di superficie tali da rientrare all'interno della categoria dei corsi d'acqua di terzo livello o minore.

#### Fosso di Pagliari

Corso d'acqua	Sezioni	Area [km <sup>2</sup> ]	t <sub>c</sub> [min]	T=50		T=200		T=500	
				Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]		Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]		Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	
Fosso di Pagliari	A	0.66	20	15.2		17.4		18.9	
Fosso di Pagliari	B	0.24	10	7.2		8.2		8.8	

#### Canale Fossamastra

Corso d'acqua	Sezioni	Area [km <sup>2</sup> ]	t <sub>c</sub> [min]	T=50		T=200		T=500	
				Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]
C. Fossamastra	A	7.67	60		91.5		132.3		159.2
C. Fossamastra	B	6.63	45		81.2		117.4		141.3
Fosso Calcinara	C	1.29	35	26.9		30.9		33.4	
C. Fossamastra	D	5.34	45		67.9		98.2		118.1
Fosso Calcinara	E	1.07	20	24.6		28.3		30.6	
Fosso Calcinara	F	0.85	20	19.6		22.5		24.3	
Fosso Calcinara	G	0.70	20	16.1		18.5		20.0	

**Figura 6:** Regione Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Estratto delle Norme Tecniche di Attuazione – Allegato 2: Portate di Piena tabellate per il Canale Fossamastra ed il Fosso Pagliari in funzione delle sezioni di chiusura rappresentative localizzate lungo le aste principali e tributarie..

La cartografia ufficiale dell'Autorità di Bacino Regionale, per i corsi d'acqua individuati nella carta del reticolo idrografico, non differenzia i tratti a cielo aperto dai tratti in sotterraneo. A tale scopo si sono condotti specifici sopralluoghi ed indagini di campo che hanno permesso di effettuare tale distinzione, le cui risultanze sono riportate all'interno di Figura 7.



**Figura 7:** Identificazione dei tratti a cielo aperto (linea continua) e dei tratti intubati (linea tratteggiata) del Canale Fossamastra, del Fosso Pagliari e dei relativi tributari minori in prossimità dell'area di studio (base CTR Regione Liguria scala 1:5.000).

In riferimento alla classificazione dei corsi d'acqua di cui sopra si riportano le indicazioni inerenti le distanze da rispettare per interventi in prossimità degli stessi (Art. 8 Norme di Piano Ambito 20):

1. *In materia di definizione delle fasce di inedificabilità lungo i corsi d'acqua e della connessa disciplina si rinvia ai contenuti del Regolamento Regionale n.3/2011.*
2. *Relativamente ai tratti dei corsi d'acqua, che non hanno formato oggetto di studi idraulici finalizzati alla individuazione delle fasce di inondabilità, di cui alla lett. a) del comma 2 dell'art. 12 rappresentati nella Tav.14 "Carta dei tratti indagati con verifiche idrauliche estese", sulla base delle definizioni di cui all'art. 6, è stabilita altresì una fascia di rispetto, da misurarsi in coerenza con il disposto del Regolamento regionale n. 3/2011, come di seguito articolata:*
  - a. *40 metri per i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti come principali;*
  - b. *20 metri per i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti come secondari;*
  - c. *10 metri per i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti come minori;*
3. *Nella fascia di rispetto di cui al comma 2 sono consentiti interventi urbanistico-edilizi a condizione che l'Ufficio regionale competente esprima parere favorevole, sulla base di uno studio idraulico che individui le fasce di inondabilità delle aree secondo i criteri di cui all'Allegato 3. Le risultanze dei suddetti studi idraulici sono recepite nelle fasi di aggiornamento del Piano secondo la procedura di cui al comma 5 dell'art. 10 della l.r. 58/2009.*

4. La disciplina delle fascia di rispetto di cui al comma 2 è da applicarsi in modo integrato e coordinato con quello relativo alle fasce di inedificabilità assoluta di cui al Regolamento Regionale n.3/2011. In particolare l'espressione del parere di cui al comma 3 va coordinato con l'autorizzazione ex R.D. 523/1904 prevista all'art.4 del suddetto regolamento, laddove necessaria ai fini della riduzione della fascia di inedificabilità.

Per quanto attiene la fascia di inedificabilità assoluta di cui al Regolamento Regionale n.3/2011, si riporta testualmente quanto stabilito all'art.4 comma 3: "Per i corsi d'acqua ricadenti nel reticolo idrografico di primo, secondo e terzo livello è stabilita una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10 metri". Pertanto con riferimento specifico alla fascia di rispetto da applicarsi al Fosso di Pagliari B l'art. 8 comma 2 delle Norme di Piano e l'art.4 comma 3 del R.R. n.3/2011 risultano congruenti ed impongono un analogo regime di vincolo (10 metri).

## 2.2.2 LE FASCE INONDABILI

Dall'analisi degli elaborati tecnici del vigente Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale emerge inoltre come l'area di studio ricada in parte all'interno delle fasce inondabili del Canale di Fossamastra (con netta prevalenza della fascia B, di colore giallo) ed interessata da eventi di piena con tempo di ritorno duecentennale (TR=200 anni Figura 8).



**Figura 8:** Regione Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Stralcio della Tavola 9 “Carta delle aree inondabili”, con evidenza della fascia di inondabilità A (in colore rosso) e della fascia di inondabilità B (colore giallo) per il Canale Fossamastra

L'art. 12 delle Norme di Piano, in merito alle fasce inondabili, al comma 2 riporta quanto segue:

*Sono individuate le seguenti categorie di aree relative alla pericolosità idrogeologica:*

*a) Fasce di inondabilità («Aree AIN»): sono individuate nella Tav.9 “Carta delle fasce di inondabilità” ed articolate nel modo seguente:*

- 1. Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni;*
- 2. Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni;*
- 3. Fascia C – pericolosità bassa (Pi1): ... omissis ...*

*... omissis ...*

In merito alla disciplina da rispettare all'interno delle fasce inondabili si riporta quanto segue (Art. 15 Norme di Piano):

- 1. Nelle fasce di inondabilità di cui alla lett. a), comma 2, dell'art. 12, vigono le seguenti norme. Resta fermo che qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.*
- 2. Nella fascia A, fermo restando che gli interventi ammessi sul patrimonio edilizio esistente non devono comunque aumentarne la vulnerabilità rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e non devono comportare cambi di destinazione d'uso, che aumentino il carico insediativo anche temporaneo, non sono consentiti:*
  - a. interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste nel Piano stesso e nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra;*
  - b. l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone, salvi gli*

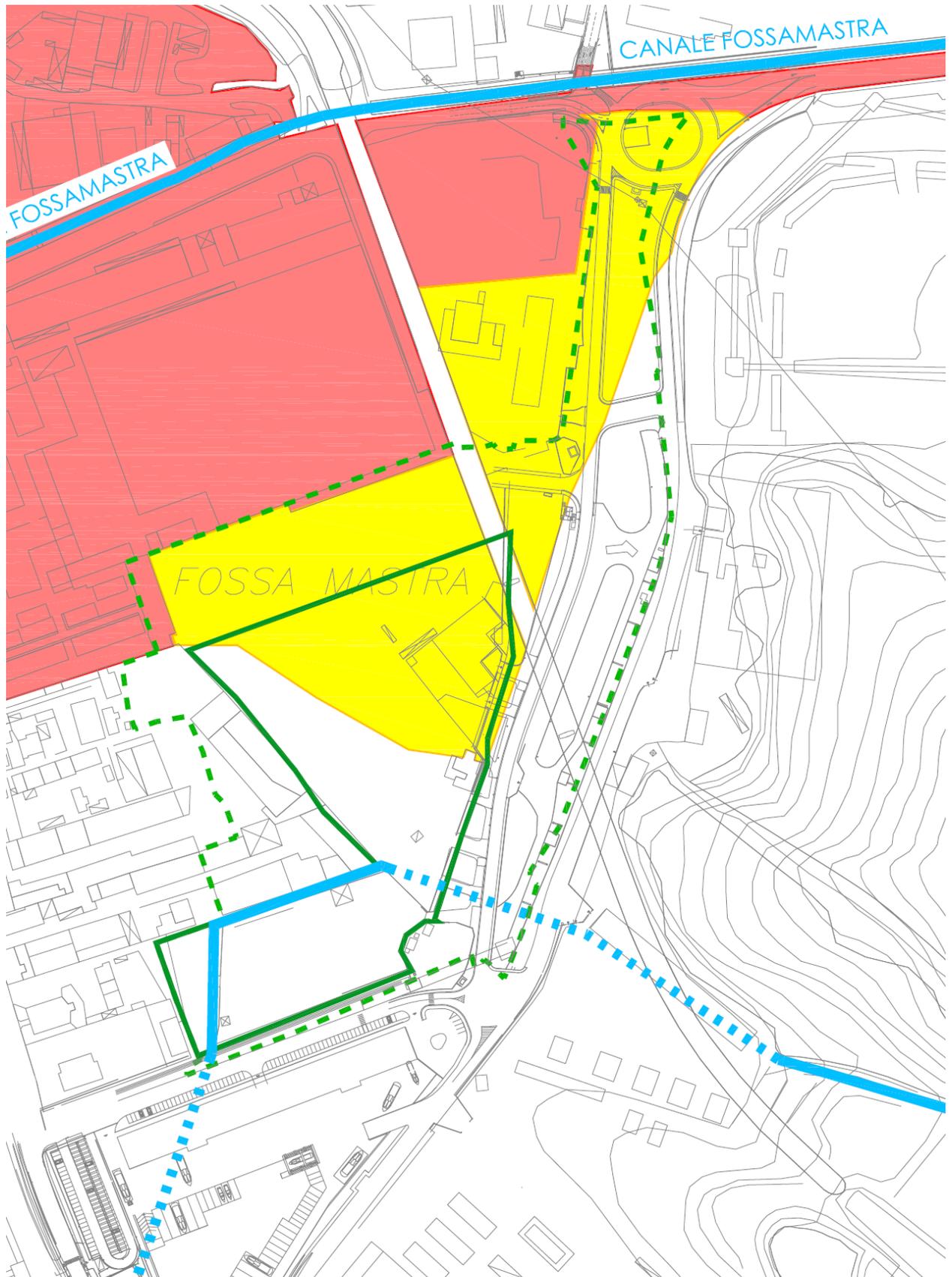
*interventi inseriti nell'ambito di parchi urbani o di aree di verde attrezzato, come individuati dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, i cui progetti prevedano l'assunzione delle azioni e delle misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile, purché corredati da parere positivo dell'Ufficio regionale competente;*

- c. la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi necessari ai fini della tutela della pubblica incolumità e quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile*
- d. interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.*

**3. Nella fascia B non sono consentiti:**

- a) gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, come definita dalla lett. e), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento, e purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile;*
- b) interventi di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia, come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, purché non aumentino la vulnerabilità degli edifici stessi rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e di accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile;*
- c) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica 15, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.*

*... omissis ...*



**Figura 9:** Perimetrazione delle aree inondabili del Canale Fossamastra (fascia di inondabilità A: colore rosso – eventi di piena con TR50 anni e della fascia di inondabilità B: colore giallo – eventi di piena con TR200 anni) e dei distretti di trasformazione (API5 e API5/a) e indicazione del reticolo idrografico (base CTR Regione Liguria scala 1:5.000).

In relazione ai dettami dell'Art. 15, comma 3, lettera a) delle Norme di Piano, sopra riportato, e con particolare riferimento al passo in cui sono citate **aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento** si fa presente che la Regione Liguria ha emanato i "Criteri di definizione degli ambiti normativi relativi alle fasce di inondabilità dei piani di bacino regionali in funzione dei tiranti idrici e della velocità di scorrimento ad integrazione della D.G.R. 357/01" (approvati con D.G.R. 250 del 15.02.2005), successivamente aggiornati con i "Criteri per la individuazione di aree a minor pericolosità relativa e di ambiti normativi nella Fascia B dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico" (allegato alla D.G.R n.91 del 01/02/2013), criteri che meglio definiscono il concetto di "minor pericolosità" richiamato all'interno delle norme di Piano.

Si riportano di seguito passi salienti dei criteri in parola ritenuti significativi ai fini della definizione delle aree a minore pericolosità idraulica in Fascia B.

#### D.G.R. 250 del 15.02.2005

#### PREMESSA

*I criteri regionali, ..., prevedono che, ... , il livello "standard" di individuazione della pericolosità idraulica sia rappresentato dalla individuazione delle cosiddette "fasce di inondabilità", che rappresentano porzioni di territorio esterne all'alveo caratterizzate da uguale probabilità di inondazione. In particolare la normativa regionale prevede l'individuazione di 3 fasce di inondabilità, che corrispondono a tre tempi di ritorno della piena di riferimento, rispettivamente pari a 50, 200, e 500 anni.*

*Questa impostazione si basa sulla consolidata assunzione che un evento di inondazione sia tanto più pericoloso quanto più è frequente; la pericolosità idraulica, pertanto, è attualmente legata al solo tempo di ritorno  $T$  della piena di riferimento, il quale fornisce una stima del valore di portata che può venire mediamente superato ogni  $T$  anni.*

*I criteri regionali, peraltro, prevedono la possibilità di individuare, sulla base di opportuni approfondimenti, all'interno delle aree inondabili ad assegnato tempo di ritorno, aree che risultino a "minor pericolosità relativa", sulle quali prevedere una disciplina più adeguata che consenta possibilità edificatorie diversificate rispetto a quelle ammesse nelle rispettive fascia di inondabilità.*

...

#### CRITERIO DI ERICOLOSITA' RELATIVA

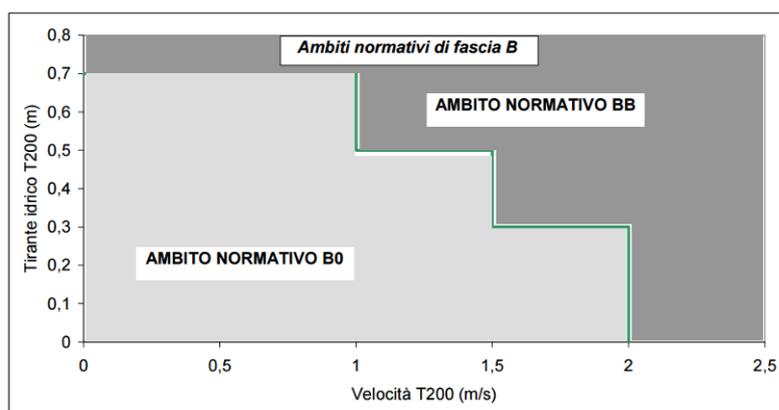
...

*In particolare il criterio fondamentale assunto come riferimento è basato sulla determinazione di soglie idrodinamiche di pericolosità fondate sul concetto di spinta tollerabile condizionata all'energia specifica, considerando l'azione meccanica di una corrente in termini di spinta e di energia. L'applicazione di tale criterio porta alla definizione della relazione tirante-velocità associato ad una spinta assegnata condizionata dall'energia specifica. In merito ai valori di spinta tollerabile, in base ai risultati sperimentali e alle diverse prescrizioni ricavabili dalla letteratura, è stato assunto il valore di 1500 N/m quale rappresentativo della bassa pericolosità, mentre al superamento di un valore di circa 2500 N/m, si realizzano invece condizioni di alta pericolosità ...*

## AMBITI NORMATIVI DI FASCIA B

In coerenza con l'impostazione generale sopra delineata, sulla base della valutazione dei valori massimi di tiranti idrici e velocità di scorrimento per la portata 200-ennale:

- si individuano le aree corrispondenti alle aree ad "alta pericolosità relativa", ..., che vengono individuate come ambito normativo BB;
- si classificano le restanti aree, che rappresentano quindi ... aree inondabili a T200 con tiranti e velocità caratteristici di condizioni di bassa e media pericolosità relativa, come ambito normativo B0.



### Fascia B – individuazione ambiti BB Evento di piena per T= 200 anni

$V_{200} < 1 \text{ m/s}$	$h_{200} \geq 0,70 \text{ m}$
$1 \text{ m/s} \leq V_{200} < 1,5 \text{ m/s}$	$H_{200} > 0,50 \text{ m}$
$1,5 \text{ m/s} \leq V_{200} < 2 \text{ m/s}$	$h_{50} > 0,30 \text{ m}$
$V_{50} \geq 2 \text{ m/s}$	$h_{50} > 0 \text{ m}$

Figura 10: Regione Liguria – D.G.R. 250 del 15.02.2005 – Soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico locale  $h_{200}$  condizionato alla velocità locale della corrente  $v_{200}$  ai fini della definizione degli ambiti normativi in fascia B

## AMBITI NORMATIVI IN ASSENZA DI VALUTAZIONI SULLE VELOCITÀ

Anche sulla base di studi idraulici di supporto caratterizzati da un minor grado di approfondimento della modellistica matematica, è possibile procedere ad una prima verifica che consenta di addivenire all'individuazione delle zone A0 e B0 e dei conseguenti ambiti normativi AA e BB. Purché lo studio idraulico di supporto abbia comunque caratteristiche di sufficiente approfondimento, tali da permettere l'individuazione dell'entità dei tiranti idrici massimi all'interno delle aree inondabili stesse, e purché una valutazione, anche di massima, permetta di garantire che non vi si possano realizzare velocità elevate, in particolare superiori a circa 2 m/s, si può procedere alla redazione della carta degli ambiti normativi classificando, infatti, le zone A0 e le zone B0 quali quelle in cui si verificano valori dei tiranti massimi, rispettivamente 50ennali e 200ennali inferiori a 0,30m, in quanto soglia che, anche nei vari metodi esaminati, individua condizioni di pericolosità modeste.

## NORMATIVA ASSOCIATA AGLI AMBITI NORMATIVI

... A tale proposito si specifica quindi che: 1) Ove non si proceda alla individuazione degli ambiti normativi (AA, BB, B0), rimangono in vigore le consuete norme delle fasce inondabili (A, B). Si specifica che, a riguardo della disciplina di fascia B come attualmente vigente, la quale prevede la possibilità di nuova edificazione e ristrutturazione urbanistica prevista in tessuto urbano consolidato o da completare, con parere della Provincia, se ricadenti nelle c.d. aree a minor pericolosità, tali aree vanno determinate con riferimento alle condizioni di tirante idrico e velocità di scorrimento indicate nel presente documento (Figura 3) ....

Allegato alla D.G.R. n.91 del 01/02/2013

**PREMESSA**

...

*In particolare, è stato ritenuto necessario che per la fascia A, corrispondente alle aree a più alta pericolosità idraulica in quanto inondabili a T=50 anni, debba essere sempre applicata la normativa ordinaria di fascia A, di cui al testo integrato dei criteri ex DGR 1265/2011. È stata pertanto prevista l'eliminazione della possibilità di individuazione di aree a minor pericolosità nella fascia A, tali da consentire una riclassificazione della stessa a fascia B, come previsto dalla DGR 250/2005.*

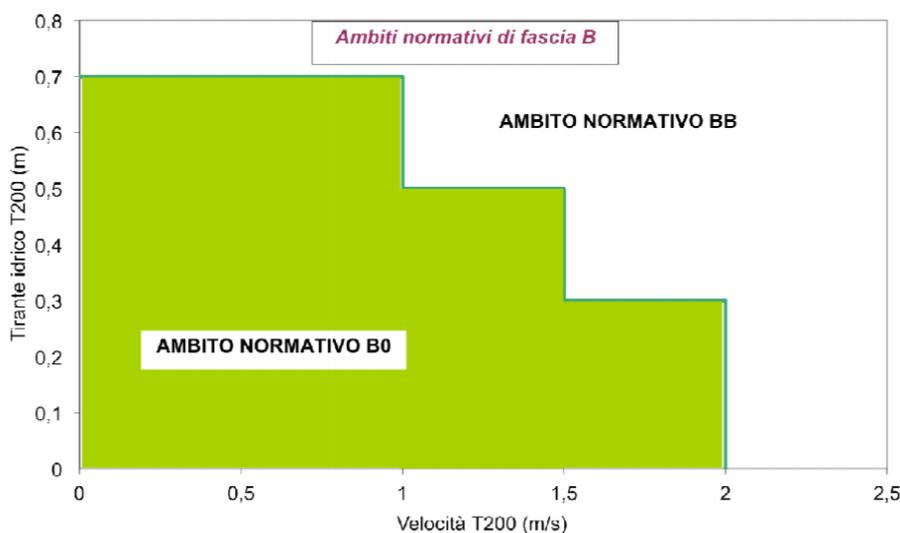
*Si è ritenuto inoltre necessario aggiornare il criterio tecnico di "minor pericolosità" da applicarsi in fascia B, sulla base dei criteri vigenti dal 2001, nell'obiettivo di privilegiare gli studi di dettaglio a scala di bacino o riguardanti tratti significativi di corso d'acqua, in quanto maggiormente affidabili rispetto a studi locali finalizzati alle singole edificazioni.*

*Il presente documento rappresenta l'aggiornamento dei criteri ex DGR 250/2005 che si intendono pertanto superati.*

**DETERMINAZIONE DEGLI AMBITI NORMATIVI DI FASCIA B NEL PIANO DI BACINO.**

**a) Cartografia degli ambiti normativi di fascia B**

*All'interno della fascia B possono essere individuate, sulla base delle caratteristiche dell'inondazione a T=200 anni, come già previsto dai criteri ex DGR 250/2005, aree a "minor pericolosità relativa", B0, nelle quali sia consentito procedere ad interventi di nuova edificazione e di ristrutturazione urbanistica con la messa in opera di accorgimenti tecnico-costruttivi efficaci per il non aumento del rischio accompagnati dalle adeguate misure di protezione civile. Sulle restanti aree, BB, rimane appropriata la normativa generale di fascia B. In continuità con quanto previsto nei criteri ex DGR 250/2005, le aree B0 sono individuate con il criterio di cui alla figura e tabella seguenti.*

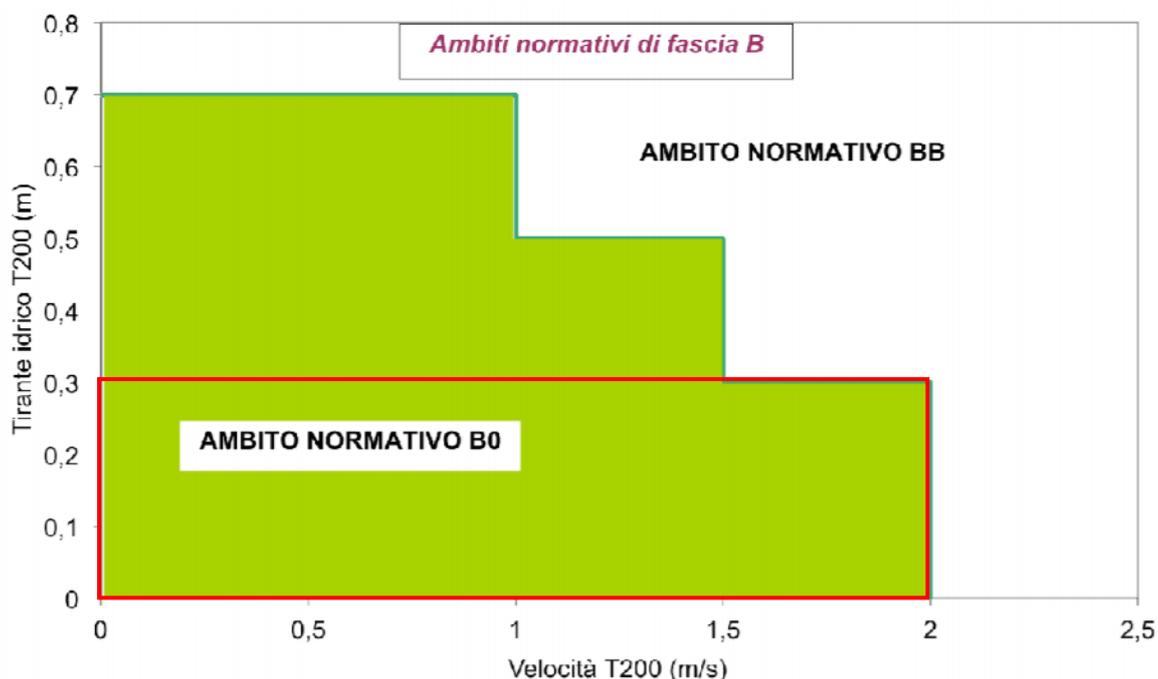


**Figura 11:** Regione Liguria – D.G.R. n.91 del 01/02/2013 – Soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico locale  $h_{200}$  condizionato alla velocità locale della corrente  $v_{200}$  ai fini della definizione degli ambiti normativi in fascia B

## APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA DI FASCIA B PER AREE A MINOR PERICOLOSITÀ

Laddove non si proceda alla individuazione degli ambiti normativi BB e B0 di cui al precedente punto 1), la disciplina di fascia B come attualmente vigente, prevede in ogni caso per le c.d. “aree a minor pericolosità”, come da art. 15, c. 3, lett. a), la possibilità di nuova edificazione e ristrutturazione urbanistica in tessuto urbano consolidato o da completare, previo parere della Provincia da esprimere caso per caso. Fermi restando gli interventi comunque ammessi nella fascia B, indipendentemente dall'entità di tiranti e velocità, come da art. 15, c.3, lett b) e c), tenuto conto che studi locali o limitati a ristrette aree interessate dalla previsione di nuove edificazioni non possono dare garanzie di affidabilità pari a quello di uno studio complessivo (per cui si ricadrebbe nella fattispecie del punto 1.) per la definizione di aree a minor pericolosità si fa riferimento alla soglia massima di 30 cm per il massimo tirante idrico, purché sia comunque verificato, anche con stime speditive, che l'entità delle velocità massime sia inferiore ai 2 m/s. .

Per quanto sopra esposto, al fine di verificare la minore pericolosità della porzione di fascia di inondabilità B che interessa parte delle aree a P.U.O., senza procedere alla individuazione degli ambiti normativi BB e B0 ma restringendo la valutazione alle aree di interesse, si farà riferimento al criterio previsto in tale fattispecie dalla D.G.R. n.91 del 01/02/2013, ovvero: “soglia massima di 30 cm per il massimo tirante idrico, purché sia comunque verificato, anche con stime speditive, che l'entità delle velocità massime sia inferiore ai 2 m/s”, criterio che a titolo di completezza è rappresentato graficamente nell'immagine che segue (Figura 12).



**Figura 12:** Limiti di tirante e velocità per la definizione delle aree a minor pericolosità idraulica Art. 15, comma 3, lettera a), nel caso in cui non si proceda all'individuazione degli ambiti BB e B0 ma la valutazione risulti limitata a ristrette aree interessate dalla previsione di nuove edificazione

### 3 FOSSO PAGLIARI

#### 3.1 STATO DI FATTO E FASCE DI RISPETTO

L'area Tarros all'interno del Distretto di Trasformazione API5 (sub-distretto API5/a) è attraversata da un corso d'acqua tributario del Fosso Pagliari (CD "Fosso di Pagliari B") che, come evidenziato al § 2.2.1, ha caratteristiche di superficie tali da rientrare all'interno della categoria dei corsi d'acqua di terzo livello o minore. La carta del reticolo idrografico (vedi Figura 13-b) evidenzia in particolare come la parte di detto Fosso che interessa le aree Tarros risulti a cielo aperto (vedi Figura 13-a), mentre le tratte a monte ed a valle della stessa risultano per contro interrate.



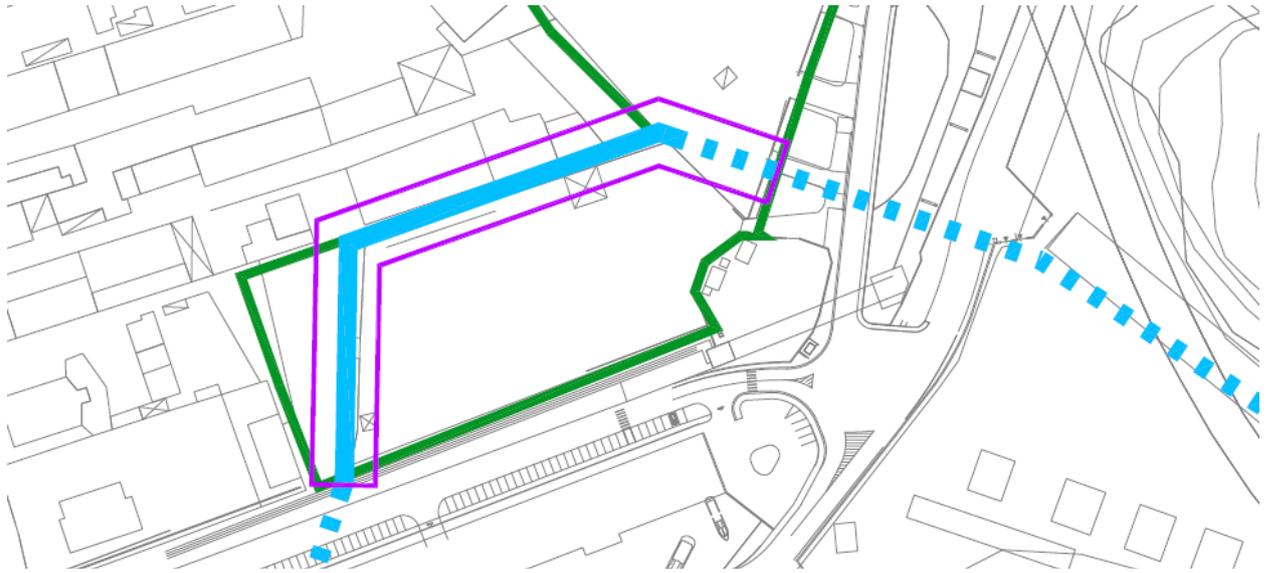
**Figura 13:** (a) Ripresa fotografica della tratta a cielo aperto del Fosso Pagliari B presente all'interno delle aree Tarros e (b) sovrapposizione del reticolo idrografico relativo al Fosso Pagliari e suo tributario con la CTR Regionale in scala 1:5.000 (anno 2000)

Nel Progetto di Trasformazione delle aree Tarros, con specifico riferimento alle aree attraversate del Fosso di Pagliari B, dovrà pertanto essere considerata la normativa di settore vigente (Art.8 delle Norme di Piano, vedi precedente § 2.2.1), che prevede quanto segue:

*“Relativamente ai tratti dei corsi d'acqua, che non hanno formato oggetto di studi idraulici finalizzati alla individuazione delle fasce di inondabilità, ..., è stabilita altresì una fascia di rispetto, ... , come di seguito articolata:*

**10 metri per i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti come minori”**

Tale fascia di rispetto, così come rappresentata a titolo indicativo in Figura 14, dovrà pertanto essere tenuta in debita considerazione nel citato Progetto di Trasformazione.

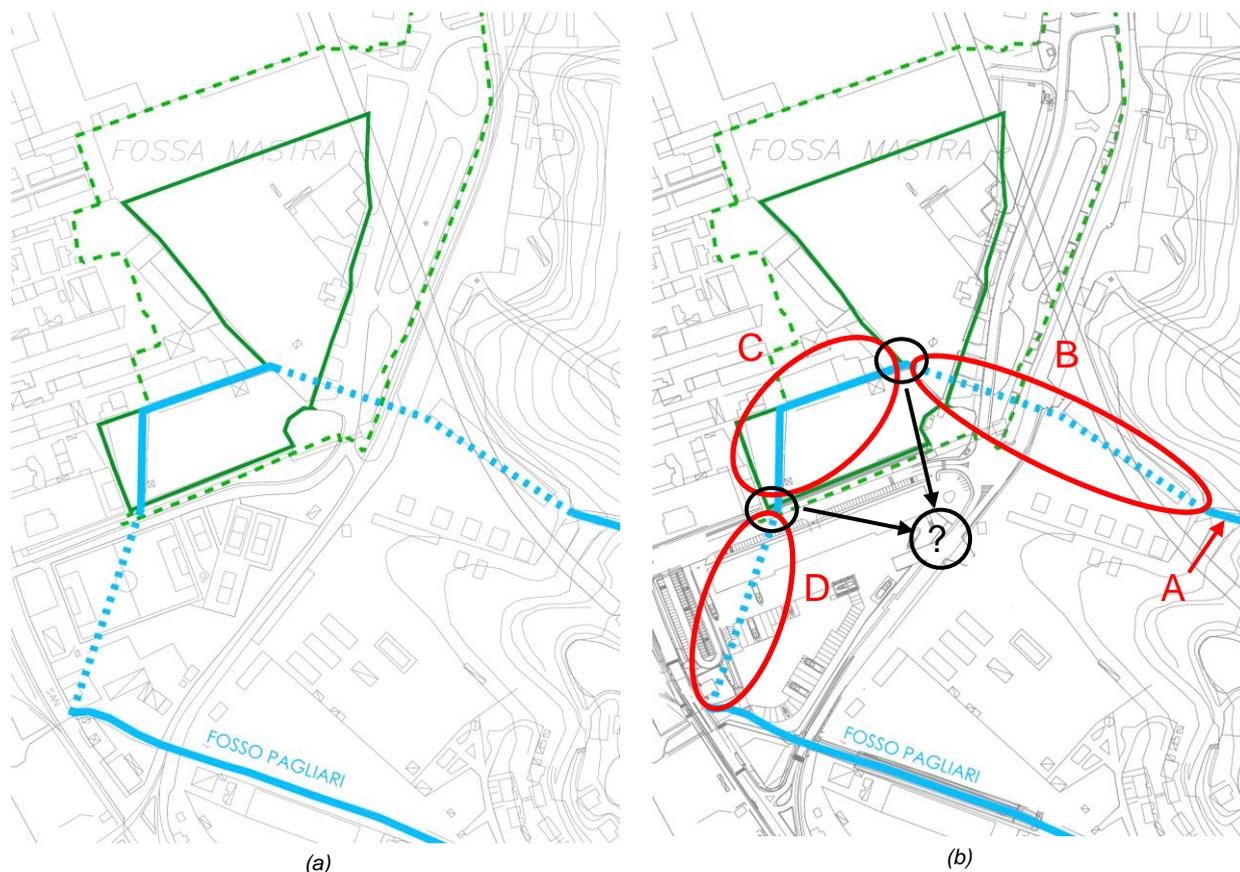


**Figura 14:** Planimetria con indicazione della fascia di rispetto da considerare in relazione al tratto del Fosso Pagliari B che transita all'interno delle sub-distretto API5/a (cd "aree Tarros")

### 3.2 APPROFONDIMENTI IN CORSO E FUTURI

Si ritiene doveroso evidenziare che la carta del reticolo idrografico prodotta dall'Autorità di Bacino Regionale riporta i corsi d'acqua su una base cartografica non aggiornata: la CTR Regione Liguria realizzata a partire da voli fotogrammetrici del 1999 ed ultimata nell'anno 2000 (Figura 15-a). Benché tale cartografia mantenga un indubbio valore descrittivo generale, con particolare riferimento all'orografia territoriale, essa non tiene conto delle modificazioni locali che sono intervenute nel corso degli anni successivamente alla realizzazione della carta e che, per il tessuto urbano in esame, sono risultati peraltro rilevanti.

Proprio all'interno dell'area studiata si evidenzia infatti un importante cambiamento che ha visto la realizzazione di una nuova darsena per la nautica minore e da diporto e di una struttura ospitante attività produttive ad essa connesse, oltre che uffici ed altri esercizi professionali. Il complesso della darsena Pagliari sorge in un'area in cui era presente in precedenza un impianto sportivo e al di sotto del quale era indicato il transito, mediante condotta interrata, del tratto terminale del Fosso Pagliari B (Figura 15). Vista la rilevanza dei lavori condotti per la costruzione della nuova darsena, e considerate le evidenze di campagna relative alla sezione terminale del tratto C in cui non appare chiara l'esistenza e la natura di una connessione idraulica con un successivo tratto interrato, è ragionevole pensare che detto corso d'acqua, nel tratto terminale citato (tratto D di Figura 15), possa non presentare più l'andamento planimetrico ufficialmente cartografato.



**Figura 15:** Sovrapposizione del reticolo idrografico relativo al Fosso Pagliari e suo tributario con: (a) la CTR Regionale in scala 1:5.000 anno 2000; (b) la CTR Regionale anno 2007 integrata con il rilievo della nuova darsena ed opere connesse. Nell'immagine (b) sono stati evidenziati i differenti tratti del Fosso di Pagliari B (Interrati ed a cielo aperto) e indicati i punti dove le connessioni idrauliche tra le differenti tratte sono dubbie ed in relazione alle quali sono in corso di svolgimento specifici approfondimenti a cura dell'Amministrazione Comunale.

Inoltre si segnala che sono attualmente in corso di svolgimento a cura dell'Amministrazione Comunale specifiche attività di indagine relativamente all'altro tratto interrato del Fosso Pagliari, ovvero quello transitante sotto l'area denominata delle "Casermette" (oggetto di un altro progetto di trasformazione urbanistica) al fine di definire compiutamente le caratteristiche dimensionali ed il reale andamento planimetrico della suddetta parte interrata (tratto B di Figura 15) e di verificare l'esistenza effettiva di un collegamento idraulico tra il tratto B ed il tratto a cielo aperto C (Figura 15), collegamento che le evidenze di campagna non consentono di confermare, configurando pertanto la possibilità che il tratto a cielo aperto C (Figura 13) sia non già di un tratto di reticolo idrografico quanto piuttosto di un canale di drenaggio urbano delle acque meteoriche provenienti dalle aree limitrofe.

Una volta completati gli approfondimenti e le ispezioni atte a definire in maniera precisa ed esaustiva l'attuale andamento della rete di deflusso delle acque provenienti dal bacino del Fosso Pagliari B potranno essere valutate eventuali possibili modificazioni alla vincolistica attualmente vigente sulle aree Tarros oggetto di trasformazione (§ 3.1) e, conseguentemente, alle relative previsioni urbanistiche.

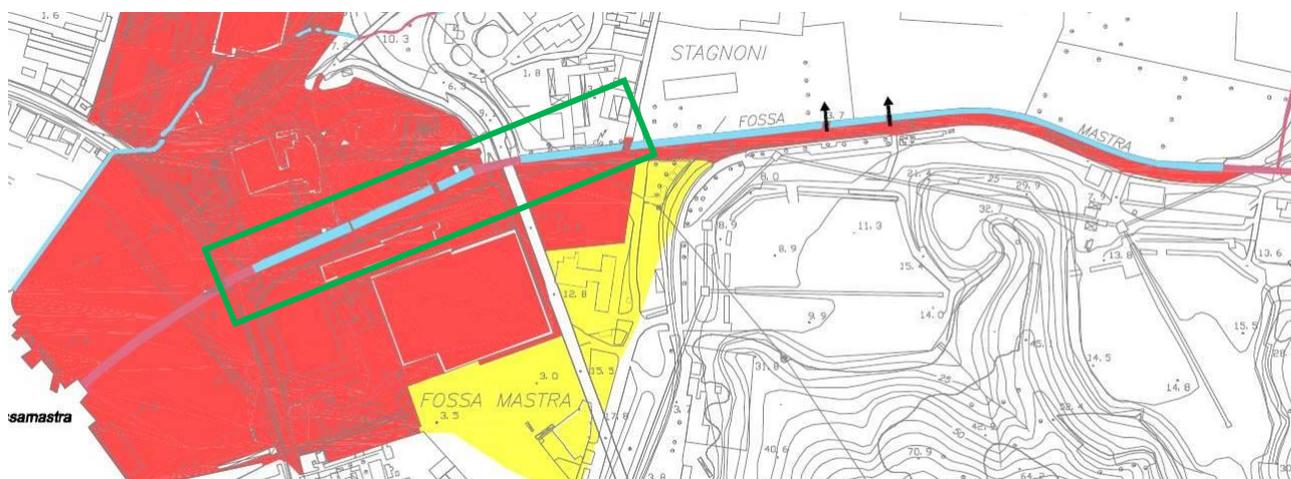
## 4 CANALE FOSSAMAISTRA

In considerazione della natura ed estensione delle fasce inondabili relative al Canale Fossamastra di cui al precedente § 2.2.2 sono stati condotti specifici approfondimenti di natura topografica ed idraulica atti a definire un ipotetico ma verosimile scenario di allagamento delle aree relative al sub-distretto API5/a (area Tarros) in relazione a eventi di piena con tempo di ritorno duecentennale.

Le attività condotte in particolare hanno visto la realizzazione di studi e modellazioni idrauliche a scala locale del Canale Fossamastra per analizzare lo stato attuale delle condizioni di deflusso in alveo della portata con tempo di ritorno duecentennale e valutare possibilità e livello di interessamento delle aree Tarros da parte delle acque esondate. Nello specifico sono state condotte modellazioni monodimensionali in condizioni di moto permanente mediante l'impiego del software HEC-RAS (descritto in Appendice), le cui risultanze sono state impiegate per condurre analisi semplificate di carattere bidimensionale sullo spandimento delle acque esondate nelle aree limitrofe in relazione all'attuale topografia dei luoghi.

### 4.1 INTERVENTI RECENTEMENTE REALIZZATI

Anche per quanto attiene il Canale Fossamastra sono intervenute negli ultimi anni significative modificazioni dello stato dei luoghi. In particolare si rileva come siano state realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico lungo la sua asta idrica tra il Ponte di Via Privata Oto e Viale San Bartolmeo (Figura 16).



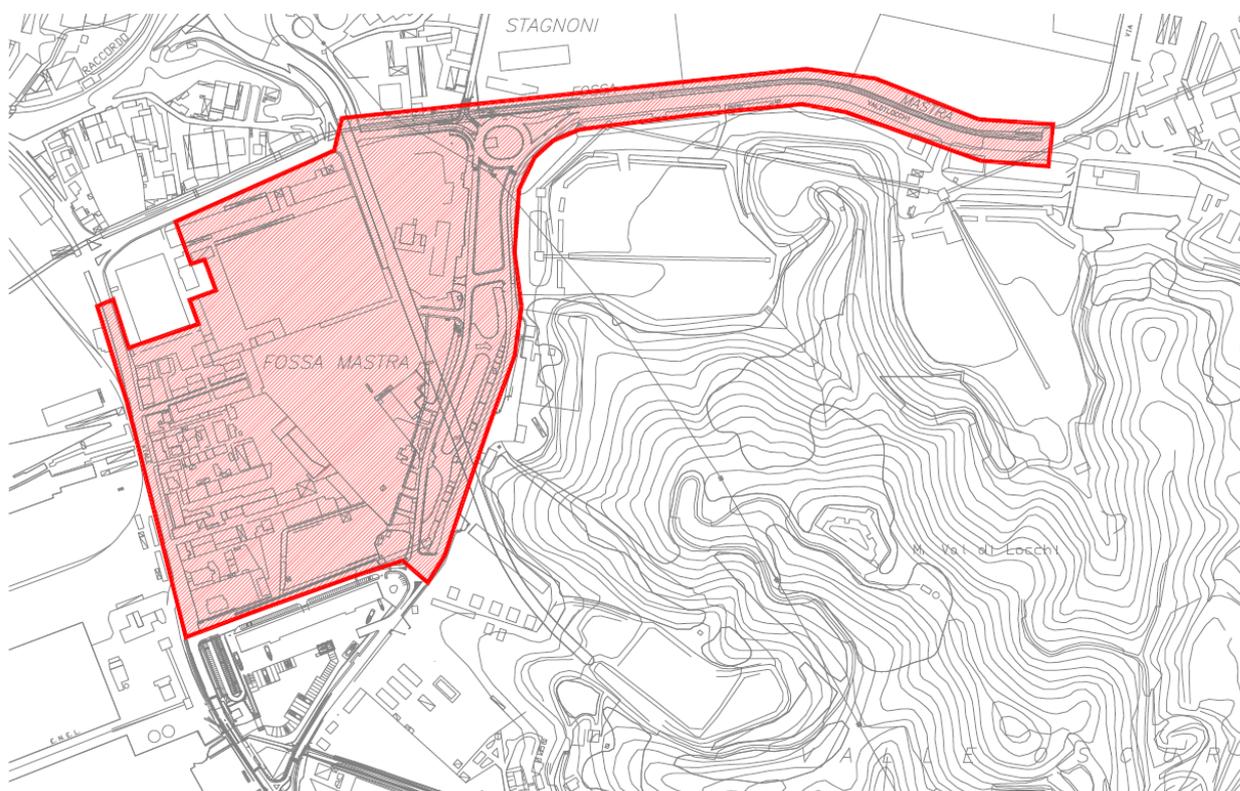
**Figura 16:** Regione Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Stralcio della Tavola 9 “Carta delle aree inondabili” per il Canale Fossamastra ed indicazione del tratto di asta idrica interessato da interventi di miglioramento idraulico (colore verde).

Tali opere per il “*miglioramento idraulico del Tratto del Canale Fossamastra compreso tra il ponte di Via Privata Oto e Viale San Bartolmeo*” (progetto a cura dell’R.T.P. IDRO.GEO.Ingegneria, EPTA consult s.c.r.l., Ing. Blangero) sono state realizzate dal Comune della Spezia – Dipartimento II – Servizi Tecnici e Opere Pubbliche e sono volte a consentire il transito in alveo della portata duecentennale di progetto, con opportuni franchi idraulici rispetto alle sponde ed agli attraversamenti, e relativa riduzione delle fasce inondabili con particolare riferimento all’area A (Rossa), interessata da eventi di piena con tempo di ritorno cinquantennale. Le modificazioni alle fasce inondabili non sono state tuttavia pubblicate

all'interno della relativa cartografia vigente fruibile del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale, in quanto risulta ancora da completare un lotto di interventi programmato e previsto per il tratto terminale del Canale Fossamastra, prima dello sbocco a mare ed al di sotto di Viale San Bartolomeo. Allo stato attuale permangono quindi le disposizioni normative relative alla fasce inondabili adottate all'entrata in vigore del PAI e non consideranti le nuove opere idrauliche.

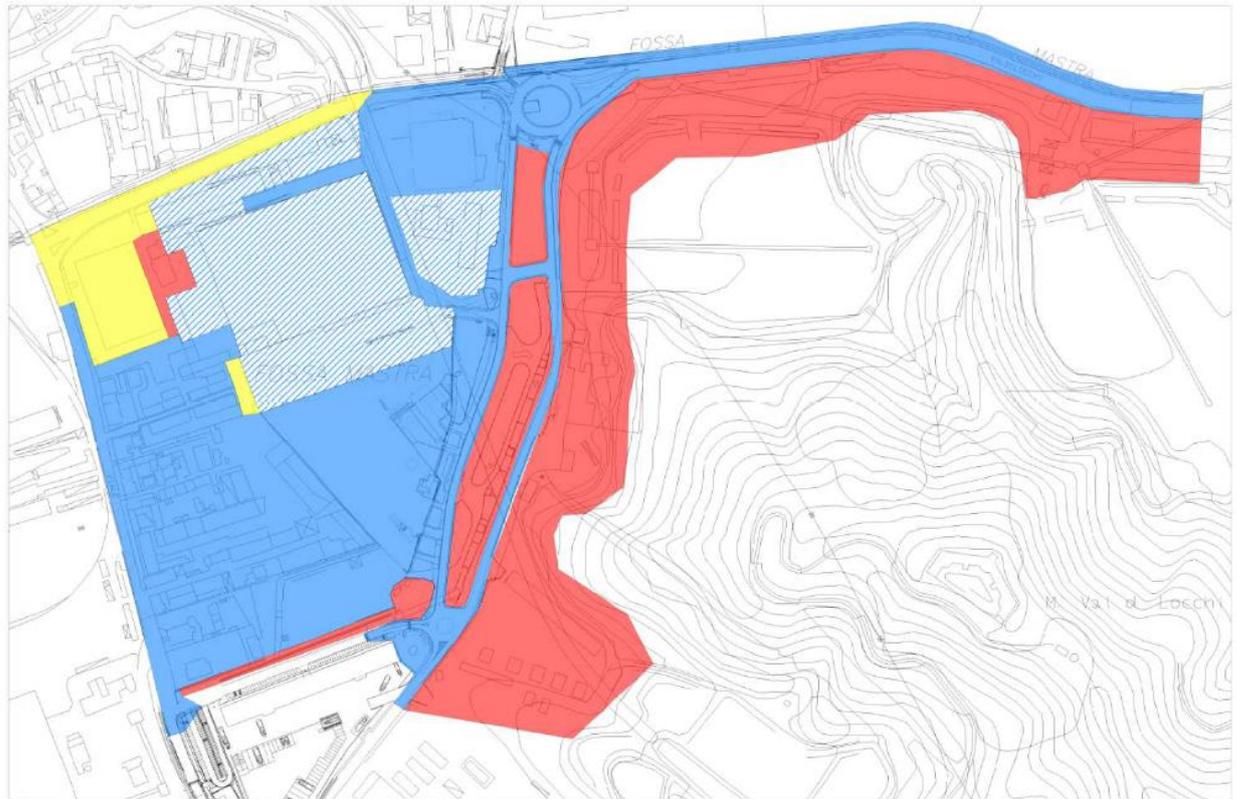
## 4.2 RILIEVI ED APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI

La modellazione di fenomeni idraulici non può prescindere da un idoneo rilievo topografico che definisca in maniera precisa e dettagliata lo stato attuale dei luoghi interessati dal potenziale scorrimento delle acque. A tale scopo è stato condotto un rilievo topografico plano-altimetrico a mezzo di stazione totale elettronica (TPS) sia all'interno del Canale Fossamastra, con la definizione di un numero congruo di sezioni d'alveo, sia nelle aree ad esso adiacenti ed in quelle potenzialmente interessate dalle acque non contenute in alveo durante l'evento di piena con tempo di ritorno duecentennale (Figura 17).



**Figura 17:** In colore rosso è indicata l'area interessata dagli approfondimenti topografici eseguiti nel corso del presente studio.

Rileva a tal proposito osservare come l'area di indagine risulti un'area fortemente antropizzata e di particolare complessità da un punto di vista topografico. Inoltre molte aree potenzialmente allagabili ricadono su terreni privati, che in alcuni casi non sono accessibili (e su cui pertanto non è stato possibile eseguire alcun rilievo), mentre in altri casi l'accessibilità è risultata comunque parziale e difficoltosa (e su cui è stato possibile eseguire unicamente rilievi speditivi a minor grado di accuratezza, vedi Figura 18).



-  Aree oggetto di rilievo diretto mediante strumentazione TPS o per cui si è reso disponibile un rilievo di adeguato dettaglio
-  Aree private parzialmente accessibili oggetto di rilievo indiretto (strumentazione laser)
-  Aree pubbliche (o private parzialmente accessibili) non rilevate e per cui non è risultato disponibile un rilievo di adeguato dettaglio
-  Aree private non accessibili non rilevate e per cui non è risultato disponibile un rilievo di adeguato dettaglio

Figura 18: Indicazione della disponibilità di rilievi topografici per le aree oggetto di studio

### 4.3 LA PORTATA DI PIENA

La portata di piena considerata per le modellazioni di deflusso è la  $Q_{200}$  associata ad un evento di piena con tempo di ritorno duecentennale, così come indicata all'interno delle Norme di Attuazione del PAI Regionale di cui si riporta l'estratto specifico:

### Canale Fossamastra

Corso d'acqua	Sezioni	Area [km <sup>2</sup> ]	t <sub>c</sub> [min]	T=50		T=200		T=500	
				Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]
C. Fossamastra	A	7.67	60		91.5		132.3		159.2
C. Fossamastra	B	6.63	45		81.2		117.4		141.3
Fosso Calcinara	C	1.29	35	26.9		30.9		33.4	
C. Fossamastra	D	5.34	45		67.9		98.2		118.1
Fosso Calcinara	E	1.07	20	24.6		28.3		30.6	
Fosso Calcinara	F	0.85	20	19.6		22.5		24.3	
Fosso Calcinara	G	0.70	20	16.1		18.5		20.0	

Figura 19: Regine Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Estratto delle Norme Tecniche di Attuazione – Allegato 2: Portate di Piena tabellate per il Canale Fossamastra.

In considerazione del tratto studiato del Canale Fossamastra, **la portata di riferimento è stata individuata nel valore di 117.40 m<sup>3</sup>/s**, ovvero quella relativa alla sez. B ubicata all'uscita del tratto tombinato poco più a valle dell'ingresso della Centrale Enel E. Montale (Figura 20).



Figura 20: Tratto studiato del Canale Fossamastra e localizzazione della sezione in cui si verifica la portata di progetto duecentennale pari a 117.40 m<sup>3</sup>/s adottata nelle simulazioni idrauliche

## 4.4 MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE

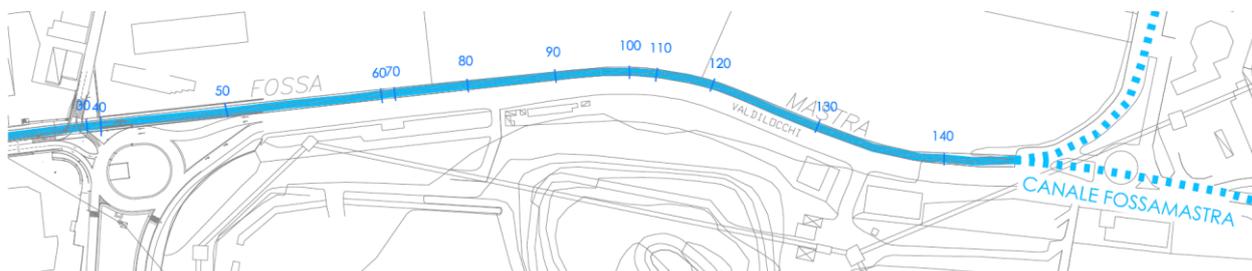
Le modellazioni monodimensionali descritte di seguito sono state condotte con i seguenti scopi:

- Verificare le attuali condizioni di deflusso in alveo della portata duecentennale ed effettuare un confronto con lo studio idraulico realizzato nell'ambito del progetto definitivo degli interventi di "Miglioramento idraulico del Tratto del Canale Fossamastra compreso tra il ponte di Via Privata Oto e Viale San Bartolmeo";
- Analizzare l'esondazione nel tratto terminale dell'asta idrica studiata (in corrispondenza della rotonda presso il supermercato Metro) per condurre una prima valutazione semplificata delle aree allagabili in termini di "soggiacenza" delle aree Tarros rispetto ai tiranti idrici delle acque esondate.

- Verificare la massima portata transitabile in alveo nell'ultima sezione prima del tratto oggetto di adeguamento idraulico (§4.1) per stimare le volumetrie di piena che possono fuoriuscire in tale settore dell'asta fluviale e condurre valutazioni di potenziale allagabilità delle aree adiacenti mediante “modellazione bidimensionale semplificata” (§ 4.6).

#### 4.4.1 VERIFICA DELLE ATTUALI CONDIZIONI DI DEFLUSSO IN ALVEO

Allo scopo di verificare le condizioni attuali di deflusso della portata di piena duecentennale all'interno del Canale Fossamastra, è stata condotta una prima modellazione idraulica che ha tenuto conto delle informazioni topografiche relative alle sezioni d'alveo rilevate (Figura 21). Per migliore comprensione attribuiamo a questa simulazione il codice SA00.



(a)



(b)

**Figura 21:** Modellazione Idraulica SA00 – (a) planimetria del tratto indagato ed ubicazione delle sezioni rilevate ed utilizzate all'interno del modello monodimensionale e (b) riprese fotografica in prossimità della prima sezione di monte, la N.140

I risultati della simulazioni, riportati per completezza in Appendice, rilevano una situazione per cui allo stato attuale l'alveo del Canale Fossamastra, lungo tutta la tratta studiata, non è in grado di smaltire la portata di progetto duecentennale.

Sulla base del modello condotto risultano dei tiranti idrici estremamente elevati (superiori a 2.00 m) lungo tutto il Canale, a partire dalle sezioni più a monte fino a quelle in prossimità della chiusura del tratto studiato. È pur vero che il modello idraulico ha natura fortemente cautelativa in quanto non ha tenuto conto della presenza della viabilità adiacente (Via Valdilocchi) dove la portata simulata avrebbe potuto esondare, occupandone la sede, e continuare a scorrere verso valle con tiranti significativamente minori.

Tale simulazione evidenzia però la congruità con le modellazioni idrauliche condotte nello studio idraulico a supporto del progetto definitivo degli interventi di “*Miglioramento idraulico del Tratto del Canale Fossamastra compreso tra il ponte di Via Privata Oto e Viale San Bartolmeo*”. Infatti, in corrispondenza della Sezione 30, ultima sezione del tratto studiato nel presente lavoro, e rilevata topograficamente (corrispondente all’inizio del tratto oggetto di interventi di adeguamento idraulico), si ha il transito di tutta la portata simulata ( $Q_{200}$ ) con un franco idraulico, tra il pelo libero e la porzione sommitale delle sponde, di circa 50 cm (Figura 22). Una condizione del tutto analoga si rileva nei risultati del modello idraulico relativo allo stato di progetto a seguito degli interventi realizzati nel Canale Fossamastra per la prima sezione di monte del tratto modellato, corrispondente proprio all’ultima sezione di valle (Sezione 30) del tratto qui studiato.

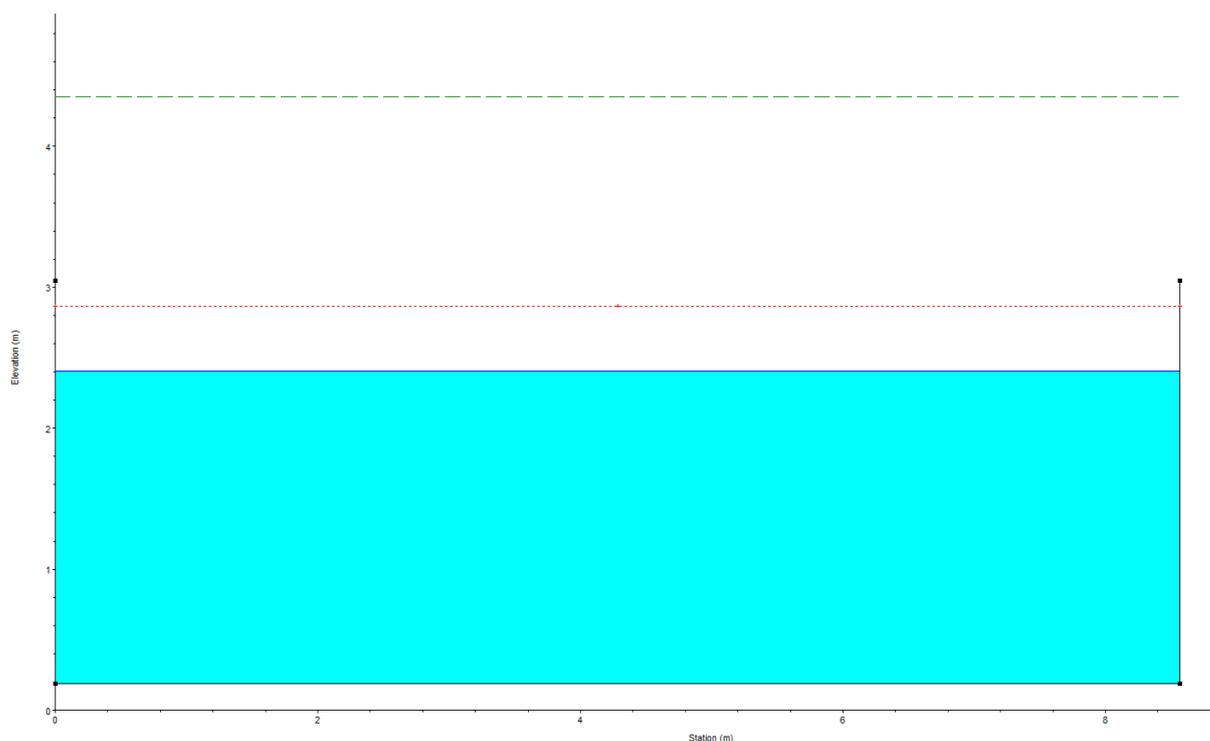


Figura 22: Simulazione SA00 – Portata  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  - Condizioni di deflusso nella sezione 30

#### 4.4.2 ANALISI DELL'ESONDAZIONE IN CORRISPONDENZA DELLE SEZIONI DI VALLE DEL TRATTO STUDIATO

Come riportato all'interno del precedente §4.4.1 la prima modellazione condotta non ha tenuto conto dell'adiacenza della strada carrabile all'alveo, che offre alle acque esondate una possibile superficie da occupare nello scorrimento verso valle.

Pertanto, al fine di definire in maniera più precisa e rispondente allo stato attuale il deflusso delle acque del Canale Fossamastra, ed indagare più realisticamente tiranti idrici in corrispondenza del suo tratto terminale, è stata integrata la geometria del modello con le informazioni topografiche in possesso.

In particolare: (a) sono state estese in sinistra idraulica tutte le sezioni comprese tra la 50 e la 140 a comprendere la superficie stradale di Via Valdilocchi, (b) sono state integrate nuove sezioni idrauliche nel tratto terminale per una sua migliore definizione e modellazione (sezioni 44, 46, 47 e 52) e le stesse, unitamente alla sezione 40, hanno ricompreso al loro interno l'area interessata dalla rotatoria in sinistra idraulica; (c) è stata rimossa la sezione 30 in quanto lo scenario di simulazione considerato prevede una condizione di deflusso lungo il tratto a monte della stessa per cui non risulta più sensato assumere nell'ambito di una simulazione 1D che (tutta) la portata di progetto possa transitare attraverso detta sezione.

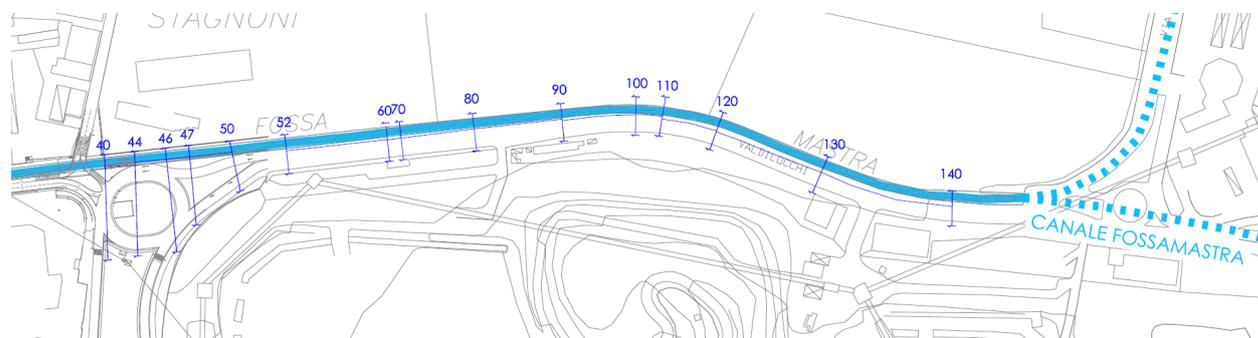
Nell'implementazione della geometria del modello sono state introdotte alcune ulteriori semplificazioni come il non aver considerato la presenza della rotatoria e degli spartitraffico stradali. Si fa presente al contempo che, tra la sezione 80 e la sezione 46, in sinistra idraulica, non è presente alcun muro, fabbricato o altro elemento di confinamento delle acque modellate ma semplicemente una recinzione, estremamente permeabile, che divide l'area stradale dalla proprietà ENEL, su cui insistono le aree di deposito carbone (Figura 23). Se si considera che tale area è evidentemente depressa rispetto al piano stradale (le quote di dettaglio non sono disponibili in quanto l'area è privata e non è risultata accessibile durante le operazioni di rilievo) è immediatamente comprensibile come nella realtà di un fenomeno di esondazione essa si comporti come zona di laminazione della portata riducendo pertanto sensibilmente il volume d'acqua che effettivamente raggiunge il tratto terminale.



**Figura 23:** Ripresa dell'area ENEL lungo Via Valdilocchi in sinistra idraulica al Canale Fossamastra. La recinzione che delimita la proprietà privata è il limite del modello idraulico monodimensionale. Si rileva una differenza di quote tra interno ed esterno, con l'area di proprietà Eneòl ,interna alla recinzione, chiaramente depressa rispetto alla quota del piano stradale.

Si è ritenuto che l'ipotesi di non considerare tale area di laminazione effettivamente esistente, trascurando al contempo la presenza della rotatoria e degli spartitraffico stradali, assuma, nel bilancio complessivo della modellazione, carattere cautelativo.

Si attribuisce alla presente modellazione il codice SB00.



**Figura 24:** Modellazione Idraulica SB00 – planimetria del tratto indagato ed ubicazione delle sezioni estese ed integrate utilizzate all'interno del modello monodimensionale

I risultati della modellazione rivelano una situazione attuale in cui, come era evidente attendersi, permane l'incapacità di smaltire in alveo tutta la portata di progetto.

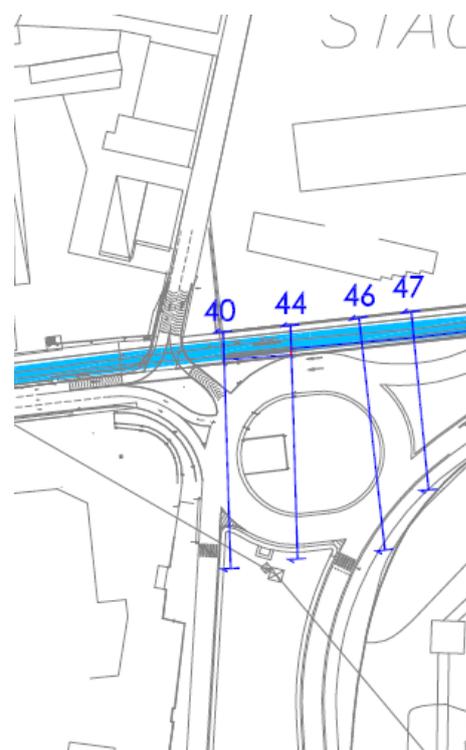
Si riducono tuttavia i tiranti idrici in tutte le sezioni di deflusso, con valori prossimi al metro per le sezioni che vanno dalla 70 alla 140 e che vanno riducendosi ulteriormente e sensibilmente per le sezioni comprese tra la 40 e la 52., in cui è ammesso un ulteriore allargamento della sezione di deflusso disponibile per effetto della presenza della rotatoria

In considerazione della topografia dei luoghi e del potenziale interessamento delle "aree Tarros" da parte delle acque esondate, si riportano di seguito le condizioni di deflusso della portate duecentennale  $Q_{200}$  per le sezioni 40, 44 e 46, ubicate in corrispondenza della rotatoria stradale in sinistra idraulica ed adiacente al Canale Fossamastra (Figura 25 ÷ Figura 28), ritenute quelle di maggiore rilevanza in relazione al potenziale allagamento delle aree Tarros a seguito del fenomeno di esondazione in esame:

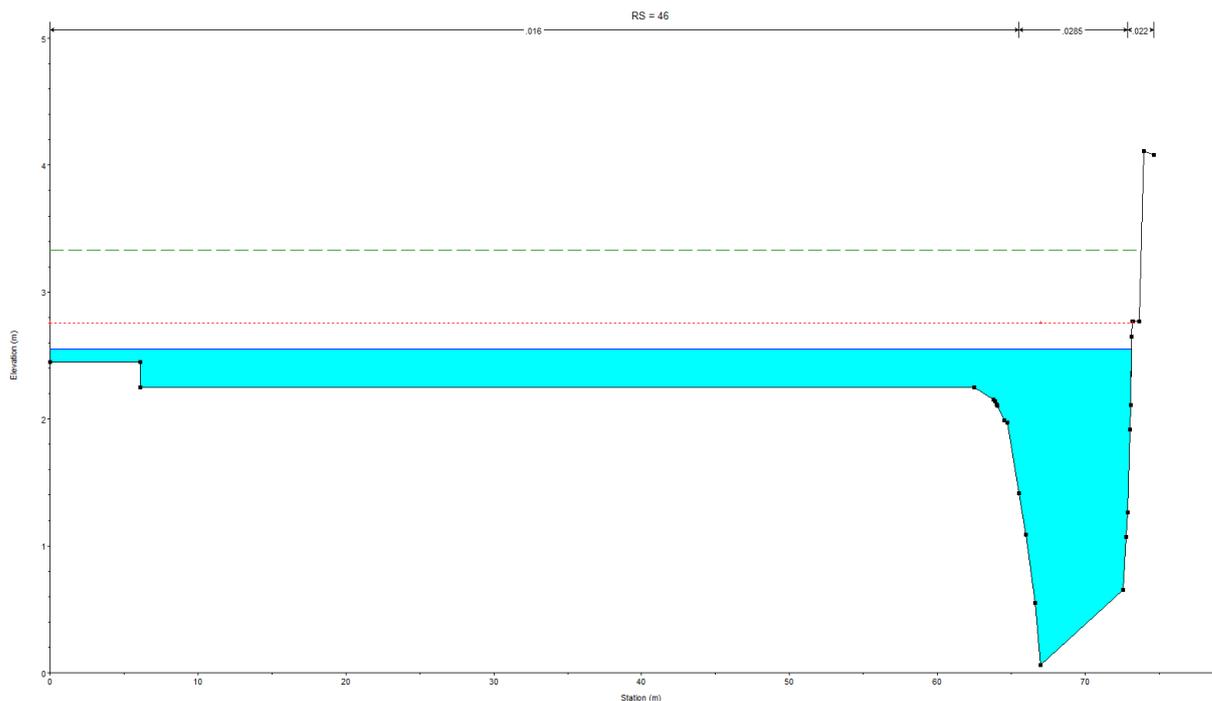
Sezione 46 – quota del pelo libero: 2.55 m s.l.m.;

Sezione 44 – quota del pelo libero: 2.43 m s.l.m.;

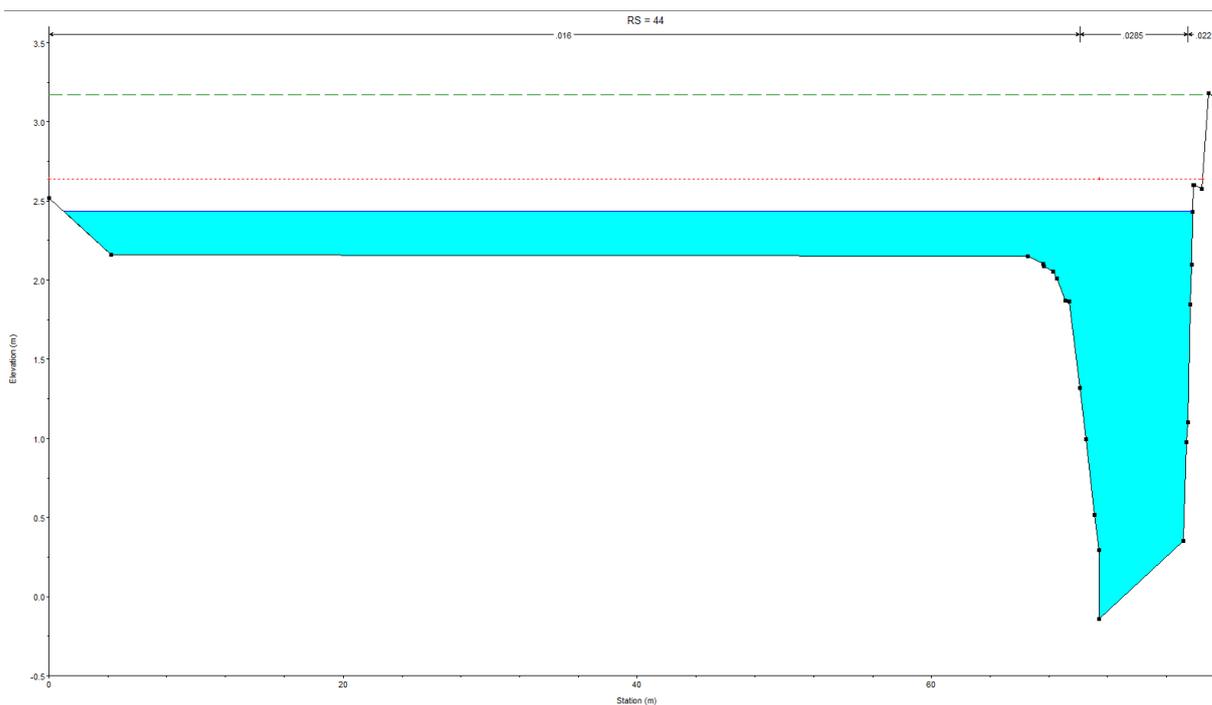
Sezione 40 – quota del pelo libero: 2.40 m s.l.m.;



**Figura 25:** Ubicazione sezioni in corrispondenza di rotatoria stradale



**Figura 26:** Modellazione Idraulica SB00 – Sezione 46 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Quota pelo libero 2.55 m s.l.m.



**Figura 27:** Modellazione Idraulica SB00 – Sezione 44 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Quota pelo libero 2.43 m s.l.m.

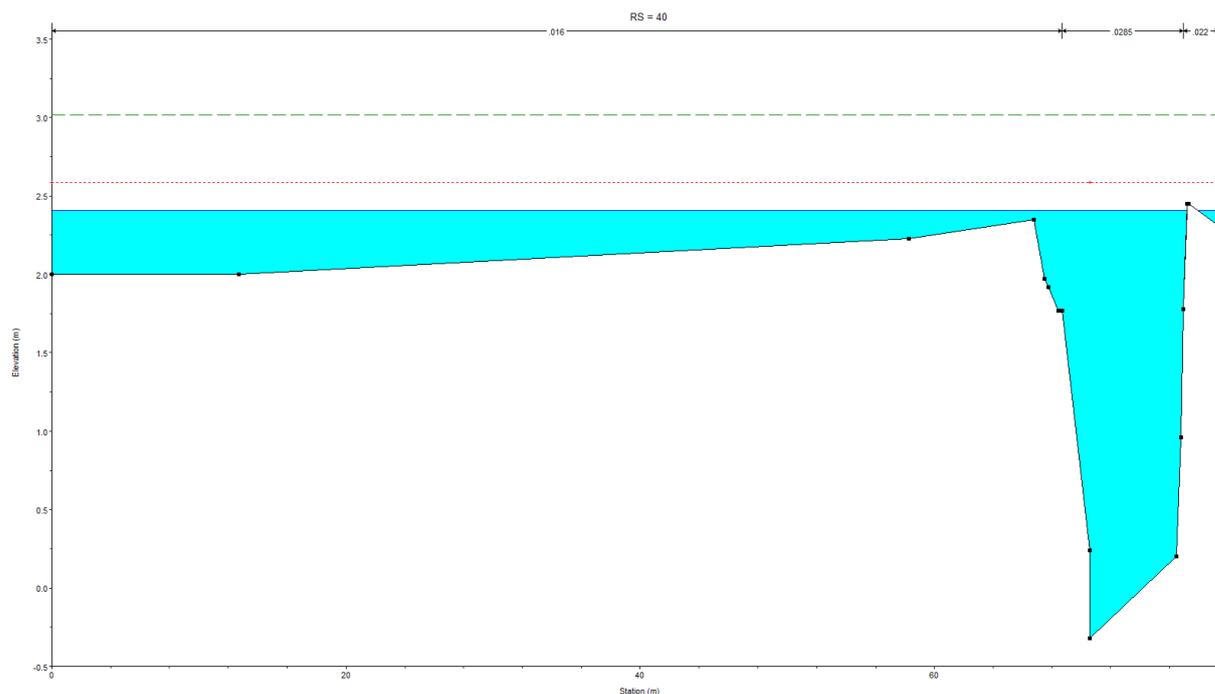
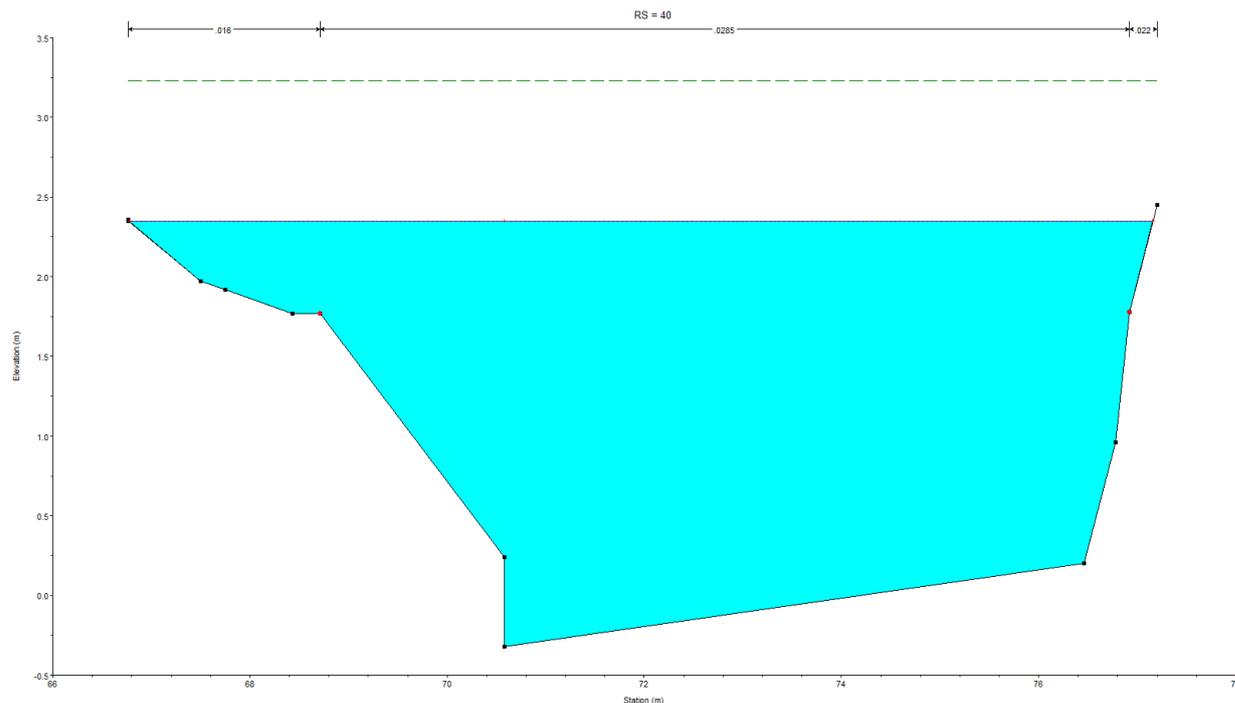


Figura 28: Modellazione Idraulica SB00 – Sezione 46 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Quota pelo libero 2.40 m s.l.m.

#### 4.4.3 VERIFICA DELLA MASSIMA PORTATA SMALTIBILE DALLA SEZ.40

E' stata condotta un'ulteriore modellazione idraulica monodimensionale finalizzata alla definizione della massima portata smaltibile dall'alveo attuale in corrispondenza della Sezione di chiusura 40. Tale modellazione ha visto la modifica della geometria delle sezioni 44, 46 e 47 nel senso della riduzione parziale dell'area disponibile in sinistra idraulica limitando la larghezza alla porzione sommitale della rotatoria adiacente al Canale Fossamastra, in modo da configurare una situazione in cui le acque seppur non contenute nel canale a monte della sez.40, potessero poi essere reimmesse e transitare in alveo in corrispondenza della stessa.

In tali condizioni ne risulta che la massima portata transitabile in alveo, senza franchi idraulici, è pari a  $75 \text{ m}^3/\text{s}$  (§ 4.4.3).



**Figura 29:** Altezza di deflusso relativa alla massima portata transitabile all'interno della sezione S40 ( $Q_{max}=75m^3/s$ , quota pelo libero 2.35m).

#### 4.5 ANALISI DELLA SOGGIACENZA RISPETTO ALL'EVENTO DI PIENA DUECENTENNALE

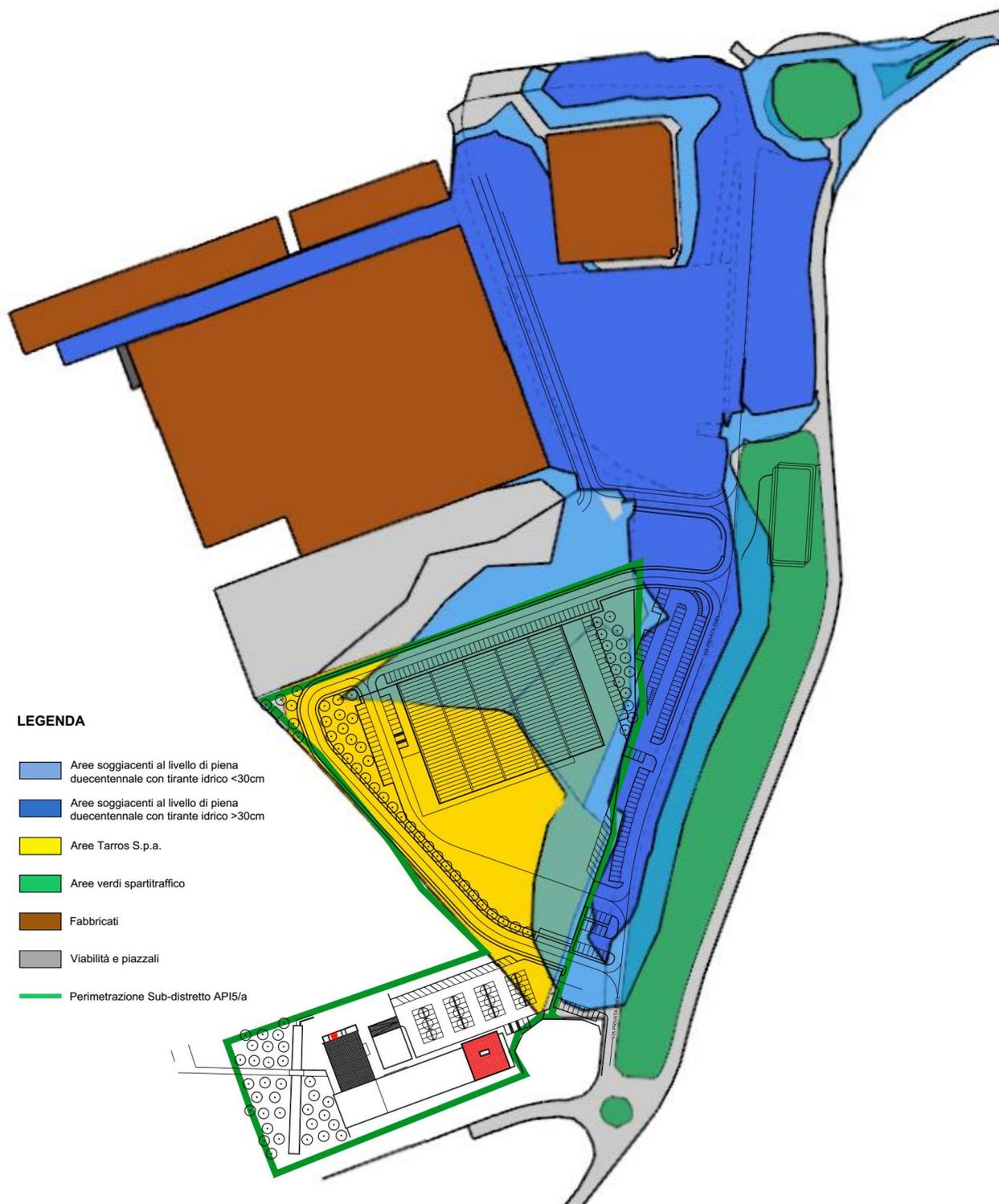
Al fine di condurre una prima valutazione sui possibili tiranti idrici nelle aree Tarros interessate dal Progetto di Trasformazione e ricadenti in Fascia B, è stata condotta un'analisi della "soggiacenza" di dette aree, e delle aree limitrofe, nei confronti del livello di piena duecentennale così come determinato nelle simulazioni 1D di cui al § 4.4.2. Il criterio della soggiacenza, in accoppiamento alle modellazioni monodimensionali, seppure presenti alcune evidenti semplificazioni rispetto ad una modellazione bidimensionale, può essere utilizzato quale prima indicazione delle aree potenzialmente allagabili e dei relativi tiranti idrici, in accordo a quanto suggerito nel documento tecnico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po dal titolo "*Mappatura della pericolosità sul reticolo idrografico principale*" (Allegato 5 alla Relazione Tecnica del Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, Gennaio 2012).

Nel caso specifico in esame, l'analisi di soggiacenza è stata condotta considerando una quota di tirante idrico pari a 2.40 m che si verifica in corrispondenza della sezione 40 (vedi § 4.4.2). Si è ritenuto che la Sezione 40 (Figura 25) fosse maggiormente significativa rispetto alle sezioni 44 e 46 in quanto topograficamente presenta delle quote del terreno inferiori e, soprattutto, è ubicata in corrispondenza della viabilità carrabile che conduce direttamente alle aree Tarros, via preferenziale per lo scorrimento delle acque esondate (mentre in corrispondenza delle altre sezioni sono presenti elementi topografici che limitano/impediscono il deflusso delle acque verso le citate aree).

Nelle mappe che seguono (Figura 30) si riportano i risultati dello studio della soggiacenza con indicazione di tutte le aree che risultano potenzialmente sommerse con

riferimento al livello idrico (nella Sez. 40) per l'evento di piena duecentennale e con individuazione, tra dette aree, di tutte quelle che presentano un livello di soggiacenza di almeno 30 cm (tiranti idrici maggiori o uguali a 30 cm).

Come desumibile dalla citata Figura, le mappe di soggiacenza prodotte evidenziano come una parte delle aree Tarros (zona Lotto C) risulti potenzialmente allagabile dell'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni (peraltro con caratteristiche geometriche in buon accordo con quanto riportato nelle cartografie PAI per la Fascia B, vedi Figura 9), ma al contempo come su tali aree allagabili i tiranti idrici risultino non superiori a 30 cm e come pertanto, sulla base di analisi di soggiacenza, dette aree possano essere ritenute a minor pericolosità idraulica ai sensi di quanto previsto dall'Art. 15, comma 3, lettera a) delle norme di attuazione del PAI (§ 2.2.2) ed in accordo al criterio di cui al § 2 dell'Allegato tecnico alla D.G.R. n.91 del 01/02/2013 (rif. § 2.2.2, Figura 12). Ai fini di una compiuta verifica del criterio di cui al sopra citato allegato tecnico resta da verificare che i valori delle velocità nelle aree interessate da un tirante idrico non superiore a 30 cm risultino opportunamente basse, ovvero inferiori a 2 m/s. La presente verifica è sviluppata nelle analisi presentate al successivo § 4.6.



**Figura 30:** Mappa di soggiacenza per le aree del sub-distretto API5/a nei confronti del livello della piena duecentennale ottenuto mediante simulazioni 1D nella sez.40, in cui sono evidenziate tutte le zone potenzialmente soggiacenti il livello di piena duecentennale differenziando le aree dove la soggiacenza si manifesta con un tirante idrico inferiore (azzurro) ovvero superiore (blu) a 30 cm

## 4.6 MODELLAZIONE "BIDIMENSIONALE" SEMPLIFICATA

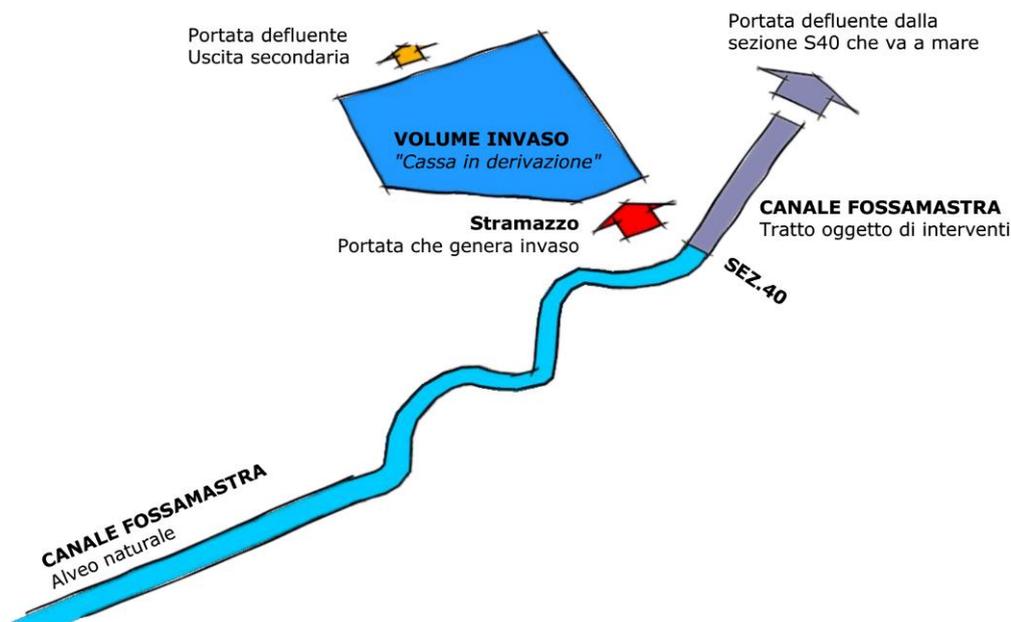
Con la presente modellazione si vuole fornire uno strumento che, seppur semplificato, consenta una valutazione più approfondita e completa rispetto al metodo della soggiacenza (4.5) del rischio idraulico sulle aree del sub-distretto API5/a in relazione al fenomeno di piena duecentennale del Canale Fossamastra, includendo anche la possibilità di effettuare una stima della velocità della corrente.

**La presente modellazione è condotta in riferimento agli eventi idraulici con tempo di ritorno pari a 200 anni.** Dove non diversamente indicato, tutti i valori di tiranti idraulici, volumi di invaso, portate e velocità sono riferiti al tempo di ritorno  $T_r=200$ anni.

Come evidenziato nello studio monodimensionale, di cui ai § precedenti, il tratto del canale Fossamastra studiato risulta fortemente critico in relazione al fenomeno di piena duecentennale; in particolare, risulta soggetto ad esondazione delle portate di piena il tratto compreso tra le sezioni S46 e S40.

In tale tratta, le aree in sinistra idrografica, sono aree depresse rispetto alle sponde dell'alveo, pertanto in questa fase saranno modellate come "Cassa in derivazione", che viene inondata dai volumi d'acqua che stramazzano dall'alveo del canale.

Le superfici delle casse in derivazione sono ubicate in adiacenza all'alveo del corso d'acqua e vengono invase dalle acque solo saltuariamente e vengono riempite mediante soglie sfioranti che entrano in funzione quando nell'alveo del corso d'acqua si raggiunge un determinato livello idrico.



**Figura 31:** Schema grafico del modello idraulico adottato

L'ipotesi sostenuta in questa modellazione, alveo naturale a cielo aperto con stramazzo in cassa di derivazione, è supportato dalla conformazione topografica (così come

restituita dai dati altimetrici rilevati) delle aree in sinistra idrografica. Esiste, infatti, un'area depressa, denominata nel seguito Area Vigili del Fuoco, nella quale confluiscono in via naturale le acque superficiali che scorrono nelle strade e piazzali limitrofi. Come evidenziato in figura mediante frecce di colore nero, le strade hanno pendenze modeste con direzioni tali da confermare la nostra ipotesi: le acque che fuoriescono dal canale Fossamastra in prossimità della sezione 40, per ragioni topografiche si dirigono verso l'area suddetta (rappresentata in colore giallo), mediante processi di espansione lenti entrando da due direzioni principali (frecce di colore giallo) vicine alla sezione di stramazzo.



**Figura 32:** Rappresentazione grafica dell'area di espansione dei volumi di invaso su modello 3d fonte Google Earth

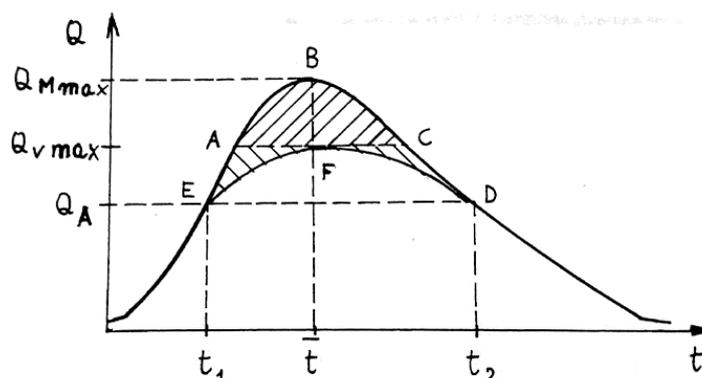
#### 4.6.1 DATI DI INPUT PER LA CREAZIONE DEL MODELLO

Il modello si basa sui seguenti dati di input: (i) Portata defluente in alveo alla sezione S40; (ii) Idrogramma di piena; (iii) Legge del volume di invaso in funzione della quota del pelo libero; (iv) Portata defluente uscita secondaria.

##### 4.6.1.1 PORTATA DEFLUENTE ALLA SEZIONE S40

La portata defluente nella sezione di fine stramazzo (Sez. S40) è ipotizzato costante e pari al valore per cui la portata defluisce con un tirante inferiore all'altezza della sponda in sinistra idrografica, che è stata calcolata essere pari a  $Q_A=75\text{mc/s}$  (vedi § 4.4.3).

In realtà la portata defluente non è costante, ma ha un andamento con tendenza crescente fino al picco di portata, compatibile con quello schematizzato nel tratto EFD in Figura 33.



**Figura 33:** Rappresentazione schematica dell'andamento di una generica onda di piena laminata per effetto di uno sfioratore con soglia libera. (Tratto da "Costruzioni Idrauliche Vol.II - Sistemazione dei corsi d'acqua" Valerio Milano)

L'ipotesi di assumere una portata defluente costante pari a 75mc/s è quindi fortemente cautelativa in quanto può comportare una significativa sovrastima del volume da invasare.

Adottando la teoria delle soglie sfioranti si è calcolata la portata  $Q_{vmax}$ , secondo la formula di letteratura:

$$Q_{Mmax} = Q_{Vmax} + Q_{sf}$$

Nella quale  $Q_{sf}$  è la portata che sfiora dalla soglia laterale ed è data dalla seguente relazione:

$$Q_{sf} := \int_0^{L_{soglia}} \mu \cdot \left( h_v(Q_v) - h_{sponda} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g_{grav}} \, dx$$

La portata  $Q_{vmax}$  è funzione dei seguenti fattori:

L.soglia	Ampiezza della soglia
$\mu$	Coefficiente di deflusso
$h_v(Q_v)$	Altezza di deflusso nella sezione di valle in funzione della portata di valle
h.sponda	Altezza della sponda assimilabile alla soglia laterale
g.grav	Accelerazione di gravità

Si procede per tentativi, si ipotizza  $Q_v$  e si ricava  $h_v$  dalle relazioni della legge di deflusso nella sezione di valle.

Si ricava  $Q_{sf}$ , la portata sfiorante nella soglia e si verifica che sia rispettata la relazione

$$Q_{Mmax} = Q_{Vmax} + Q_{sf}$$

Con  $Q_{max}$  pari alla massima portata duecentennale di cui al paragrafo successivo.

Procedendo iterativamente si ricava una portata  $Q_{sf}$  pari a 90mc/s

#### 4.6.1.2 IDROGRAMMI DI PIENA

Lo studio idraulico per la modellazione del volume liquido da invasare è funzione dell'idrogramma di piena.

A differenza di quanto svolto per la modellazione monodimensionale, la costruzione dell'idrogramma di piena seguirà il Metodo Razionale, per il quale le norme forniscono i seguenti dati per fenomeni con tempo di ritorno pari a 200 anni:

<b>A.bac</b>	Superficie totale del bacino	6.63	kmq
<b>T.c</b>	Tempo di corrivazione	45.00	Min
$\psi$	Coefficiente di deflusso	0.80	
<b>a</b>	Parametro della stazione	79.41	
<b>n1</b>	Esponente per $T_p < 1h$	0.632	
<b>n2</b>	Esponente per $T_p > 1h$	0.266	

Ricavati dalle tabelle estrapolate dalle norme:

#### Canale Fossamastra

Corso d'acqua	Sezioni	Area [km <sup>2</sup> ]	$t_c$ [min]	T=50		T=200		T=500	
				Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]
C. Fossamastra	A	7.67	60	115.9	91.5	135.3	132.3	147.5	159.2
C. Fossamastra	B	6.63	45	111.8	81.2	130.1	117.4	141.4	141.3
Fosso Calcinara	C	1.29	35	26.9	17.4	30.9	25.2	33.4	30.3
C. Fossamastra	D	5.34	45	90.1	67.9	104.8	98.2	113.9	118.1
Fosso Calcinara	E	1.07	20	24.6	14.4	28.3	20.9	30.6	25.1
Fosso Calcinara	F	0.85	20	19.6	11.5	22.5	16.6	24.3	19.9
Fosso Calcinara	G	0.70	20	16.1	9.4	18.5	13.6	20.0	16.4
Fosso di Piaggia	H	0.15	15	3.9	2.0	4.4	2.9	4.8	3.5
C. Fossamastra	I	2.55	30	50.2	36.5	58.1	52.8	63.0	63.6

Figura 34: Regine Liguria – Autorità di bacino regionale - Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico – Ambito 20 – Golfo della Spezia – Estratto delle Norme Tecniche di Attuazione – Allegato 2: Portate di Piena tabellate per il Canale Fossamastra.

t [min]	50 [anni]	100 [anni]	200 [anni]	500 [anni]
10	22.5	24.1	25.6	27.5
20	34.5	37.1	39.7	42.9
30	44.3	47.9	51.2	55.5
40	52.9	57.3	61.5	66.8
50	60.7	65.9	70.8	77.0
60	68.0	73.8	79.4	86.6
70	70.9	76.9	82.7	90.1
80	73.6	79.8	85.7	93.3
90	76.0	82.3	88.5	96.2
100	78.2	84.7	91.0	98.9
110	80.3	86.9	93.3	101.4
120	82.2	89.0	95.5	103.7
130	84.1	90.9	97.5	105.9
140	85.8	92.8	99.5	108.0
150	87.4	94.5	101.3	109.9
160	89.0	96.2	103.1	111.8
170	90.5	97.8	104.8	113.6
180	91.9	99.3	106.4	115.3
190	93.3	100.8	107.9	116.9
200	94.6	102.2	109.4	118.5
210	95.9	103.5	110.8	120.0
220	97.2	104.8	112.2	121.5
230	98.4	106.1	113.5	122.9
240	99.5	107.3	114.8	124.3
250	100.6	108.5	116.1	125.6
260	101.7	109.7	117.3	126.9
270	102.8	110.8	118.5	128.2
280	103.8	111.9	119.6	129.4
290	104.8	112.9	120.7	130.6
300	105.8	114.0	121.8	131.7
310	106.8	115.0	122.9	132.9
320	107.7	116.0	124.0	134.0
330	108.6	117.0	125.0	135.1
340	109.5	117.9	126.0	136.1
350	110.4	118.8	126.9	137.2
360	111.3	119.7	127.9	138.2
720	134.6	144.4	153.8	165.6
1440	162.9	174.1	184.9	198.4
<b>a</b>	<b>87.97</b>	<b>73.81</b>	<b>79.41</b>	<b>86.56</b>
<b>m1</b>	<b>0.617</b>	<b>0.625</b>	<b>0.632</b>	<b>0.64</b>
<b>m2</b>	<b>0.275</b>	<b>0.27</b>	<b>0.266</b>	<b>0.261</b>

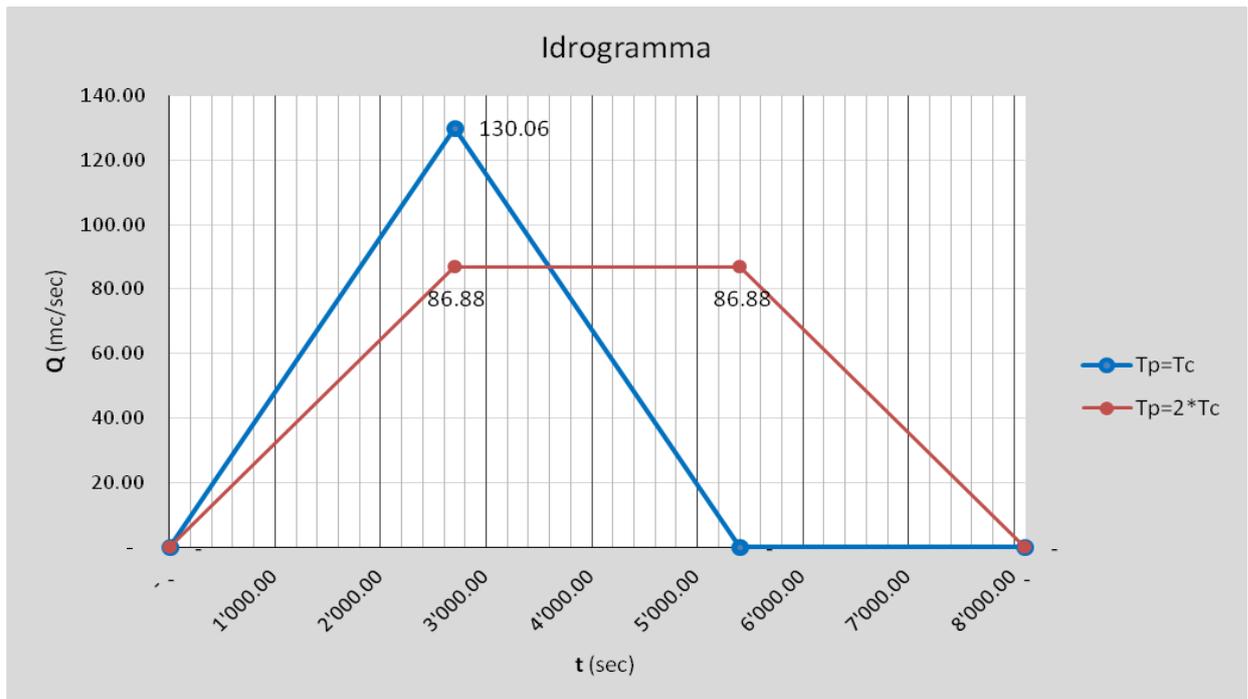
**Tabella 3 - Curve di probabilità pluviometrica in forma numerica**

**Figura 35:** Curve di probabilità pluviometrica in forma numerica

Nel presente studio svilupperemo le nostre analisi considerando due idrogrammi differenti: (HYDRO\_1) il primo idrogramma considera un tempo di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione del bacino, (HYDRO\_2) il secondo idrogramma ha un tempo di pioggia pari a 2 volte il tempo di corrivazione.

<b>HYDRO_1</b>			
<b>TP1</b>	Scenario 1: $Tp1 = Tc$	2'700.00	sec
<b>h1</b>	Altezza di pioggia	66.21	mm
<b>Q1</b>	Portata duecentennale	<b>130.06</b>	mc/s
<b>HYDRO_2</b>			
<b>TP2</b>	Scenario 2: $Tp2 = 2 * Tc$	5'400.00	sec
<b>h2</b>	Altezza di pioggia	88.45	mm
<b>Q2</b>	Portata duecentennale	<b>86.88</b>	mc/s

Da cui si ricavano gli idrogrammi di piena riportati nel grafico seguente:



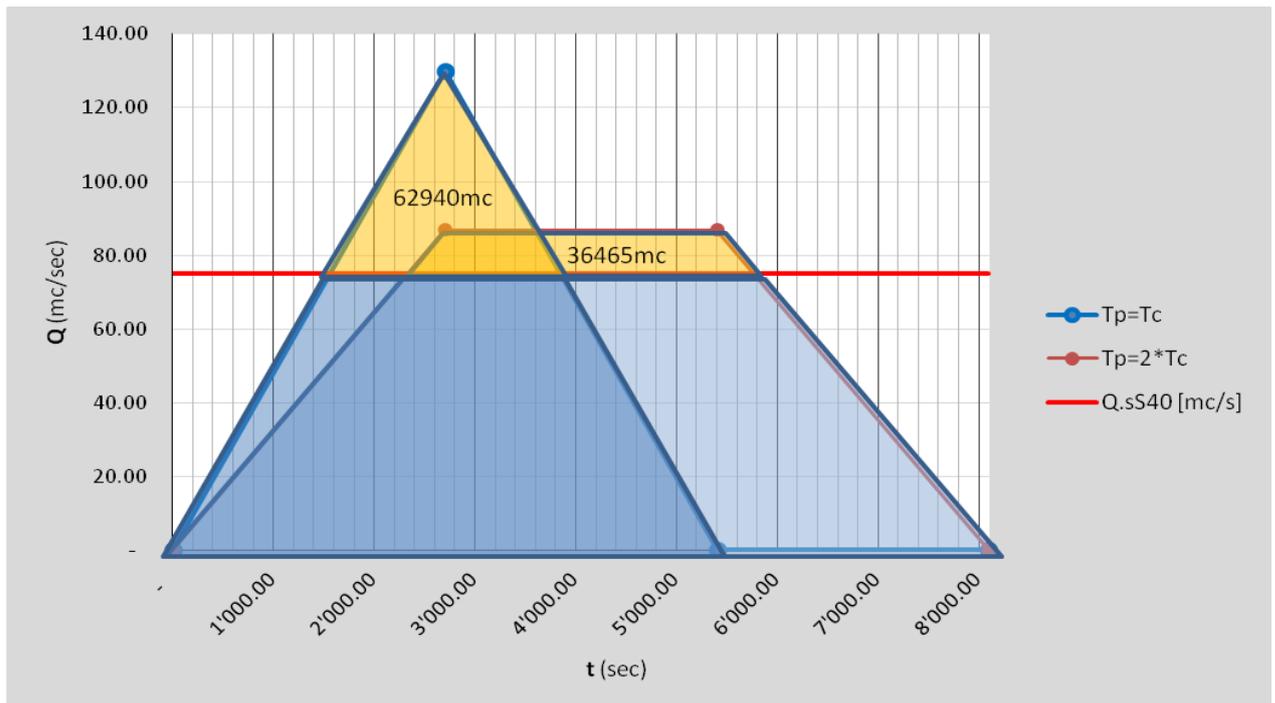
**Figura 36:** Rappresentazione grafica degli idrogrammi di piena

L'area sottesa da ciascun idrogramma rappresenta il volume liquido totale che defluisce, che nel caso di Hydro\_2 risulta pertanto maggiore rispetto al caso di Hydro\_1 (di circa il 30%).

<b>HYDRO_1</b>	Volume totale Idrogramma triangolare: $T_p=T_c$	<b>351'170</b> mc
<b>HYDRO_2</b>	Volume totale Idrogramma trapezio: $T_p=2 \cdot T_c$	<b>469'157</b> mc

Come puntualizzato in precedenza, si ipotizza una portata di deflusso costante nella sezione 40 di intensità pari a 75mc/s.

In tale ipotesi si valuta il volume che la sezione 40 riesce a smaltire e quello che invece stramazza e va ad invasare l'area in sinistra idrografica.



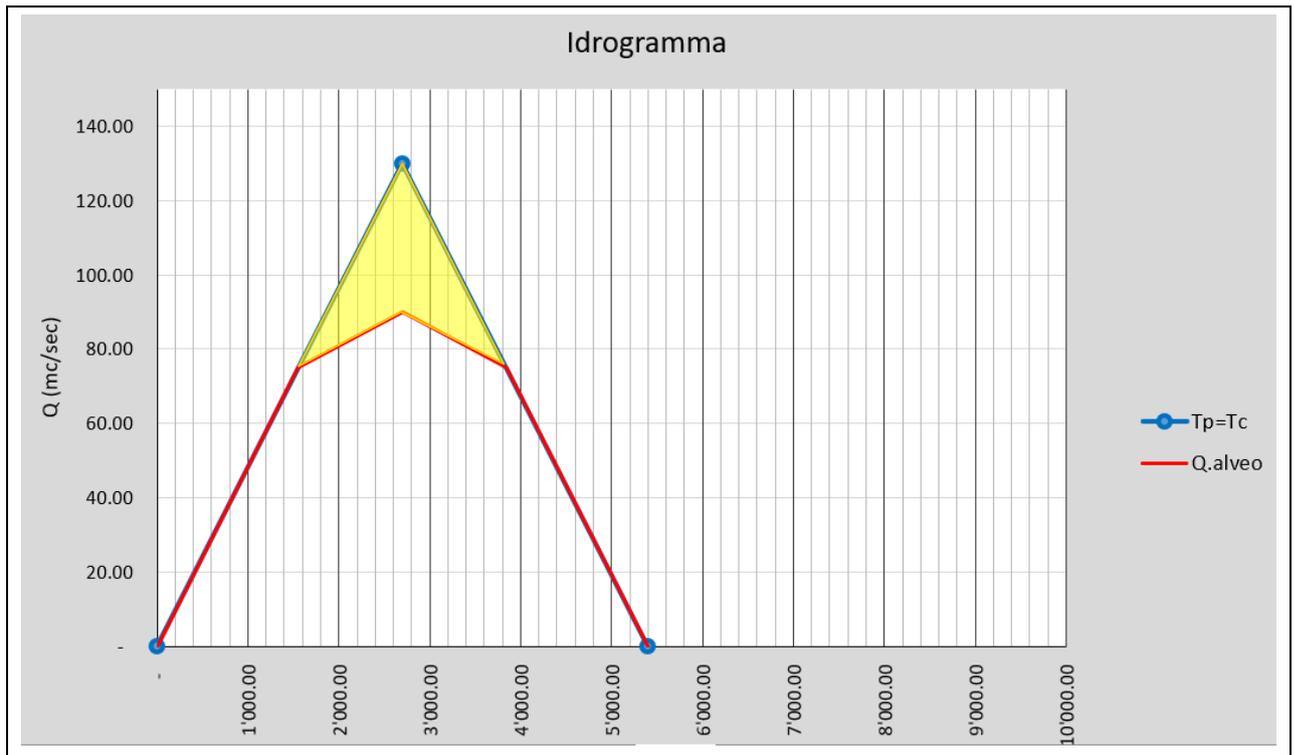
**Figura 37:** Rappresentazione dei volumi che defluiscono (aree blu) ed i volumi che invasano (aree arancioni) nei rispettivi idrogrammi di piena

Applicando questa limitazione alle portate che defluiscono, si può calcolare il volume liquido che fuoriesce dal canale Fossamastra e stramazza verso le aree in sinistra idrografica determinando un invaso di volume.

Di seguito si riportano i valori dei volumi da invasare nei rispettivi idrogrammi di piena considerati, che in questo caso evidenziano per contro volumetrie maggiori nel caso di Hydro\_1 rispetto ad Hydro\_2.

<b>HYDRO_1</b>	Volume da invasare Idrogramma triangolare: $T_p=T_c$	<b>62'940</b> mc
<b>HYDRO_2</b>	Volume da invasare Idrogramma trapezio: $T_p=2*TC$	<b>36'465</b> mc

Considerata la natura fortemente cautelativa dell'ipotesi di considerare una portata defluente costante pari a 75mc/s (§ 4.6.1.1) è stata considerata anche una terza ipotesi di lavoro, che si ritiene maggiormente realistica, in cui la portata defluente dalla soglia laterale è funzione dell'onda di piena che attraversa l'alveo, nella successiva figura è rappresentato l'andamento della portata in alveo (linea rossa) per effetto della portata sfiorante variabile. Si ricava quindi un volume da invasare inferiore rispetto al modello HYDRO\_1



**HYDRO\_3**

Volume da invasare Idrogramma triangolare:  
Tp=Tc con modellazione della portata sfiorante variabile

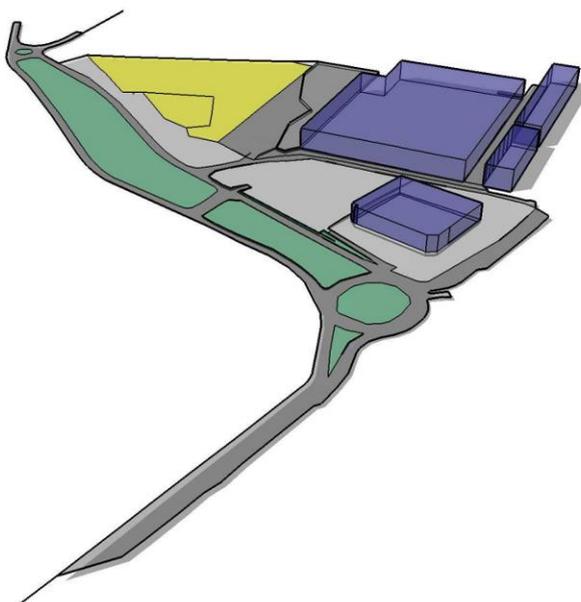
**45'795 mc**

#### 4.6.1.3 VOLUME DI INVASO DELLA "CASSA DI DERIVAZIONE"

Il volume di invaso delle aree soggette ad inondazione, che individuano la nostra "cassa di derivazione", è calcolato nelle seguenti ipotesi cautelative: (i) i perimetri degli edifici presenti nell'area sono stati ipotizzati impermeabili con tutte le aperture completamente stagne, (ii) si trascura la presenza di qualsiasi sistema di smaltimento delle acque di pioggia; (iii) si considera una sola via di deflusso secondaria descritta al paragrafo successivo.

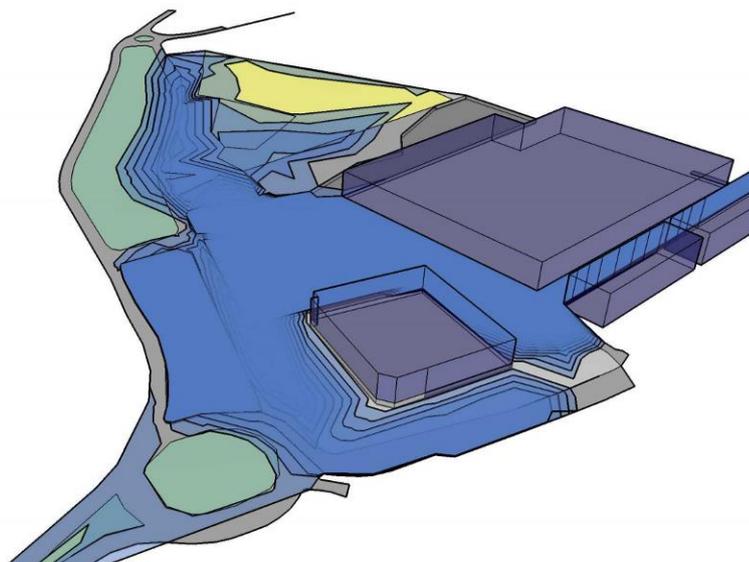
Il volume invasabile nella "cassa di laminazione in derivazione" è stato calcolato discretizzando le aree in sinistra idrografica a step di 10cm ( $dz=10\text{cm}$ ), calcolando le superfici inondabili e ricavando il volume complessivo mediante il sistema del ragguglio.

**Fase 1:** creazione modello 3d dell'area oggetto di studio sulla base dei rilievi topografici eseguiti nella zona di studio.



**Figura 38:** Rappresentazione grafica del modello 3D costruito sulla base dei rilievi

**Fase 2:** creazione delle curve iso-ipse di invaso per la creazione della legge del volume invasato in funzione dell'altezza del pelo libero  $V_{inv}(h)$



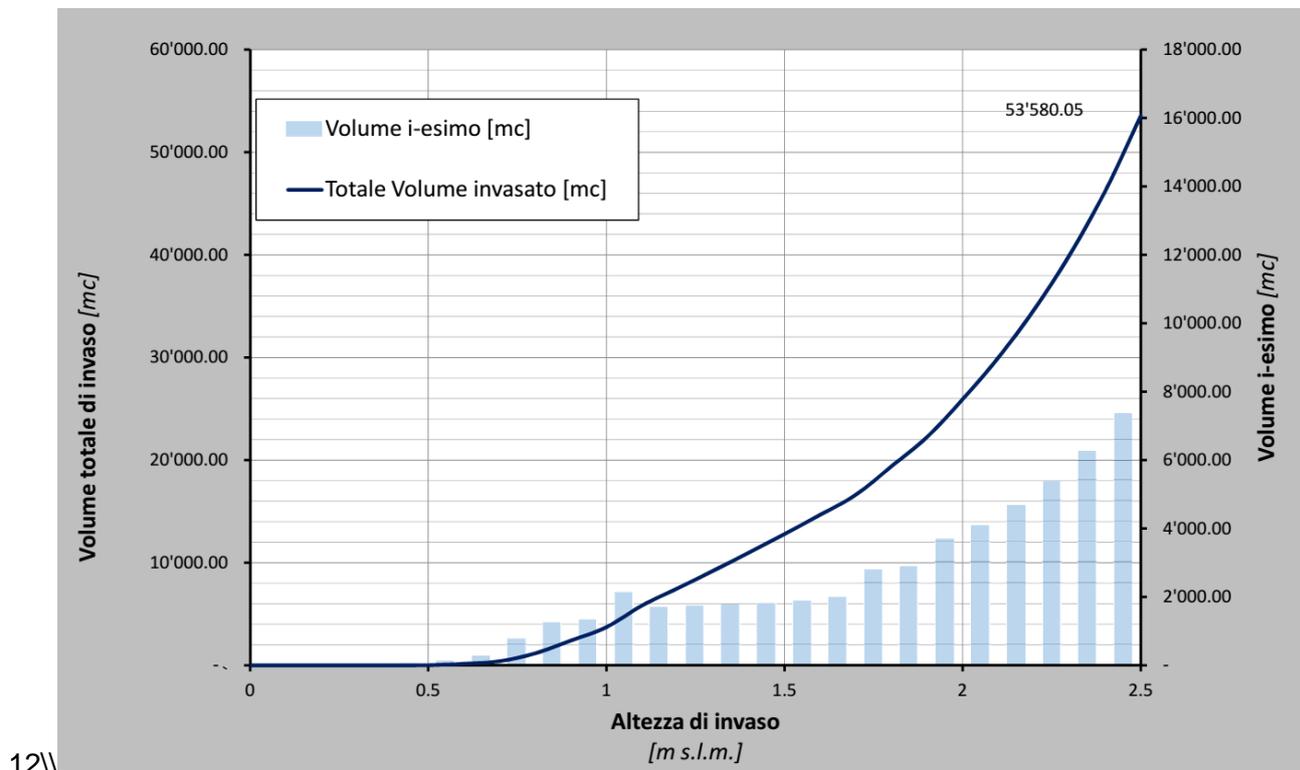
**Figura 39:** Rappresentazione grafica del modello 3D sezionato dalle curve iso-ipse di invaso con  $\Delta z=10\text{cm}$

Si riportano le superfici di invaso sovrapposte all'ortofoto dell'area oggetto di studio, le zone più opache rappresentano le aree con maggiore depressione e quindi con altezze di invaso maggiore.



**Figura 40:** Sovrapposizione delle aree di invaso con Ortofoto fonte Google

Nel grafico seguente è riportato l'andamento del volume invasato al crescere della quota del pelo libero invasato (h). La quota minima della cassa di derivazione è individuata a 0.50m s.l.m. ed è individuata nell'area ex Vigili del Fuoco.

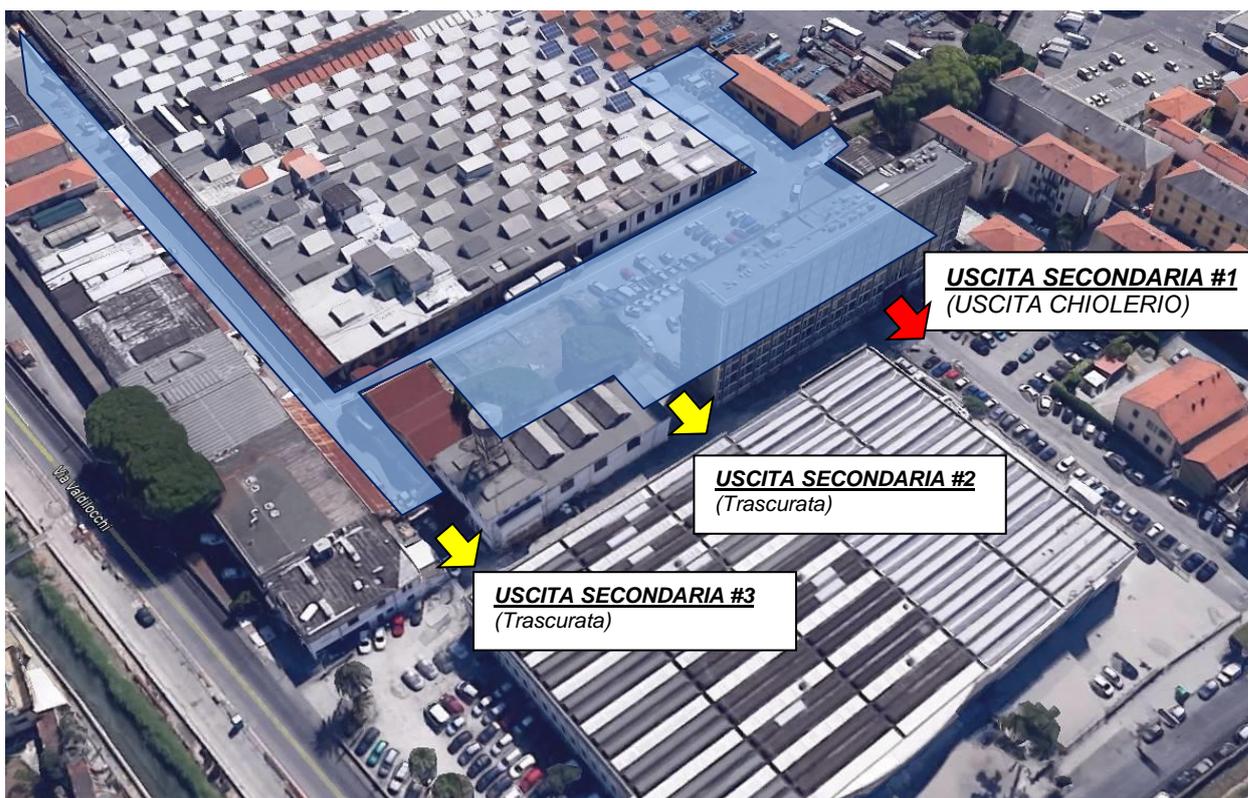


**Figura 41:** Rappresentazione grafica del volume di invaso in funzione della quota del pelo libero

Si riportano i valori di invaso alle quote più significative:

Altezza pelo libero [m s.l.m.]	Volume totale invasato [mc]
1.10	5'836.00
1.80	19'397.00
2.10	30'000.00
2.50	53'580.00

#### 4.6.1.4 PORTATA DEFLUENTE USCITA SECONDARIA



**Figura 42:** Rappresentazione delle uscite secondarie nella zona in prossimità di Palazzo Chiolerio

A seguito dei sopralluoghi è emerso quanto segue:

- nell'area di Palazzo Chiolerio (Settore Nord-Ovest del quartiere Fossamastra) vi sono 3 potenziali vie di uscita secondaria per le acque di invaso, con quote comprese tra 1.70m e 2.00m:
- L'uscita secondaria #1 è ubicata sotto Palazzo Chiolerio ed è la galleria di accesso da Viale san Bartolomeo alle aree interne, il fondo è ad una quota di 1.70m circa, ha una larghezza di 7.40m ed ha una pendenza verso viale San Bartolomeo del 0.5%.
- L'uscita secondaria 2 è rappresentativa di un'area privata a nord di Palazzo Chiolerio aperta verso le aree a valle, con una quota del fondo compresa tra 1.70 e 1.90 m. Di questa uscita non si hanno rilievi o informazioni di dettaglio ubicata all'interno di un'area privata.
- L'uscita secondaria #3 è rappresentativa del collegamento tra la via interna all'area privata cd "ex filanda" ed il piazzale della concessionaria opel prospiciente via Valdlocchi.

In assenza di informazioni di maggiore dettaglio e soprattutto di un rilievo topografico in corrispondenza delle aree (private) dove sono ubicate le uscite secondarie #1 e #2, si è adottata l'ipotesi cautelativa di trascurare gli apporti della fuoriuscita di acqua dalle uscite secondarie 2 e 3.

#### 4.6.1.4.1 USCITA SECONDARIA #1 - USCITA CHIOLERIO

L'uscita secondaria num.1, denominata Uscita Chiolerio, è modellata come un canale rivestito, caratterizzato da un fondo in conglomerato bituminoso grezzo e sponde in pareti con intonaco.



**Figura 43:** Ripresa fotografica dell'uscita secondaria #1 di Palazzo Chiolerio

Per la modellazione idraulica, alla luce dei valori del coefficiente di Gauckleri Strickler (riportati nella tabella seguente), adatteremo cautelativamente un valore di  $k_s$  uniforme per sponde e fondo pari a 60.

Valori del coefficiente di resistenza di Gaukler-Strickler (m <sup>0.33</sup> /s) per canali rivestiti in:	Minimo	Normale	Massimo
Calcestruzzo liscio	90.91	76.92	66.67
Calcestruzzo grezzo	71.43	58.82	50.00
Mattoni con intonaco	83.33	66.67	55.56
Conglomerato bituminoso grezzo		62.50	
Conglomerato bituminoso liscio		76.92	

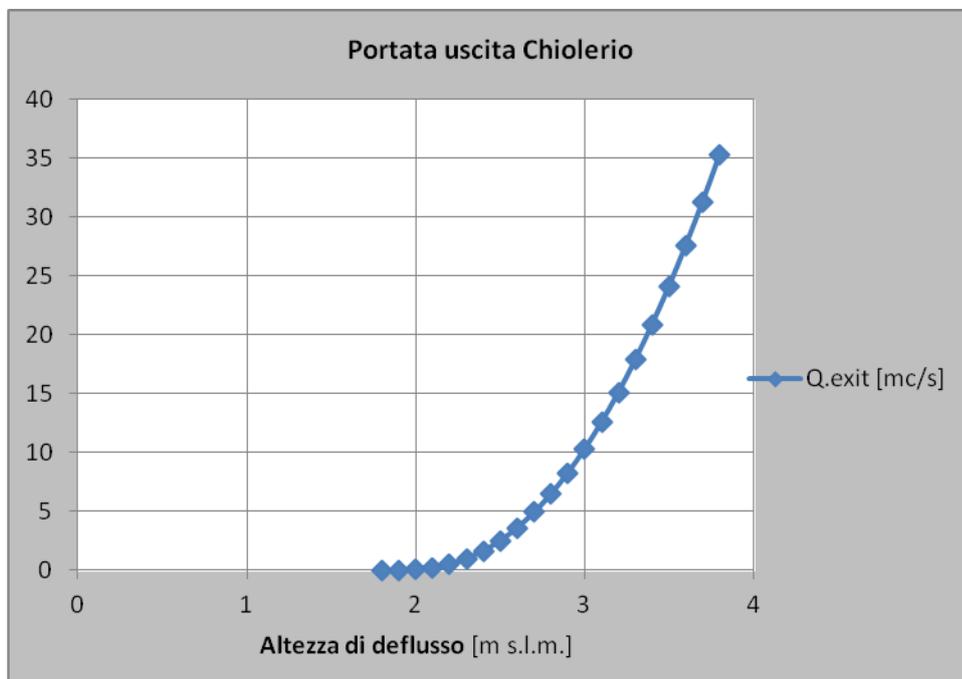
Fonte: CHOW V.T.,1959

La pendenza del canale è stata calcolata sulla base dei rilievi eseguiti in sito, ed è assunta pari a 0.5%.

Applicando la legge di Chezy per il deflusso delle correnti a pelo libero in un canale rettangolare si ottiene l'andamento della portata in uscita  $Q_{exit\_1}$  in funzione della quota del pelo libero:

$$Q_{exit\_1}(z) = Sup(z) \cdot R_{idraulico}(z)^{\frac{2}{3}} \cdot ks \cdot \sqrt{i}$$

I valori di output sono riportati nel grafico seguente:



**Figura 44:** Diagramma della portata in uscita nel Canale Chiolerio in funzione dell'altezza di deflusso

#### 4.6.2 HYDRO 1 - IDROGRAMMA TRIANGOLARE - $T_p=T_c$ e portata di sfioro costante

L'idrogramma triangolare è caratterizzato da un andamento lineare con portata crescente fino al valore massimo  $Q_{200}$  che si manifesta all'istante  $t=T_c$ .

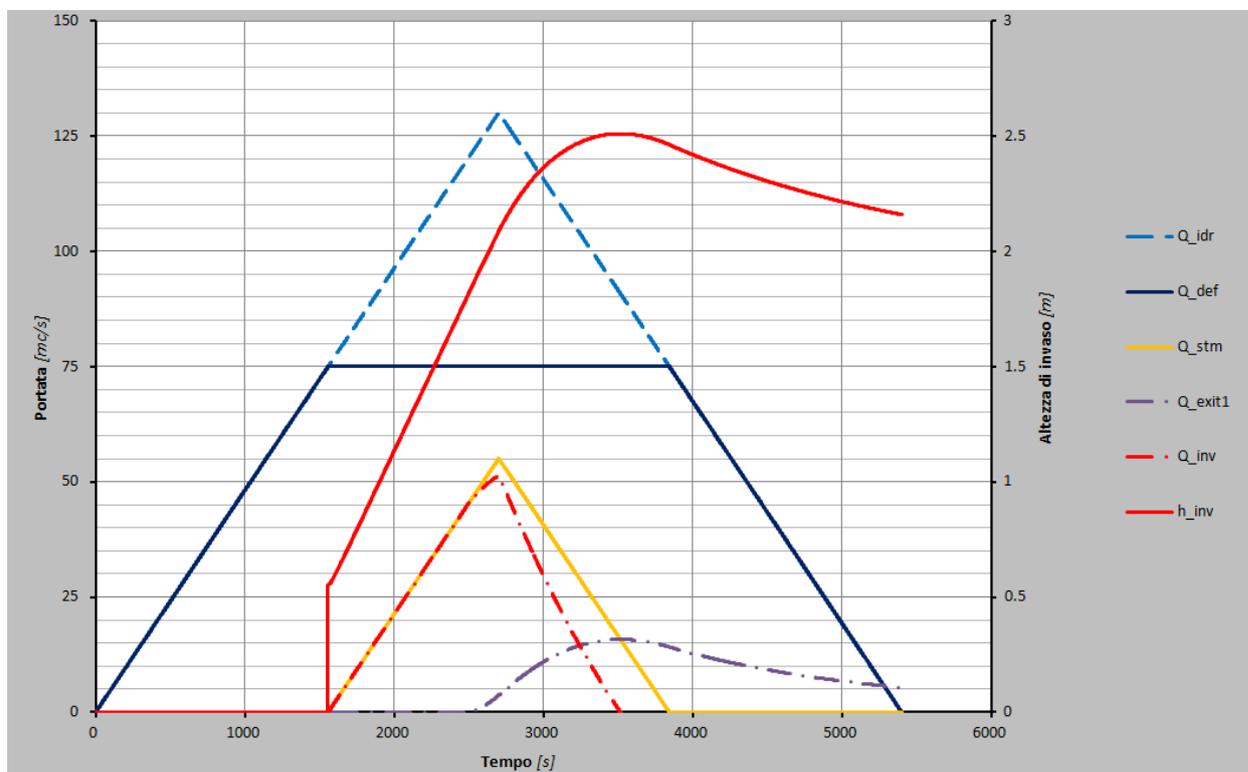
Lo stramazzo nell'area a monte della sezione S40 si verifica all'istante ( $T_1=1557\text{sec}$ ) in cui la portata defluente ha un'intensità pari a  $75\text{mc/s}$  (Portata che defluisce con tirante inferiore alla soglia di stramazzo). A partire da questo istante una quota liquida stramazza ( $Q_{stm}$ ) dando luogo a volume invasato ed un innalzamento della quota del pelo ( $h_{inv}$ ) libero nella zona di invaso.

All'istante  $T_2$ , la quota del pelo libero raggiunge l'altezza minima per cui si ha un deflusso attraverso il "canale di uscita Chiolerio", tale istante è stato calcolato a  $T_2=2487\text{sec}$ , la portata in uscita e quindi il volume in uscita è governato dalla legge  $Q_{exit\_1}(z)$ .

Il livello nell'invaso continua a crescere, la portata che ora approvvigiona l'invaso è smorzata dalla portata uscente, fino all'istante  $T_c=2700\text{sec}$ , istante in cui l'idrogramma di piena raggiunge la portata massima ed inizia a decrescere.

Negli istanti successivi per  $t>T_c$ , la portata che invasa è in diminuzione, ma l'altezza del pelo libero cresce ancora fino a raggiungere il picco massimo  $H_{max}=2.51\text{m}$  all'istante  $T_{hmax}=3483\text{sec}$ .

Dopo questo istante, la portata che stramazza è inferiore alla portata ( $Q_{exit}$ ) che defluisce dalla uscita Chiolerio e quindi il volume invasato inizia a diminuire, con il pelo libero che tende asintoticamente verso la quota  $1.80\text{m}$ .

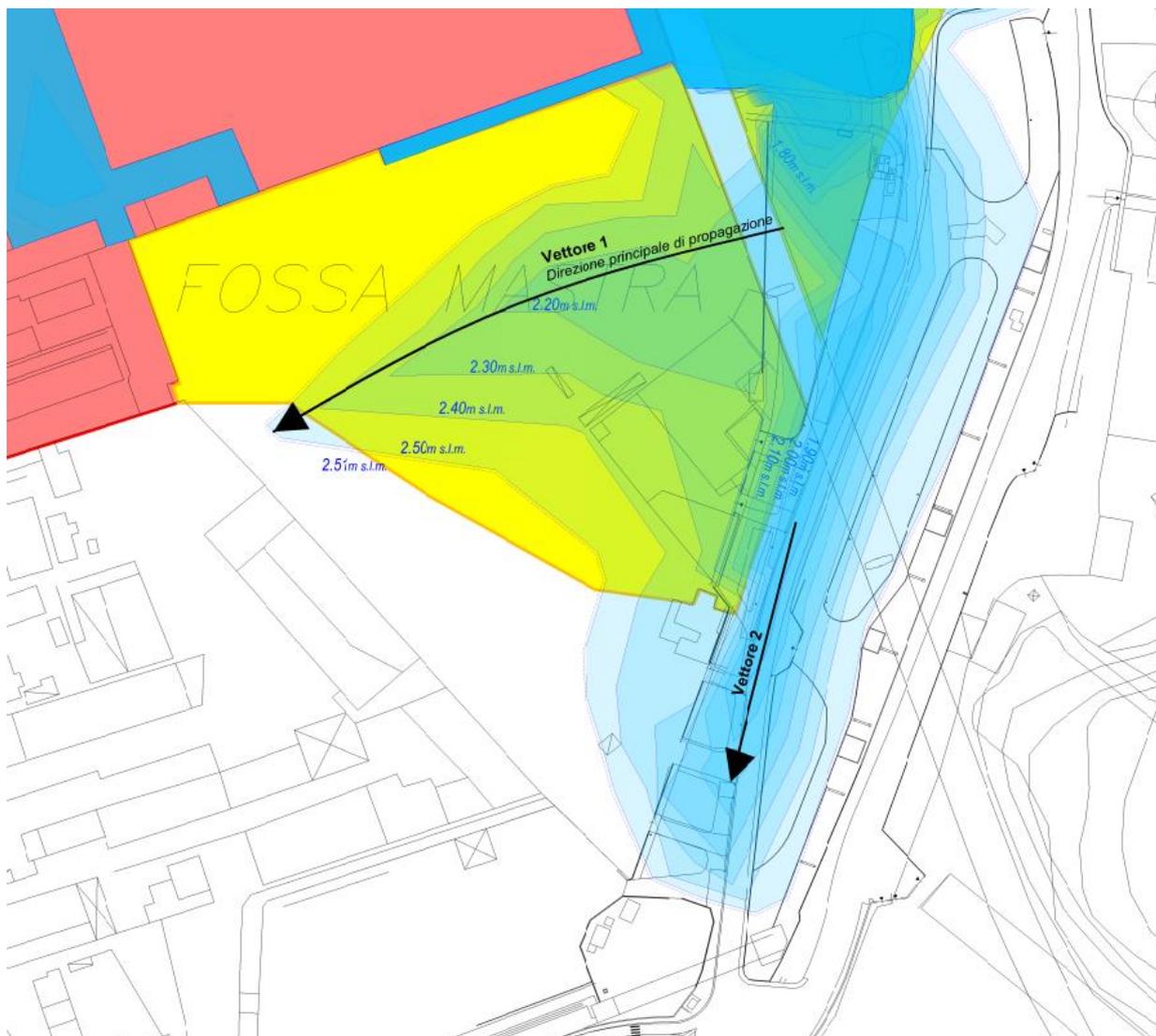


**Figura 45:** Idrogramma triangolare [ $T_p=T_c$  e portata di sfioro costante] e valutazione altezza di invaso ( $h_{inv}$ )

Dai risultati della modellazione la massima quota del pelo libero si raggiunge all'istante  $T=3483\text{sec}$  ed è pari a  $2.51\text{m}$ . In tale circostanza l'area Tarros è parzialmente inondata con una

geometria planimetrica non troppo dissimile dalla perimetrazione della cartografia "Aree esondabili per portate duecentennali" (Fascia B – aree gialle) fornita dal PAI (Figura 46).

"L'onda di invaso" si propaga secondo la direzioni principali individuate dai vettori rappresentati in Figura 46, con il vettore 1 rappresentativo della principale direzione di propagazione all'interno del piazzale Tarros.



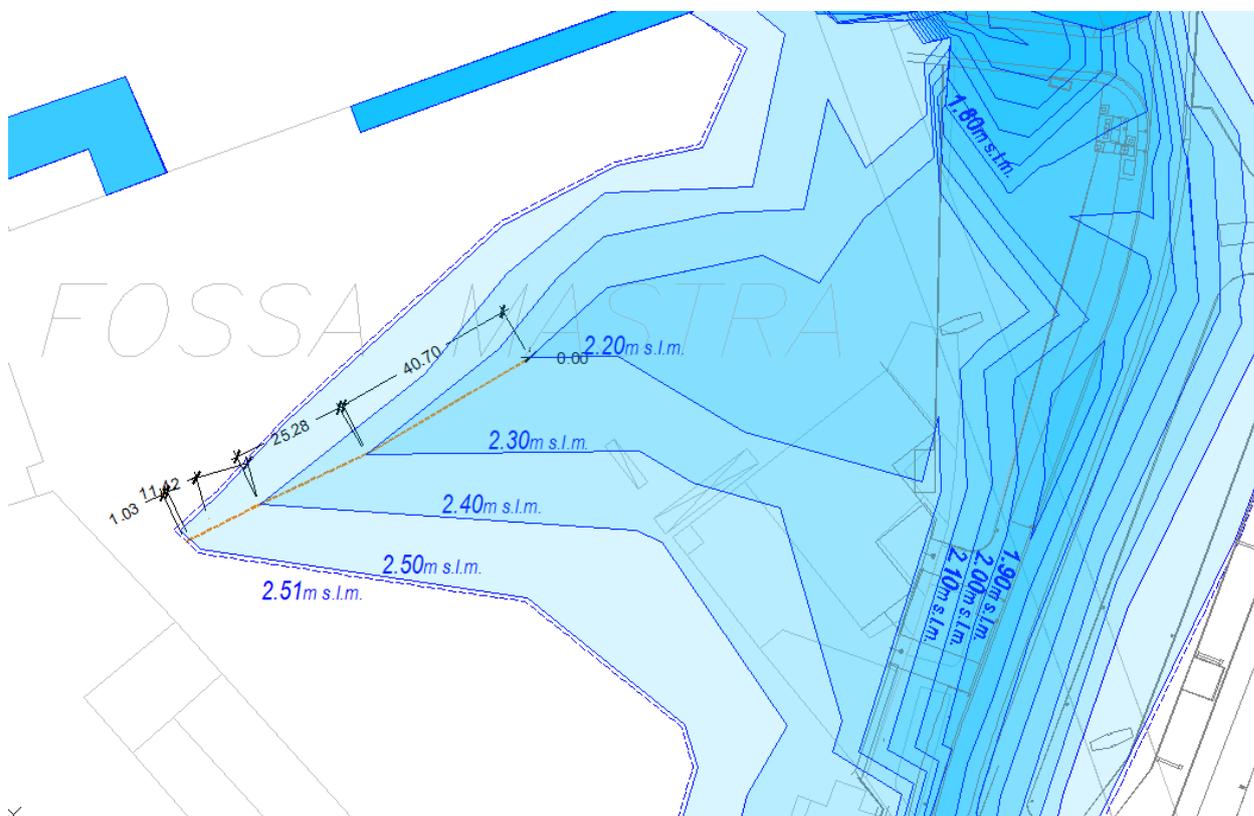
**Figura 46:** Caso Hydro\_1: confronto tra le superfici di propagazione nell'area Tarros e la perimetrazione del piano di bacino. Le frecce indicano le direzioni principali di propagazione, la cui lunghezza è rappresentativa dell'intensità della velocità di propagazione

#### 4.6.2.1 DETTAGLIO INVASO AREA TARROS

Il Vettore 1 (vedi Figura 46) è rappresentativo della principale direzione di ingresso e di propagazione delle acque all'interno del piazzale ed è anche quello con le maggiori velocità.

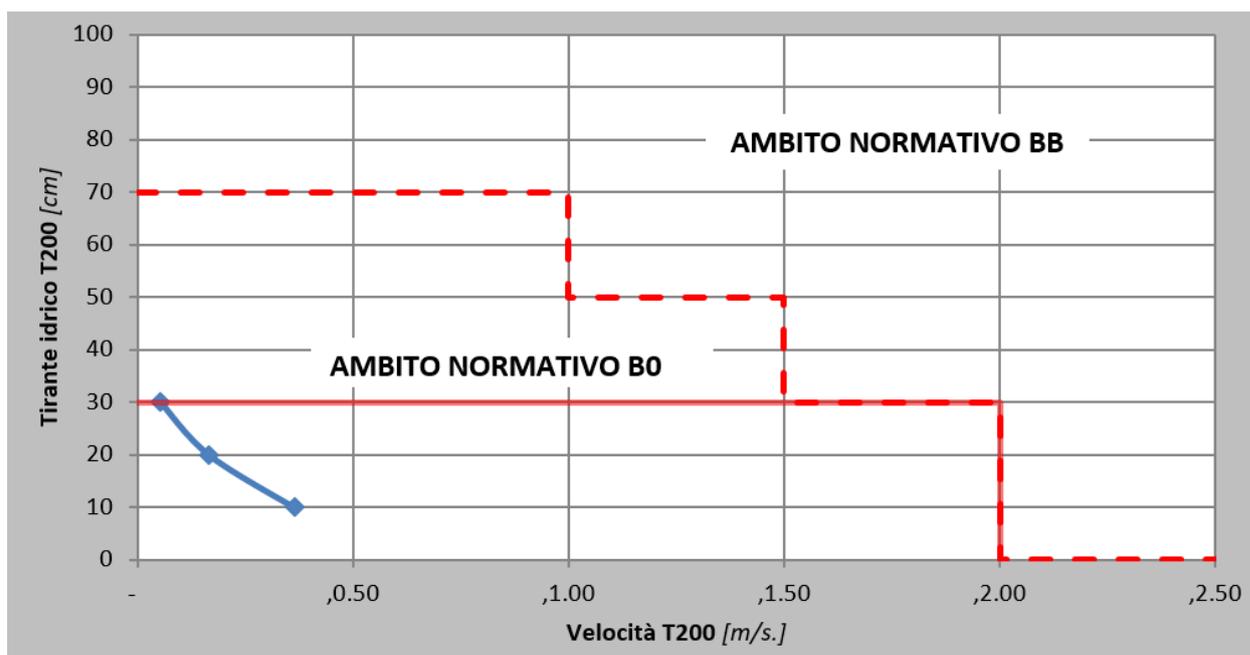
Per le sole aree in cui il tirante idrico è inferiore a 30cm, si sono calcolate le velocità di propagazione dell'onda di piena:

Si sono estrapolati gli istanti in cui il pelo libero raggiunge le quote significative di 220, 230, 240, 250 e 251cm, e calcolando le massime distanze percorse dai fronti di propagazione ai rispettivi step di pelo libero, siamo in grado di calcolare le velocità medie di propagazione.



**Figura 47:** Caso Hydro\_1 - Dettaglio del vettore di propagazione #1 all'interno dell'area Tarros

I valori di velocità e tirante sono calcolati e plottati nel grafico in Figura 48 e mostrano come effettivamente le velocità della corrente nelle aree dove i tiranti non eccedono i 30 cm risulti inferiore a 2 m/s. Tale modellazione evidenzia al contempo una modesta porzione dell'area cd "Tarros" oggetto di trasformazione urbanistica dove i tiranti idrici risultano superiori a 30 cm; in particolare interferisce con le aree Tarros oggetto di intervento il limite compreso tra le quote 2.10m e 2.20m in cui i tiranti idraulici calcolati sono maggiori di 30 cm e minori di 40 cm. Come evidenziato in precedenza (§ 4.6.1.1 e § 4.6.1.4), d'altronde tale modellazione (cd "hydro\_1") si basa su ipotesi di calcolo fortemente cautelative; al fine dell'analisi del rispetto dei criteri di cui all'allegato tecnico alla D.G.R. 91/2013 (Figura 12) è stata pertanto sviluppata una ulteriore modellazione nella condizione  $T_p=T_c$  in cui si adotta un'analisi maggiormente realistica del fenomeno di sfioro (§ 4.6.4).

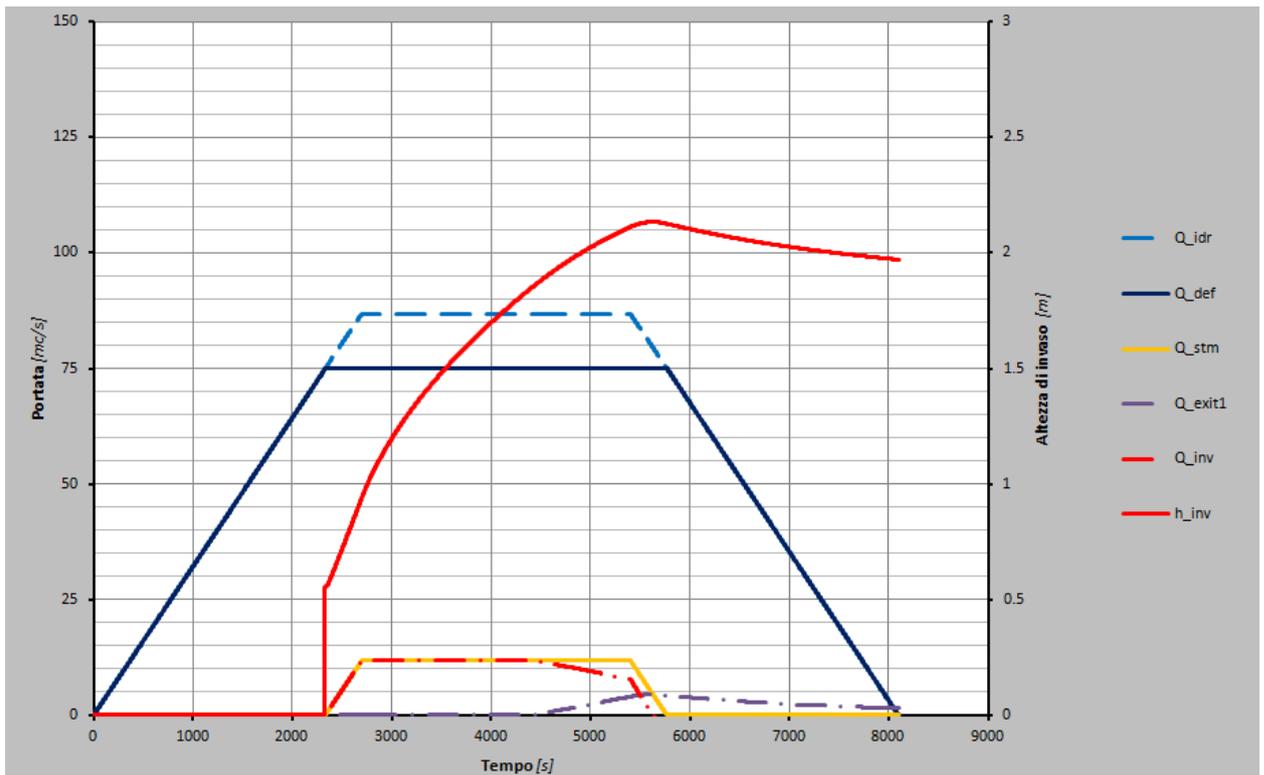


**Figura 48:** Caso Hydro\_1: risultati in termini di tiranti idrici e velocità della corrente plottati sul grafico rappresentativo dei criteri di cui alla D.G.R. 91 del 01.02.2013

#### 4.6.3 HYDRO 2 - IDROGRAMMA TRAPEZIO - $T_p=2 \cdot T_c$ e portata di sfioro costante

L'idrogramma per tempi di pioggia pari al doppio del tempo di corrivazione presenta un diagramma trapezio ed una durata complessiva pari a  $3 \cdot T_c$ . La portata massima è calcolata mediante il metodo razionale ed è pari ad 86.88mc/s e si manifesta all'istante  $T_c=2700$ sec.

L'istante  $T_1$  che identifica l'inizio della fase di stramazzo è calcolato pari a  $T_1=2330$ s, a partire da questo istante la portata uscente in sinistra idrografica invasa volume liquido. All'istante  $T_2=4269$ s, in cui l'altezza di invaso raggiunge la quota 1.80m s.l.m., si innesca la portata uscente  $Q_{exit}$ . Nelle fasi immediatamente successive il livello del pelo libero continua a crescere, la portata che ora approvvigiona l'invaso è smorzata dalla portata uscente, fino all'istante  $T_3=2 \cdot T_c=5400$ sec, istante in cui la portata di piena finisce ed inizia a decrescere. Per  $t > T_3$ , la portata che invasa è in diminuzione, ma l'altezza di invaso cresce fino a raggiungere il picco massimo  $H_{max}=2.13$ m all'istante  $T_{hmax}=5623$ sec, istante in cui portata uscente  $Q_{exit1}$  e portata stramazza si equivalgono. Dopo questo istante, la portata che stramazza è inferiore alla portata ( $Q_{exit}$ ) che defluisce dalla uscita Chiolerio e quindi il volume invasato inizia a diminuire, con il pelo libero che tende asintoticamente verso la quota 1.80m.



**Figura 49:** Idrogramma trapezio [ $T_p=2 \cdot T_c$ ] e valutazione altezza di invaso ( $h_{inv}$ )

In questo modello, la quota massima del pelo libero è pari a 2.13m s.l.m. e la propagazione all'interno del piazzale Tarros è ristretta ad una piccola lingua d'acqua (Vettore 3 in Figura 50) con tirante pari a 3cm e velocità minore di 20cm/s; pertanto questa secondo scenario di simulazione ( $T_p=2 \cdot T_c$ ) risulta decisamente meno critico rispetto a quello precedentemente analizzato ( $T_p=T_c$ , cfr § 4.6.2) in termini di rischio idraulico per le aree in esame.

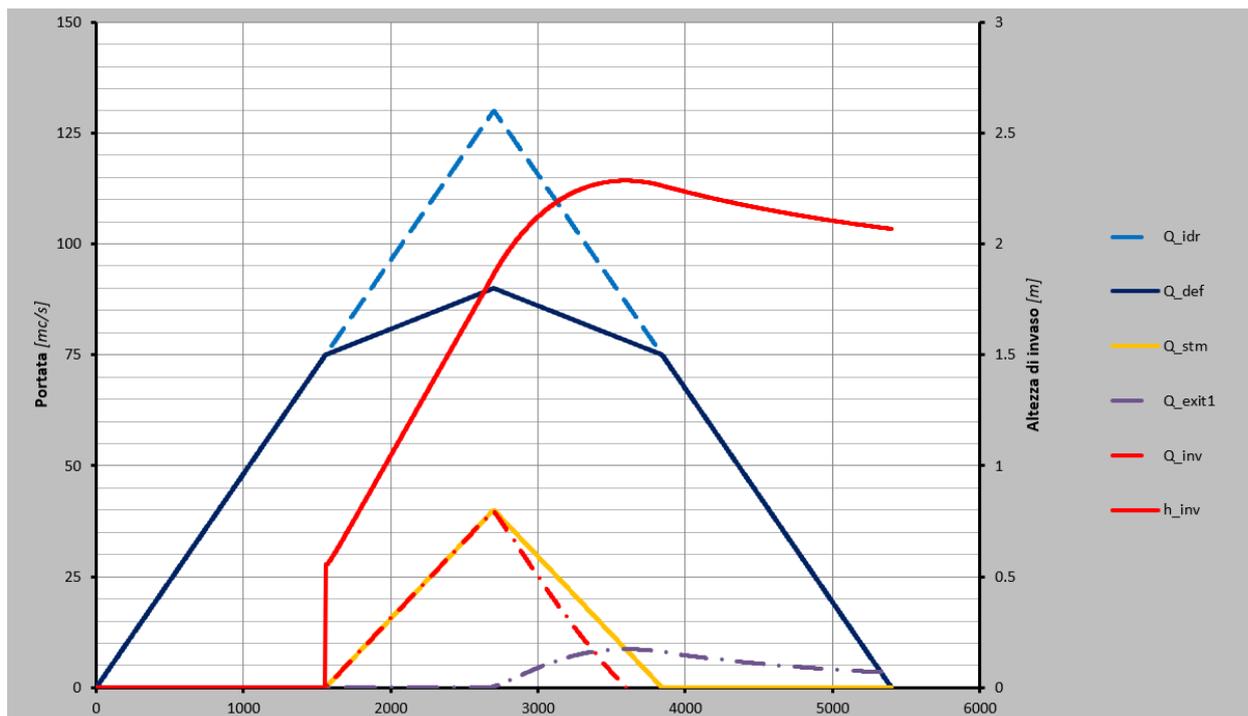


**Figura 50:** Caso Hydro\_2: Dettaglio planimetrico dell'area Tarros con la massima propagazione dell'onda di piena nell'idrogramma "Hydro\_2"

#### 4.6.4 HYDRO 3 - IDROGRAMMA TRIANGOLARE - $T_p=T_c$ e modellazione portata di sfioro variabile

L'idrogramma triangolare è caratterizzato da un andamento lineare con portata crescente fino al valore massimo  $Q_{200}$  che si manifesta all'istante  $t=T_c$ . Lo stramazzo nell'area a monte della sezione S40 si verifica all'istante ( $T_1=1557\text{sec}$ ) in cui la portata defluente ha un'intensità pari a  $75\text{mc/s}$  (Portata che defluisce con tirante inferiore alla soglia di sfioramento). A partire da questo istante una quota liquida stramazza ( $Q_{stm}$ ) dando luogo a volume invasato ed un innalzamento della quota del pelo ( $h_{inv}$ ) libero nella zona di invasato.

In questa modellazione la portata in uscita è stata modellata variabile in funzione della portata defluente nell'alveo, che secondo la teoria delle soglie sfioranti laterali non è costante ma crescente. In questa ipotesi abbiamo modellato la portata defluente variabile linearmente, dall'istante  $T_1$  all'istante  $T_p=T_c$  sarà crescente dal valore di  $75\text{mc/s}$ , ad un valore massimo di  $90\text{mc/s}$  (Come calcolato al §4.6.1.1). Passata l'onda di pieno, negli istanti compresi tra  $T_p=T_c$  e  $T_2$ , si avrà una portata defluente decrescente fino a raggiungere il valore di  $75\text{mc/s}$  dopo il quale la portata defluente e l'onda di piena si equivalgono.



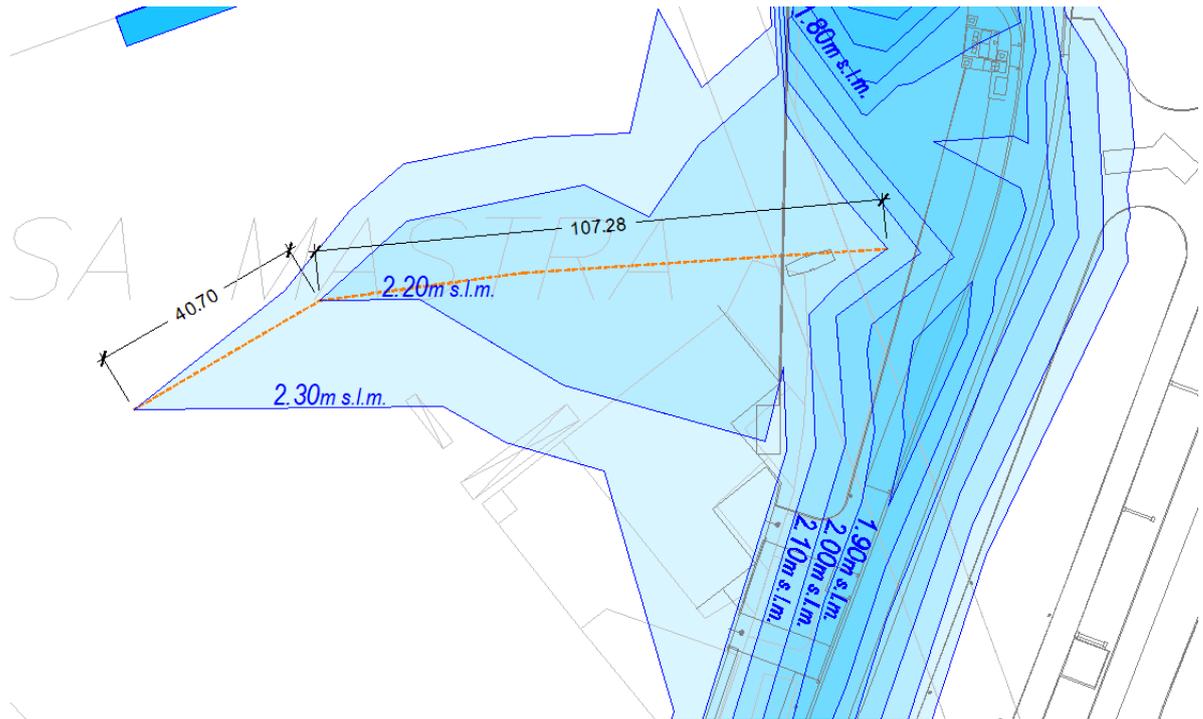
**Figura 51:** Idrogramma triangolare [ $T_p=T_c$  e portata di sfiori variabile] e valutazione altezza di invaso ( $h_{inv}$ )

Dai risultati della modellazione la massima quota del pelo libero si raggiunge all'istante  $T=3530$ sec ed è pari a 2.30m. In tale circostanza l'area Tarros è parzialmente inondata con una geometria planimetrica in buon accordo con la perimetrazione delle "Aree esondabili per portate duecentennali" (Fascia B – aree gialle) fornita dal PAI.

#### 4.6.4.1 DETTAGLIO INVASO AREA TARROS

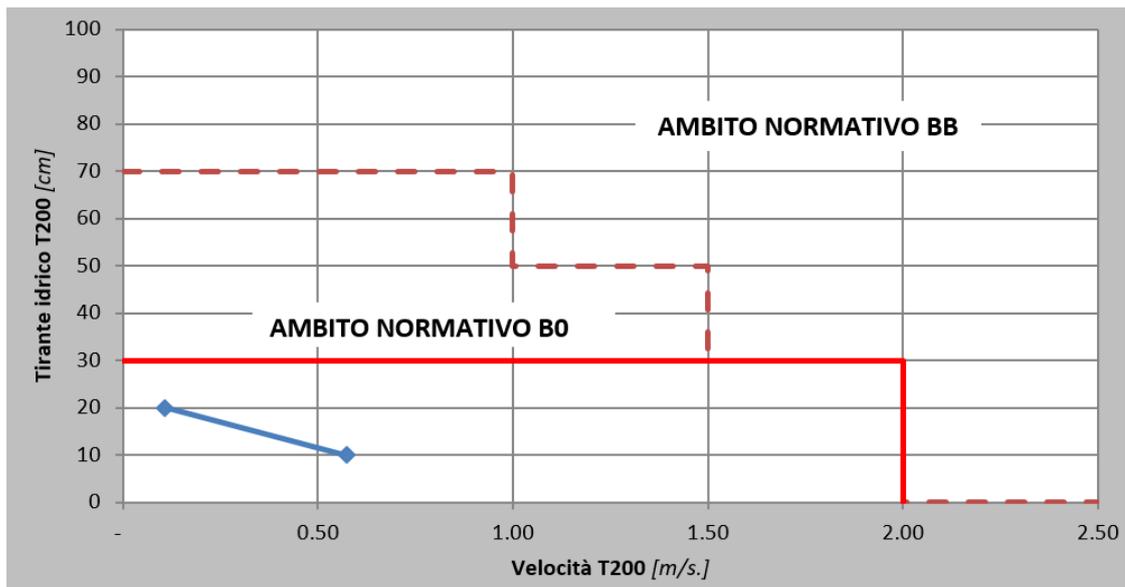
Il Vettore 1 di cui alla Figura 46 è ancora rappresentativo della principale direzione di ingresso e di propagazione delle acque all'interno del piazzale.

Estrapolando gli istanti in cui il pelo libero raggiunge le quote significative di 210, 220, 230, e calcolando le massime distanze percorse dai fronti di propagazione ai rispettivi step di pelo libero, siamo in grado di calcolare le velocità medie di propagazione.

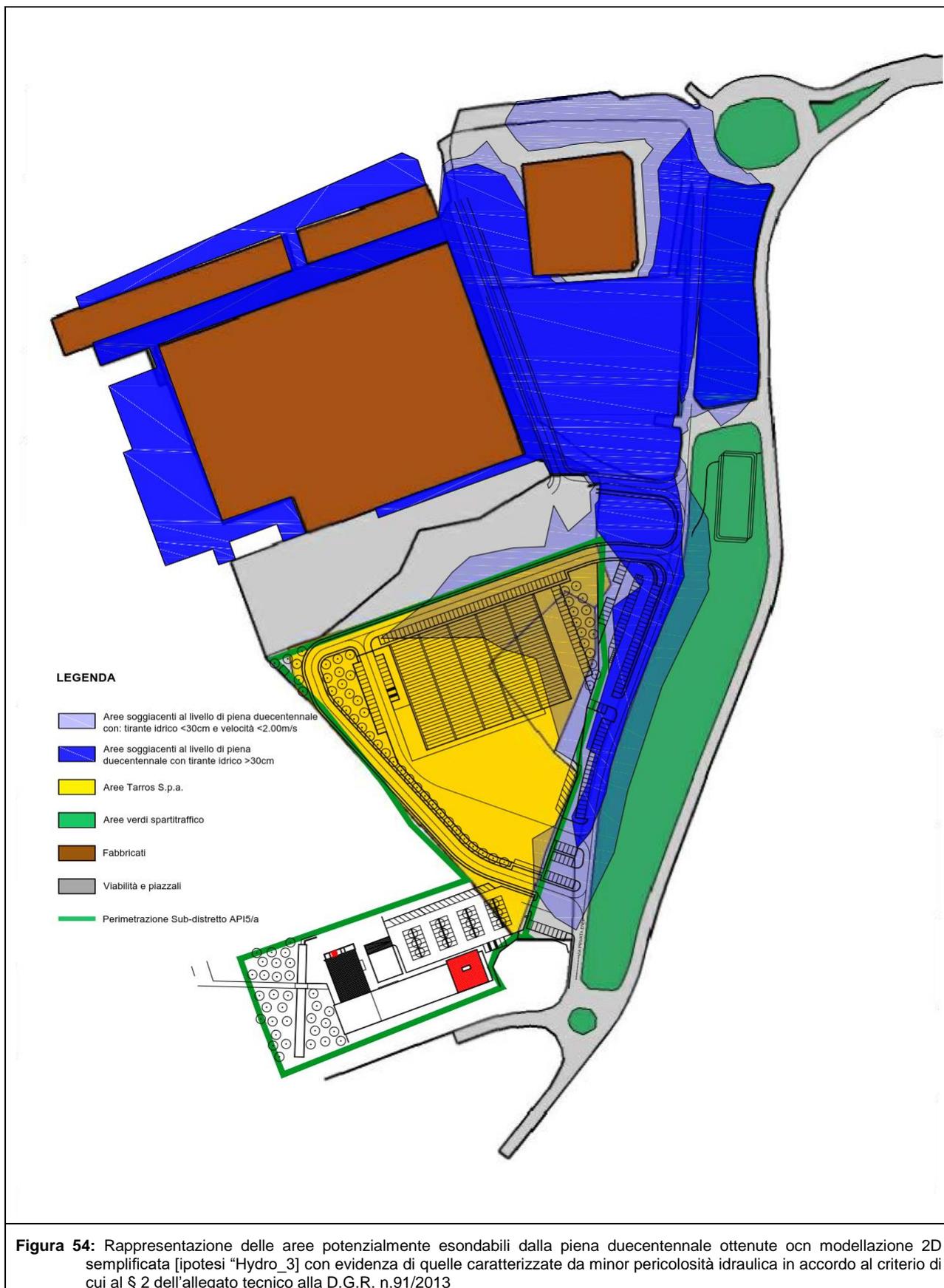


**Figura 52:** Dettaglio del vettore di propagazione all'interno dell'area Tarros nell'ipotesi modellistica "hydro\_3"

I valori di velocità e tirante sono calcolati e plottati nel grafico in Figura 48 e mostrano come effettivamente le velocità della corrente nelle aree dove il fenomeno di esondazione interferisce con l'area Tarros, con tiranti comunque sempre inferiori a 30 cm, risulti inferiore a 2 m/s e quindi come tale area possa essere ritenuta **a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento**, ai sensi di quanto previsto dell'allegato tecnico alla D.G.R. n.91/2013 nel caso in cui non si proceda all'individuazione degli ambiti BB e B0 ma la valutazione risulti limitata a ristrette aree interessate dalla previsione di nuove edificazione.



**Figura 53:** Ipotesi modellistica Hydro\_3: Risultati in termini di tiranti idrici e velocità della corrente plottati sul grafico rappresentativo dei criteri di cui alla D.G.R. 91 del 01.02.2013



**Figura 54:** Rappresentazione delle aree potenzialmente esondabili dalla piena duecentennale ottenute con modellazione 2D semplificata [ipotesi "Hydro\_3] con evidenza di quelle caratterizzate da minor pericolosità idraulica in accordo al criterio di cui al § 2 dell'allegato tecnico alla D.G.R. n.91/2013

## 5 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Nel presente § viene affrontato il dimensionamento preliminare della rete di collettori principali da prevedersi in relazione alle necessità di smaltimento delle acque meteoriche afferenti alle aree Tarros oggetto degli interventi di trasformazione (sub-distretto API5/a).

E' importante premettere che allo stato attuale le acque meteoriche relative alle aree in esame vengono coltate ad una stazione di pompaggio ubicata in prossimità del carbodotto Enel, in cui sono convogliate anche le acque meteoriche relative ad alcune porzioni del quartiere di Fossamastra; la stazione di pompaggio garantisce la necessaria prevalenza per lo scarico a mare di tutte le acque in essa recapitate. Detto sistema fino ad oggi ha consentito lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalle aree in parola.

Il dimensionamento che di seguito viene proposto si basa sull'ipotesi di mantenere il sistema di pompe attualmente in opera. Rileva osservare a tal proposito che le acque che ad esso verranno recapitate dalle aree Tarros successivamente alle trasformazioni su di esse previste non subiranno modifiche quantitative rispetto a quanto avviene attualmente; la sistemazione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche proposto a livello preliminare nel presente paragrafo avrà unicamente lo scopo di razionalizzare la rete di collettori rispetto all'attuale configurazione e dimensionare gli stessi in coerenza con le modifiche previste dal progetto di trasformazione urbanistica delle aree Tarros.

### 5.1 SCHEMA DELLA RETE DEI COLLETTORI PRINCIPALI

Lo schema dei collettori principali è riportato alla successiva Figura 55. In esso sono evidenziate accanto alle aree Tarros (campitura rossa), per cui è fornita anche una indicazione schematica delle principali tipologie di previsioni urbanistiche a opere ultimate (distinte tra edifici, parcheggi/piazzali, viabilità, aree verdi), anche alcune aree limitrofe significative in quanto o appartenenti comunque al distretto di trasformazione API5 (ad es. area ex-trusendi) ovvero in quanto sebbene esterne al P.U.O. riguardano porzioni del quartiere di Fossamastra il cui sistema di collettamento delle acque meteoriche attualmente termina nella stazione di pompaggio in cui sono coltate anche le acque meteoriche relative alle aree Tarros.

Nella successiva Tabella è fornito un riepilogo delle superfici delle varie sotto-aree in cui può essere suddivisa l'area Tarros, con indicazione del relativo coefficiente medio di deflusso calcolato mediante la relazione [3] considerando l'estensione delle relative aree verdi.

	SUPERFICIE TOTALE [ha]	Di cui: SUP. AREE VERDI [ha]	Di cui: SUP. ALTRE AREE [ha]	Coeff. di Deflusso
A_Tot [A01+A02+A03]	2,86	0,26	2,6	0,85
A01	1,12	0,17	0,95	0,81
A02	1,09	0,09	1	0,85
A03.a	0,65	0	0,65	0,90
A03.b	..	.....	.....	.....

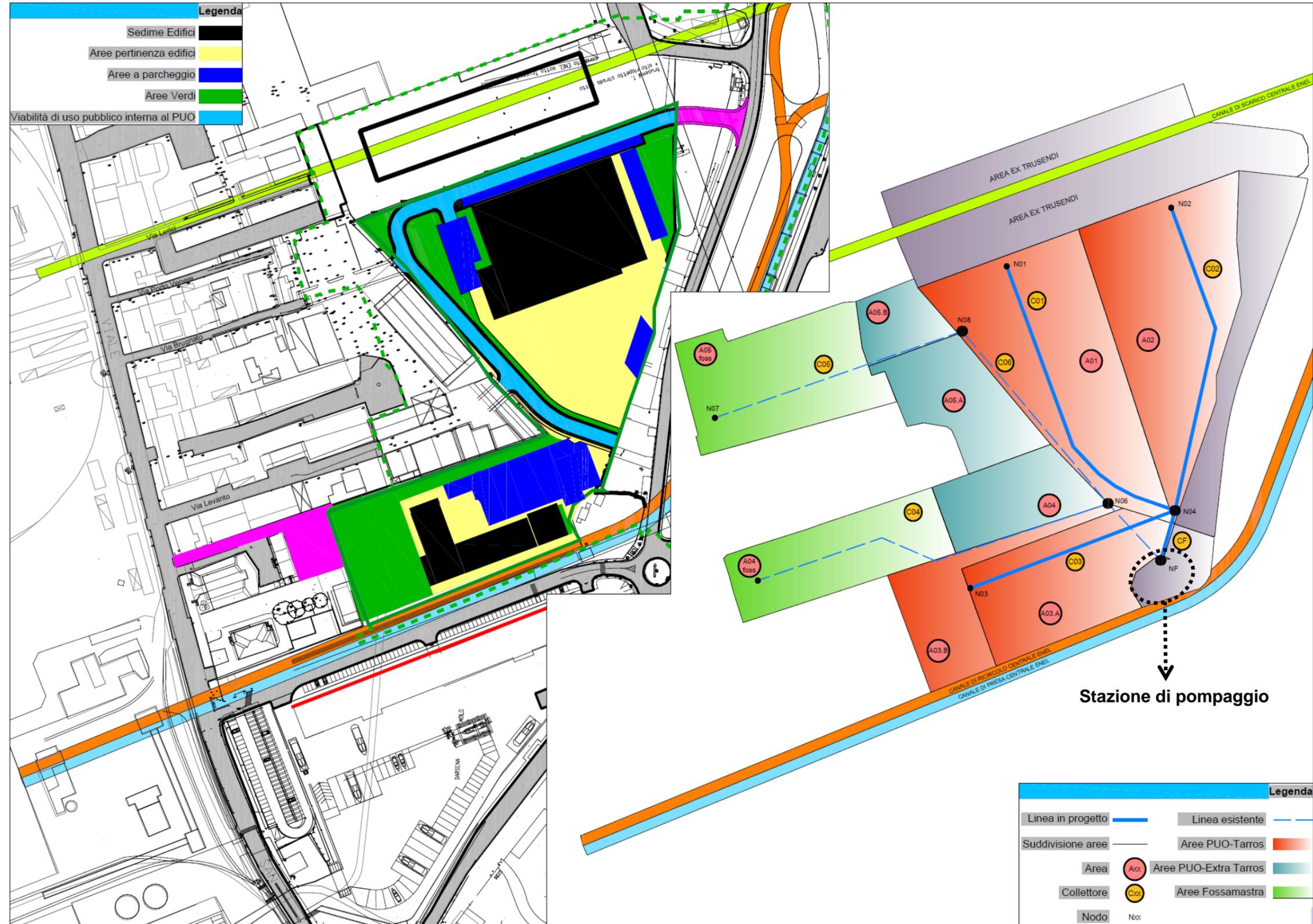


Figura 55: Schema del sistema di collettori principali da prevedersi per lo smaltimento delle acque meteoriche relative alle aree Tarros (sub-distretto API5/a)

## 5.2 COLCOLO DELLE PORTATE AL COLMO PER I VARI COLLETTORI

Il dimensionamento delle rete fognaria pluviale relativa alle aree Tarros, per lo smaltimento delle acque meteoriche di pertinenza, è stato basato sul “metodo cinematico” anche detto “della corrivazione”. Secondo tale metodo la massima portata nella sezione terminale di un dato collettore è prodotta da una pioggia di intensità  $i$  costante di durata pari al tempo di corrivazione  $T_c$  relativo alla sezione suddetta:

$$Q_{max} = \psi \cdot i \cdot A = \frac{\psi \cdot h(T_c) \cdot A}{T_c} \quad [1]$$

dove con  $A$  è indicata l'area scolante totale relativa al collettore in esame, mentre con  $\psi$  è indicato il coefficiente di afflusso relativo all'area  $A$ , calcolato come media pesata dei coefficienti di afflusso  $\psi_i$  delle singole aree scolanti nell'area  $A$ :

$$\psi = \sum_i \frac{\psi_i A_i}{A} \quad [2]$$

dove il  $\psi$  relativo all'area  $i$ -esima è calcolato con la seguente relazione (proposta dal Gruppo di Lavoro sui Deflussi Urbani):

$$\psi = \psi_{perm} \cdot (1 - I) + \psi_{imp} \cdot I \quad [3]$$

dove  $I$  rappresenta il rapporto tra superficie impermeabile e superficie totale di una data area. Per i valori di  $\psi_{perm}$  e  $\psi_{imp}$ , si sono adottati cautelativamente i valori proposti dal gruppo di studio citato (per  $Tr > 10$  anni), ovvero rispettivamente 0,3 e 0,9.

La determinazione del tempo di corrivazione dei collettori fognari può essere effettuata mediante la seguente relazione:

$$T_c = t_a + \sum_j \frac{L_j}{V_j} \quad [4]$$

con  $L_i$  lunghezza del generico collettore e  $V_i$  la relativa velocità della corrente, in cui la sommatoria la secondo membro, rappresentativa del tempo di percorrenza del generico collettore, è estesa a tutti i collettori che fanno parte del percorso idraulico necessario per giungere fino alla sezione di calcolo considerata. Il tempo  $t_a$  rappresenta il cosiddetto tempo di accesso alla rete, cioè il tempo necessario, a partire dall'inizio della pioggia, affinché le particelle liquide, scorrendo sulle superfici (dei tetti, dei piazzali, ecc.) e successivamente lungo la rete elementare di allacciamento impiegano per arrivare alla rete dei collettori primari. Per il caso in studio, viste le modeste dimensioni delle aree in esame è stato considerato un valore del tempo di accesso alla rete  $t_a = 5$  min.

E' da rilevare che il calcolo della portata massima può essere effettuato solo per successive iterazioni, poiché risulta a priori incognito il tempo di corrivazione  $T_c$ , non essendo nota la velocità  $V_i$  che si ha nel collettore di calcolo.

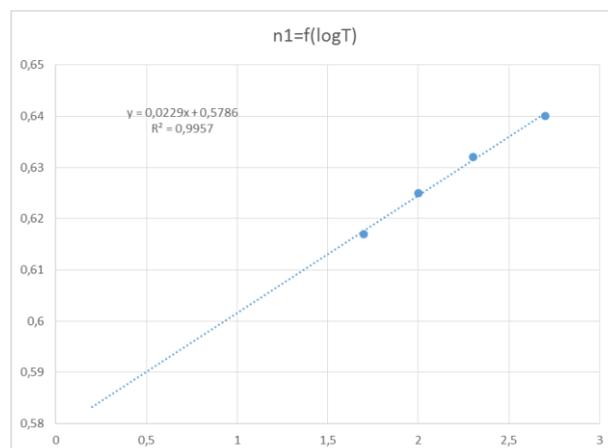
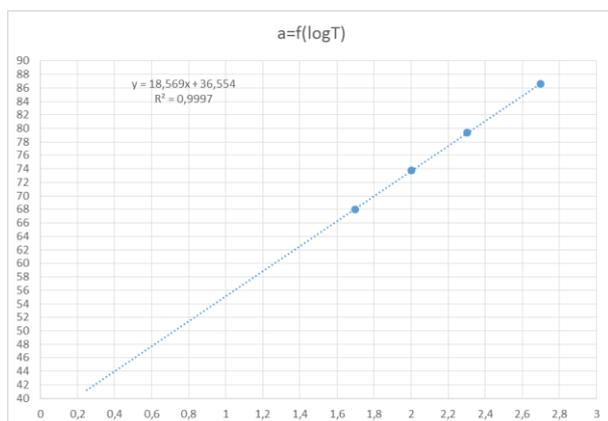
### 5.3 CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA

Per la valutazione dell'intensità o altezza di pioggia  $h(t, T_r)$  relativa ad una data durata  $t$  di precipitazione ed a un dato tempo di ritorno  $T_r$  è necessario determinare la curva di possibilità pluviometrica valida per l'area di studio, esprimibile con la relazione:

$$h(T_r) = a(T_r) \cdot t^{n(T_r)} \quad [5]$$

A partire dai valori  $a$  e  $n$  relativi ai tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni tabulati negli studi tecnici a supporto delle norme di Piano sono stati estrapolati i valori dei due parametri relativi a tempi di ritorno inferiori ai 50 anni, come rappresentato nelle successive tabelle e grafici.

Valori Tabulati [Norme Tecniche PAI]	Tempo di ritorno (anni)			
	50	100	200	500
a	67,97	73,81	79,41	86,56
n1 (tc<1h)	0,617	0,625	0,632	0,64



Valori estrapolati sulla base delle relazioni interpolanti di cui ai grafici sopra			
Tempo di ritorno (anni)		a	n1
2		42,14	0,585
5		49,53	0,595
10		55,12	0,602
15		58,39	0,606
<b>20</b>		<b>60,71</b>	<b>0,608</b>
50		68,10	0,618
100		73,69	0,624
200		79,28	0,631
500		86,67	0,640

**Figura 56:** Valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno minori di 50 anni

Nel caso specifico è stato cautelativamente adottato come tempo di ritorno di progetto il valore  $Tr=20$  anni, conseguentemente nei successivi calcoli sono stati assunti i seguenti valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica

$$a(Tr=20\text{anni})=60,71$$

$$n(Tr=20\text{anni})=0,608$$

Noto il tempo di corrivazione della rete  $T_c$ , si può determinare l'altezza di pioggia  $h(T_c)$  e quindi la relativa intensità  $i=h(T_c)/T_c$ .

#### 5.4 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEI COLLETTORI

Il dimensionamento dei collettori fognari principali delle acque meteoriche (C01, C02 e C03 di Figura 55) è stato fatto sulla base delle seguenti scelte

- Materiale tubazione: PEAD
- Pendenze dei collettori:  $i=0,2\%$

E' stata effettuata anche una verifica considerando invece tubazioni in Cls e una pendenza dei collettori  $i=0,3\%$ , ottenendo risultati analoghi a quelli relativi alle tubazioni in PEAD con pendenze dei collettori inferiori.

Il dimensionamento delle condotte è stato svolto verificando i diametri prescelti siano in grado di smaltire la portata di progetto con tempo di ritorno 20 anni con un franco prestabilito.

La formula di deflusso utilizzata è quella di Gaukler-Strickler:

$$Q_p = A \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad [6]$$

nella quale:

- $Q_p$ , è la portata espressa in mc/s
- $k$  è il coefficiente di scabrezza
- $A$  è l'area bagnata [mq]
- $R$  è il raggio idraulico [m]
- $i$  è la pendenza [m/m].

Il riempimento del collettore nelle condizioni di progetto deve essere inferiore a quello a cui corrisponde la massima velocità di moto uniforme (per condotte circolari avviene con un tirante pari a circa l'80% del diametro), pertanto la condizione di verifica che è stata assunta prevede che il tirante massimo sia inferiore al 75% del diametro interno (grado di riempimento massimo delle condotte pari a 0,75). Si è inoltre cercato di avere velocità della corrente nelle condotte non inferiori a 0,5 m/s e non superiori a 4/5 m/s.

Per il coefficiente di scabrezza sono stati assunti i seguenti valori in funzione della tipologia di condotta utilizzata:

Materiale condotta	ks [m <sup>0.3</sup> /s]
Cls	70
PEAD Liscio	90

Seguono le Tabelle di riepilogo dei calcoli condotti, che hanno portato a identificare come diametri necessari per i collettori principali valori di 600-800 mm, ad eccezione del collettore finale per il quale risulta necessaria una condotta avente diametro 1000 mm. Sia il grado di riempimento delle condotte che la velocità della corrente all'interno delle stesse rispettano i vincoli di progetto prestabiliti.

### Calcolo della portata di progetto transitante nei singoli collettori principali

n. coll.	L (m)	Ap (ha)	At (ha)	c	c_med	i	Tr_i (min)	Tc (min)	h (mm)	Q (mc/s)
<b>C.01</b>	190	1,12	1,12	0,81	0,81	0,002	2,3	7,3	16,85	<b>0,349</b>
<b>C.02</b>	190	1,09	1,09	0,85	0,85	0,002	2,3	7,3	16,82	<b>0,357</b>
<b>C.03</b>	130	0,65	0,65	0,90	0,90	0,002	1,7	6,7	16,07	<b>0,232</b>
<b>CF</b>	30	0	2,86		0,85	0,002	0,3	7,6	17,25	<b>0,922</b>

### Verifica Collettore C.01

i	Ø <sub>INT</sub>	K <sub>s</sub>	Φ	h <sub>0</sub>	%riemp	A	R	Q	v	Ap/A
[m/m]	[mm]	[m <sup>0.3</sup> /s]	[deg]	[m]	[%]	[mq]	[m]	[mc/s]	m/s	[%]
0,20%	<b>800</b>	90	180	0,40	<b>50%</b>	0,251	0,200	<b>0,346</b>	<b>1,377</b>	50%

### Verifica Collettore C.02

i	Ø <sub>INT</sub>	K <sub>s</sub>	Φ	h <sub>0</sub>	%riemp	A	R	Q	v	Ap/A
[m/m]	[mm]	[m <sup>0.3</sup> /s]	[deg]	[m]	[%]	[mq]	[m]	[mc/s]	m/s	[%]
0,20%	<b>800</b>	90	182	0,41	<b>51%</b>	0,257	0,202	<b>0,356</b>	<b>1,387</b>	51%

### Verifica Collettore C.03

i	Ø <sub>INT</sub>	K <sub>s</sub>	Φ	h <sub>0</sub>	%riemp	A	R	Q	v	Ap/A
[m/m]	[mm]	[m <sup>0.3</sup> /s]	[deg]	[m]	[%]	[mq]	[m]	[mc/s]	m/s	[%]
0,20%	<b>600</b>	90	210	0,38	<b>63%</b>	0,187	0,170	<b>0,232</b>	<b>1,237</b>	66%

### Verifica Collettore C.F

i	Ø <sub>INT</sub>	K <sub>s</sub>	Φ	h <sub>0</sub>	%riemp	A	R	Q	v	Ap/A
[m/m]	[mm]	[m <sup>0.3</sup> /s]	[deg]	[m]	[%]	[mq]	[m]	[mc/s]	m/s	[%]
0,20%	<b>1000</b>	90	212	0,64	<b>64%</b>	0,529	0,286	<b>0,923</b>	<b>1,746</b>	67%

## 6 CONCLUSIONI

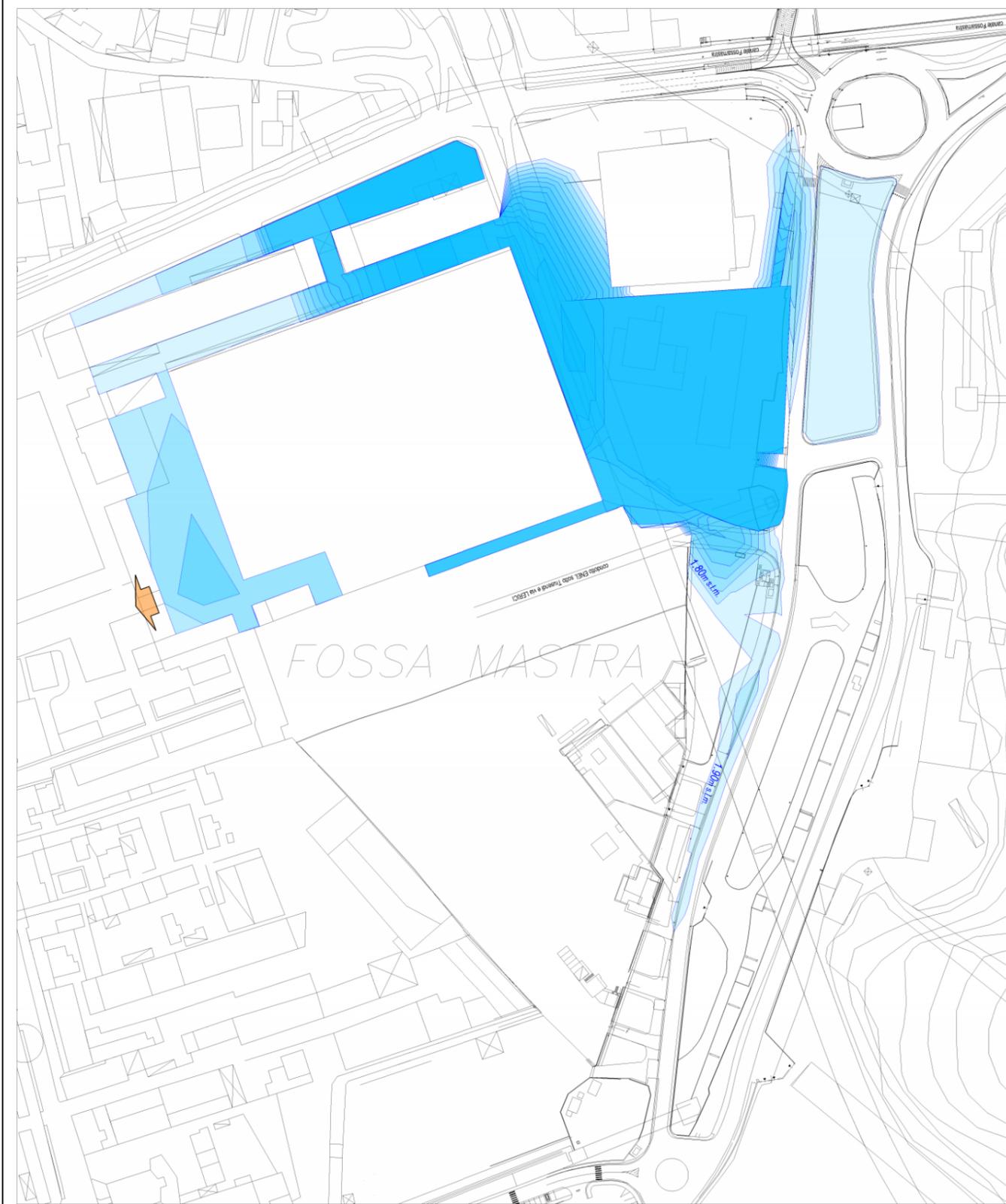
Alla luce dei risultati degli approfondimenti e delle analisi condotte nel presente studio si possono trarre le seguenti principali conclusioni relativamente agli aspetti idraulici inerenti il Progetto di Trasformazione delle aree Tarros in loc. Fossamastra (Sub-distretto API 5a).

- 1) Nel settore sud del Sub-distretto API5a (Lotti denominati A e B nel Progetto di Trasformazione) è presente un tratto a cielo aperto di un corso d'acqua di 3° livello (cd "Fosso Pagliari B", vedi § 3), in relazione al quale l'ammissibilità degli interventi previsti nel Progetto di Trasformazione è garantita dal rispetto di una fascia di 10 m di inedificabilità assoluta (vedi Figura 14), ai sensi del combinato disposto di cui l'art. 8 comma 2 delle Norme di Piano e l'art.4 comma 3 del R.R. n.3/2011. Come già evidenziato al § 3.2 si ribadisce che le evidenze di campagna configurano la possibilità che il tratto in parola non sia in realtà un tratto di reticolo idrografico quanto piuttosto un canale di drenaggio urbano delle acque meteoriche provenienti dalle aree limitrofe. Sono attualmente in corso specifici approfondimenti in merito a cura dell'Amministrazione comunale; sulla base degli esiti di tali approfondimenti potranno essere valutate eventuali possibili modificazioni alla vincolistica attualmente da rispettare nelle aree Tarros oggetto di progetto di trasformazione (Lotti denominati A e B) e, conseguentemente, alle relative previsioni urbanistiche.
- 2) Una porzione a nord del Sub-distretto API 5a (identificabile con parte del Lotto denominato C nel Progetto di Trasformazione) ricade in area interessata dalla Fascia B del Piano di Bacino Ambito 20 della Spezia e risulta a rischio di allagamento in caso di evento di piena 200-ennale del Canale Fossamastra (Figura 9.). Secondo le Norme di Piano (Art 15, comma 3, lett. a) nella fascia denominata B sono consentiti gli interventi di nuova edificazione - come previsto nel caso del Lotto C del Progetto di Trasformazione in parola - a condizione che gli stessi "*ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento, e purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi ...*". Gli approfondimenti idraulici condotti (§ 4) hanno mostrato come la porzione del Sub-distretto API5/a interessata dalla Fascia B possa essere effettivamente ritenuta a minor pericolosità idraulica in relazione ai valori attesi di tiranti e velocità per l'evento di piena duecentennale in accordo ai criteri di cui al § 2 dell'allegato tecnico alla D.G.R. n.91/2013 (vedi Figura 30 e Figura 54) e pertanto come gli interventi in essa previsti dal progetto di trasformazione risultino ammissibili. In merito alle misure ed agli accorgimenti tecnico-costruttivi volti a ridurre la vulnerabilità degli interventi di nuova edificazione ammissibili in fascia B si rimanda ai contenuti dell'Allegato 5 delle Norme di Piano.
- 3) Per quanto attiene lo smaltimento delle acque meteoriche relative al sub-distretto di trasformazione in parola, è stata prevista una rete di collettori principali che - pur mantenendo il recapito finale alla stazione di pompaggio attualmente utilizzata per lo smaltimento delle acque afferenti le medesime aree (Figura 55) - razionalizza e dimensiona opportunamente la rete di collettori anche considerando le eventuali,

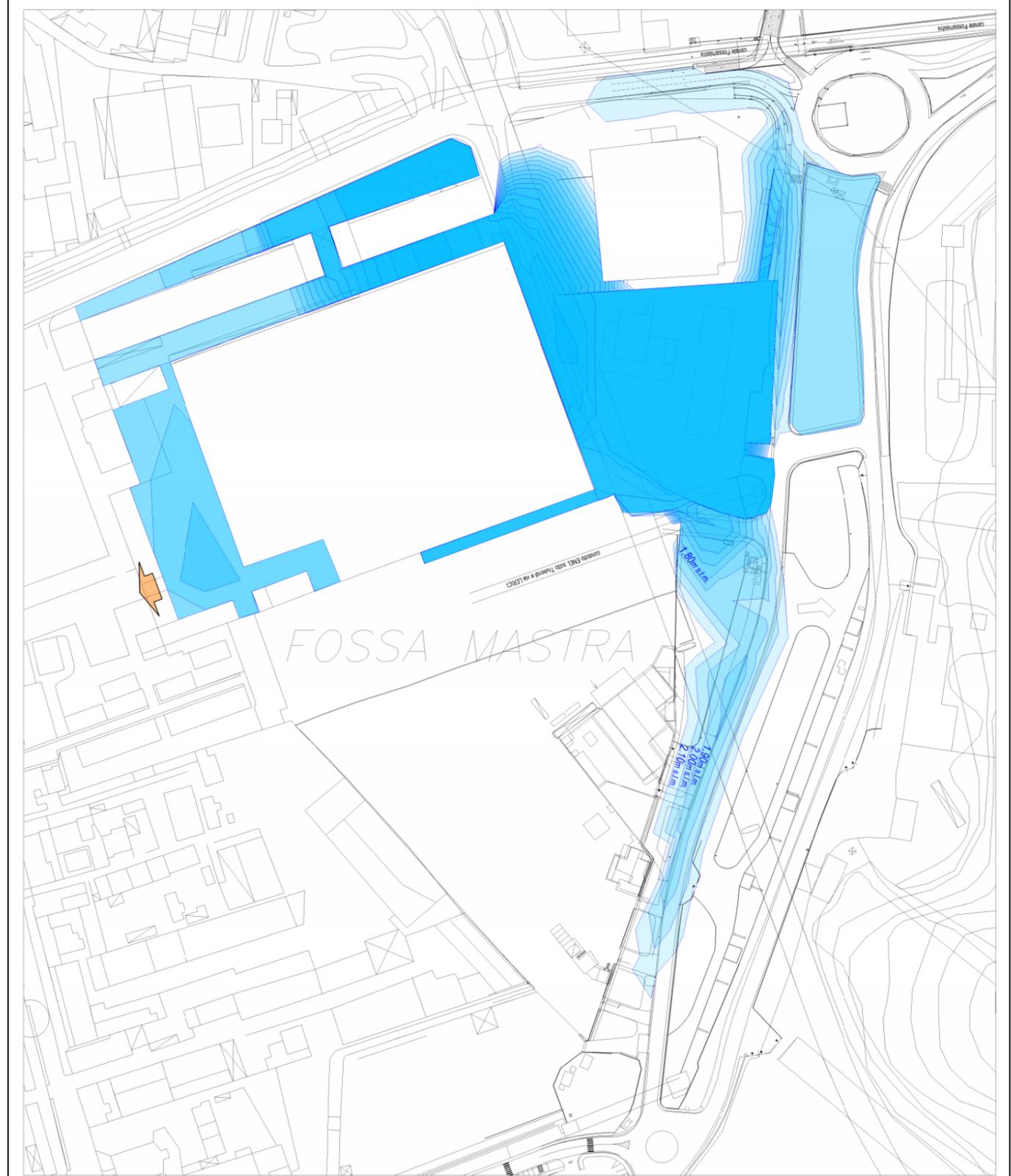
future, evoluzioni nell'assetto urbanistico delle aree limitrofe (ad es. relativamente alle aree attualmente occupate da Enel) e la conseguente possibilità di realizzare un deflusso naturale a mare delle acque meteoriche provenienti dalle aree Tarros (vedi Tav.P.23).

## **7 ELABORATI GRAFICI**

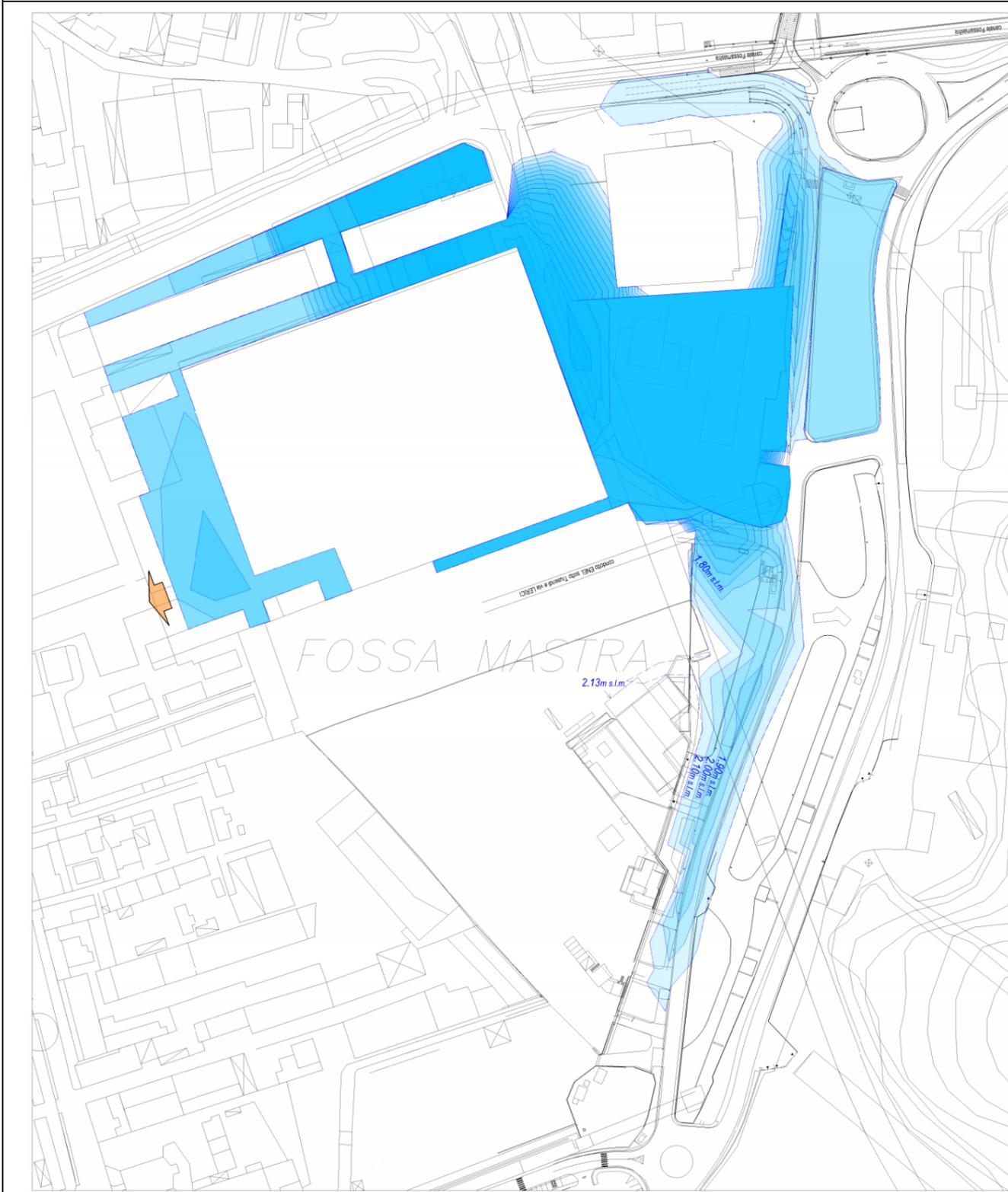
**GRAFICO 1:** Quota invaso: 1.90m s.l.m. - Inizio deflusso uscita secondaria Chiolerio



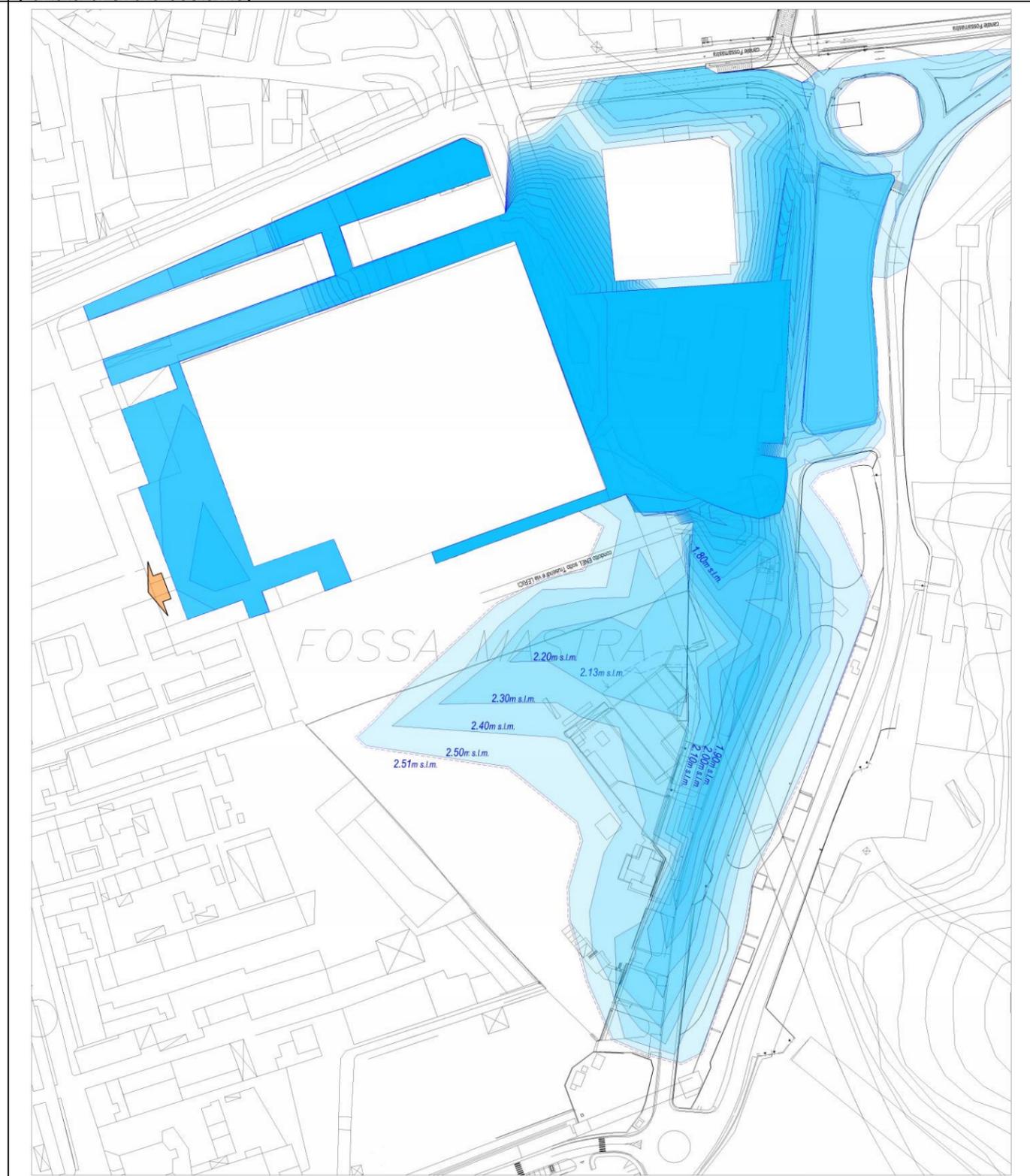
**GRAFICO 2:** Quota invaso 2.10m, invaso ancora esterno alle aree Tarros (distretto API5/a)



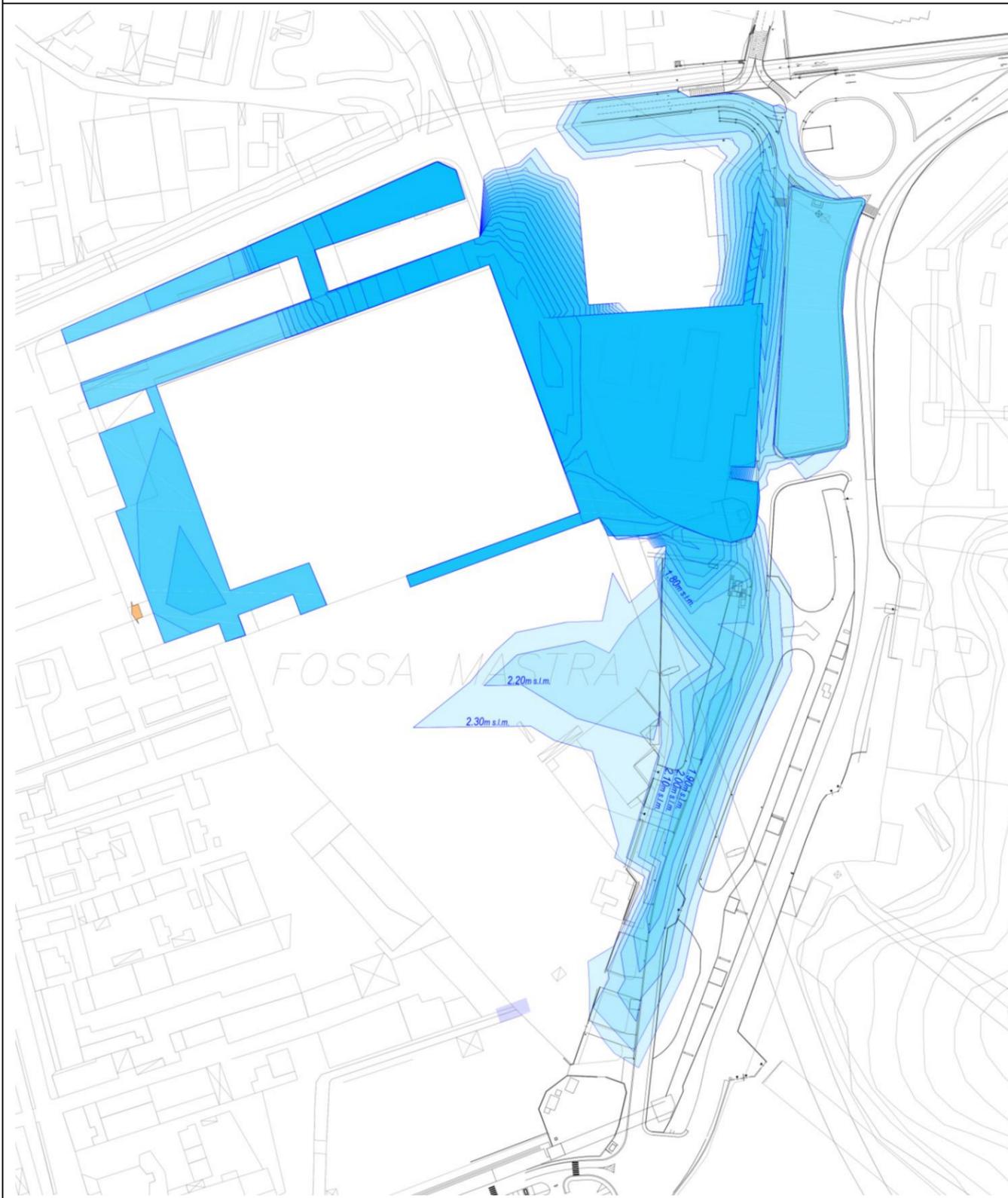
**GRAFICO 3:** Quota pelo libero: 2.13m - Massima espansione HYDRO\_02 [idrogramma trapezoidale:  $T_p=2 \cdot T_c$ ]



**GRAFICO 4:** Quota pelo libero: 2.51m - Massima espansione HYDRO\_01 idrogramma triangolare  $T_p=T_c$  e portata di sfioro costante]



**GRAFICO 5:** Quota pelo libero: 2.30m - Massima espansione HYDRO\_03 (Tp=Tc e modellazione portata di sfioro variabile)



**GRAFICO 6:** HYDRO\_03 (Tp=Tc e modellazione portata di sfioro variabile) - Sovrapposizione aree allagabili con il limite del distretto di trasformazione API5a del PUO



## **APPENDICE**

### **MODELLO MONODIMENSIONALE HEC-RAS E RISULTATI DELLE SIMULAZIONI**

## HEC-RAS

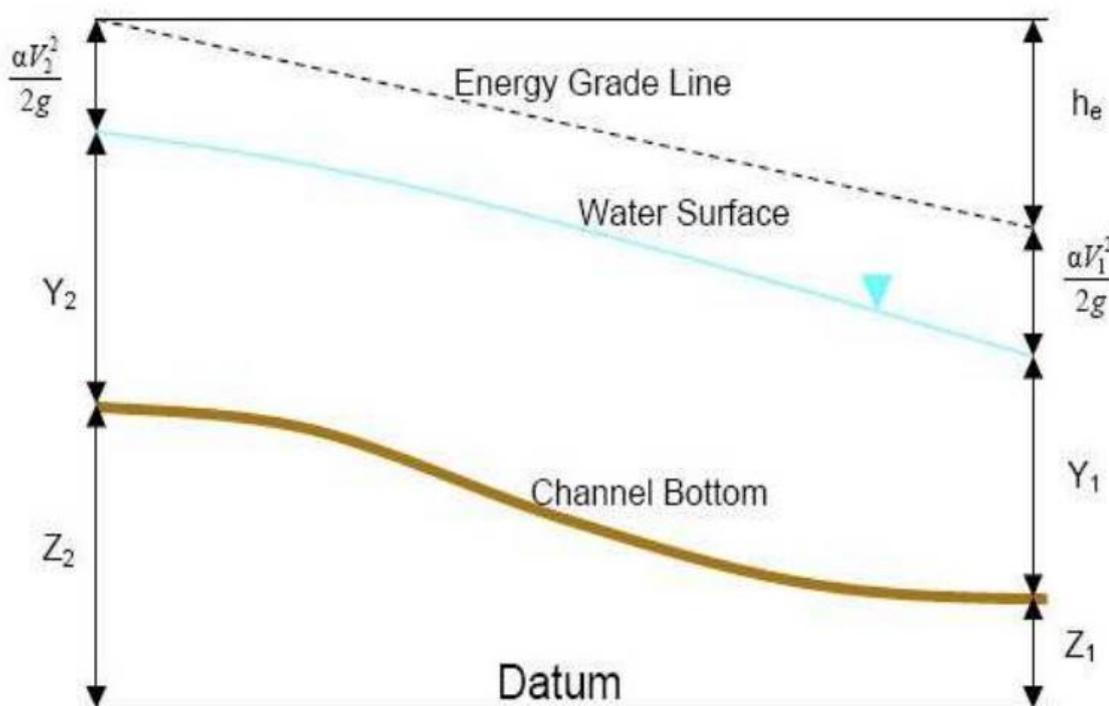
Il modello idraulico che è stato utilizzato per la simulazione in moto permanente del tratto indagato è denominato HEC - RAS (versione 5.0.3) ed è stato sviluppato dalla Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corp of Engineers. Tale modello è in grado di effettuare calcoli in condizioni stazionarie e non stazionarie, per condizioni di corrente lenta, veloce e mista, ricavando le principali caratteristiche del moto.

La determinazione dei parametri fisici che descrivono il deflusso in moto permanente all'interno di una sezione d'alveo in HEC – RAS è basata sulle seguenti ipotesi semplificative:

- moto gradualmente variato;
- distribuzione idrostatica delle pressioni in ciascuna sezione (linee di corrente rettilinee e parallele);
- perdite di carico continue mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- sponde e fondo delle sezioni fisse (no erosione).

### Equazioni di base del modello

HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia critico o supercritico, mediante la procedura iterativa denominata *standard step*, risolvendo l'equazione del bilancio energetico (vedi Figura 57) di seguito riportata:



**Figura 57:** Schema di calcolo dell'equazione del bilancio energetico

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e$$

Dove:

$Y_1$  e  $Y_2$  sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

$Z_1$  e  $Z_2$  sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

$V_1$  e  $V_2$  sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

$\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

$h_e$  è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine  $h_e$  dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L_s \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Dove:

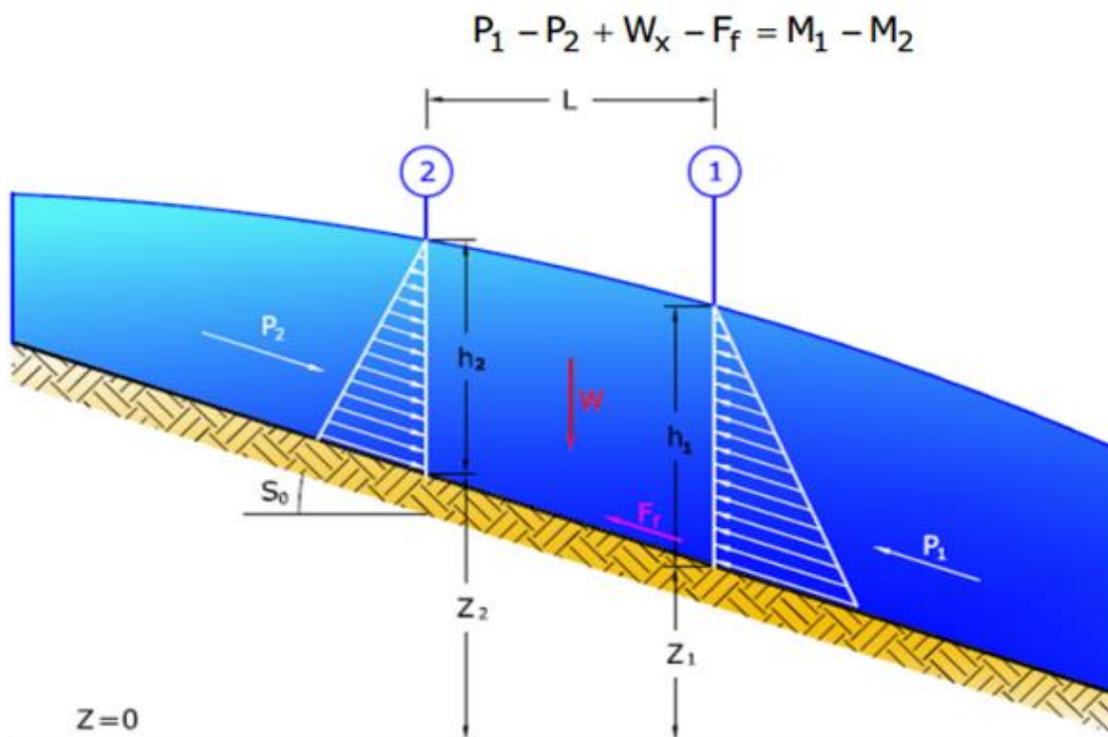
$L$  è la lunghezza del tronco considerato;

$\overline{S_f}$  è la cadente media tra le due sezioni;

$C$  è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media (equazione di Manning). Il secondo termine dell'equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente  $C$  varia in un intervallo compreso tra 0.1 ed 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad un'assegnata sezione, viene determinato mediante risoluzione iterativa delle due equazioni citate. Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta a veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico (vedi Figura 58), riportata di seguito:



**Figura 58:** Schema di calcolo dell'equazione globale di equilibrio dinamico

Dove:

$P_1$  e  $P_2$  sono le spinte agenti in corrispondenza delle sezioni 1 e 2;

$W_x$  è la componente della forza peso del volume di controllo nella direzione del moto;

$F_f$  è la forza resistente dovuta all'attrito;

$M_2$  e  $M_1$  sono i flussi della quantità di moto entranti ed uscenti dalle sezioni 2 e 1;

Esplicitando i vari termini si ottiene la formula funzionale dell'equazione globale di equilibrio dinamico utilizzata da HEC – RAS:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot \Sigma_2} + \Sigma_2 \cdot h_2 + \left( \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left( \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot \bar{S}_f = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot \Sigma_1} + \Sigma_1 \cdot h_1$$

### Condizioni al contorno per il Canale Fossamastra

Non potendo definire a priori le condizioni di moto della corrente (lenta o veloce, sub-critica o super-critica) in quanto le condizioni d'alveo nel tratto simulato risultano eterogenee sia in termini di pendenze che in termini di sezioni, le simulazioni sono state condotte in regime di corrente mista. Ciò rende necessaria la definizione delle condizioni al contorno sia a monte che a valle del tratto simulato che, nel caso preso in esame, sono state assunte imponendo il transito attraverso l'altezza critica di deflusso.

### Parametri di scabrezza

In conformità con le indicazioni contenute all'interno della Norme di Attuazione del PAI Regionale, in analogia con lo studio idraulico degli interventi di “*Miglioramento idraulico del Tratto del Canale Fossamastra compreso tra il ponte di Via Privata Oto e Viale San Bartolmeo*” e sulla base della letteratura scientifica, i parametri di scabrezza (coefficiente di *Manning*) sono stati definiti come segue:

Fondo naturale con vegetazione:  $0.0285 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (C di Gauckler Strickler:  $35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ )

Sponde cementate:  $0.022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (C di Gauckler Strickler:  $45 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ )

Asfalto:  $0.016 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (C di Gauckler Strickler:  $62 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ), tale materiale non è presente tra quelli tabellati nelle norme di attuazione del PAI ma si è ritenuto significativo e da inserire all'interno delle modellazione vista la prossimità del Canale Fossamastra con la viabilità carrabile locale (Via Valdilocchi). Il coefficiente di scabrezza è stato scelto tra quelli proposti nell'Hydraulic Reference Manual (version 5.0 – Febbraio 2016) del modello HEC-RAS, certamente un indubbio riferimento a livello globale in materia.

Si riportano di seguito le altezze di deflusso in corrispondenza delle sezioni d'alveo per le modellazioni monodimensionali condotte: SA00, SB00 e SC00.

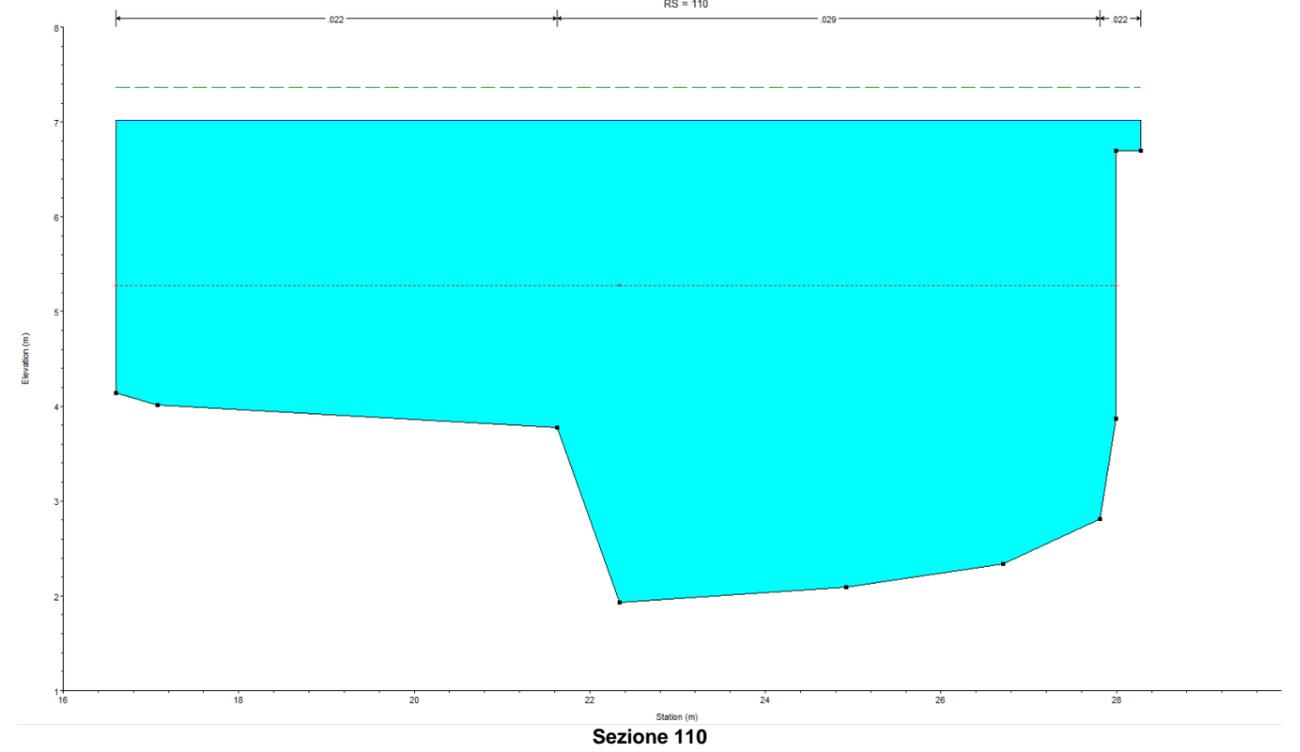
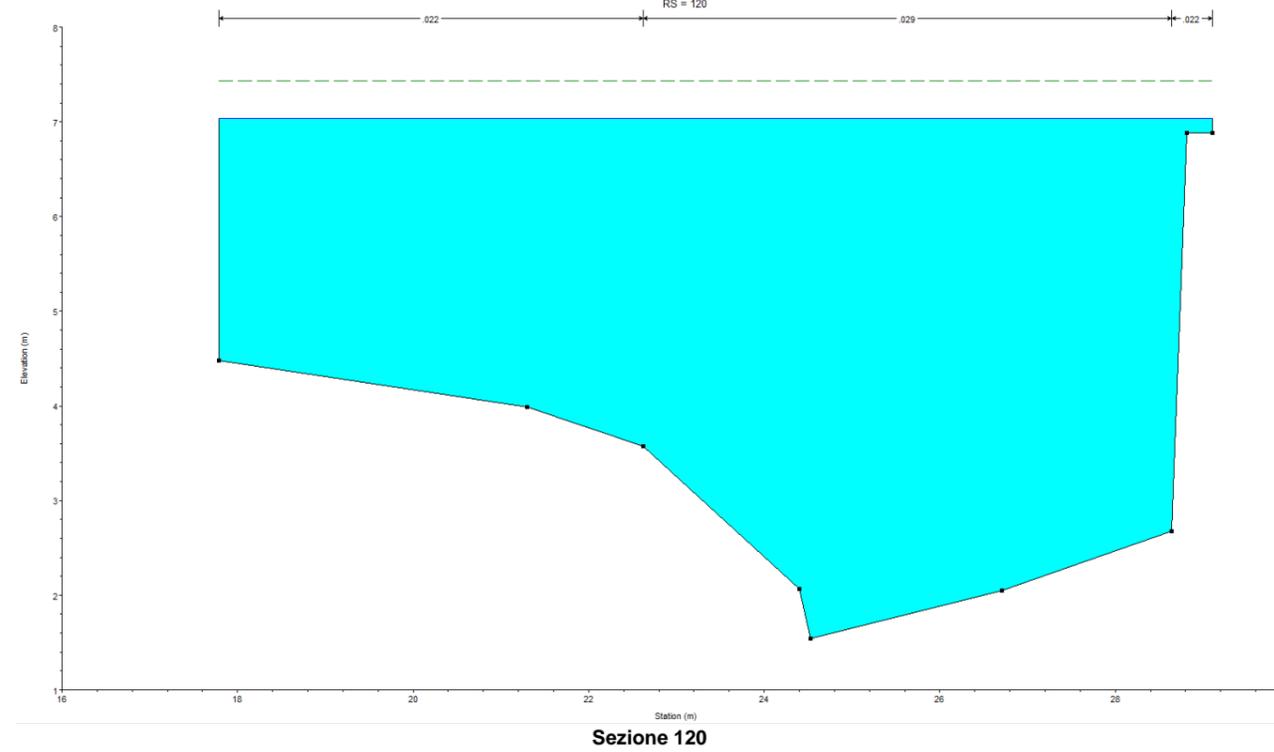
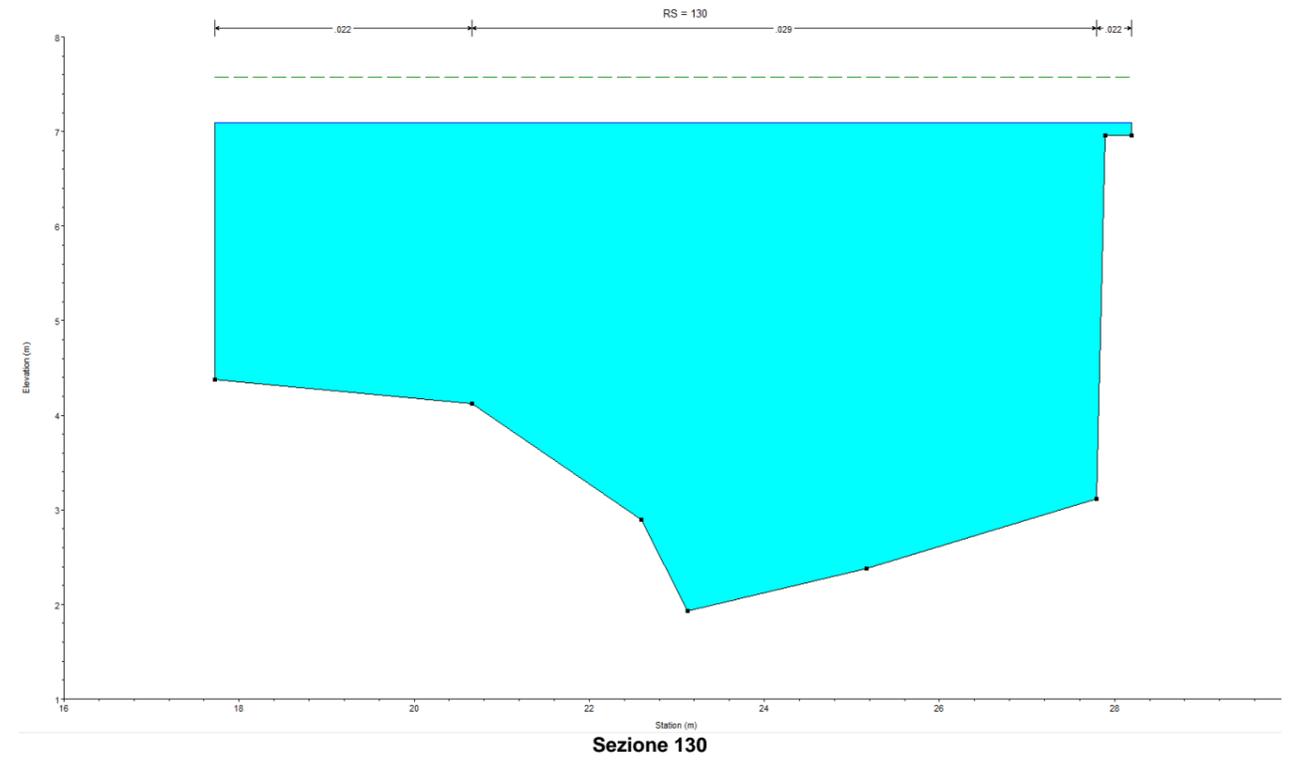
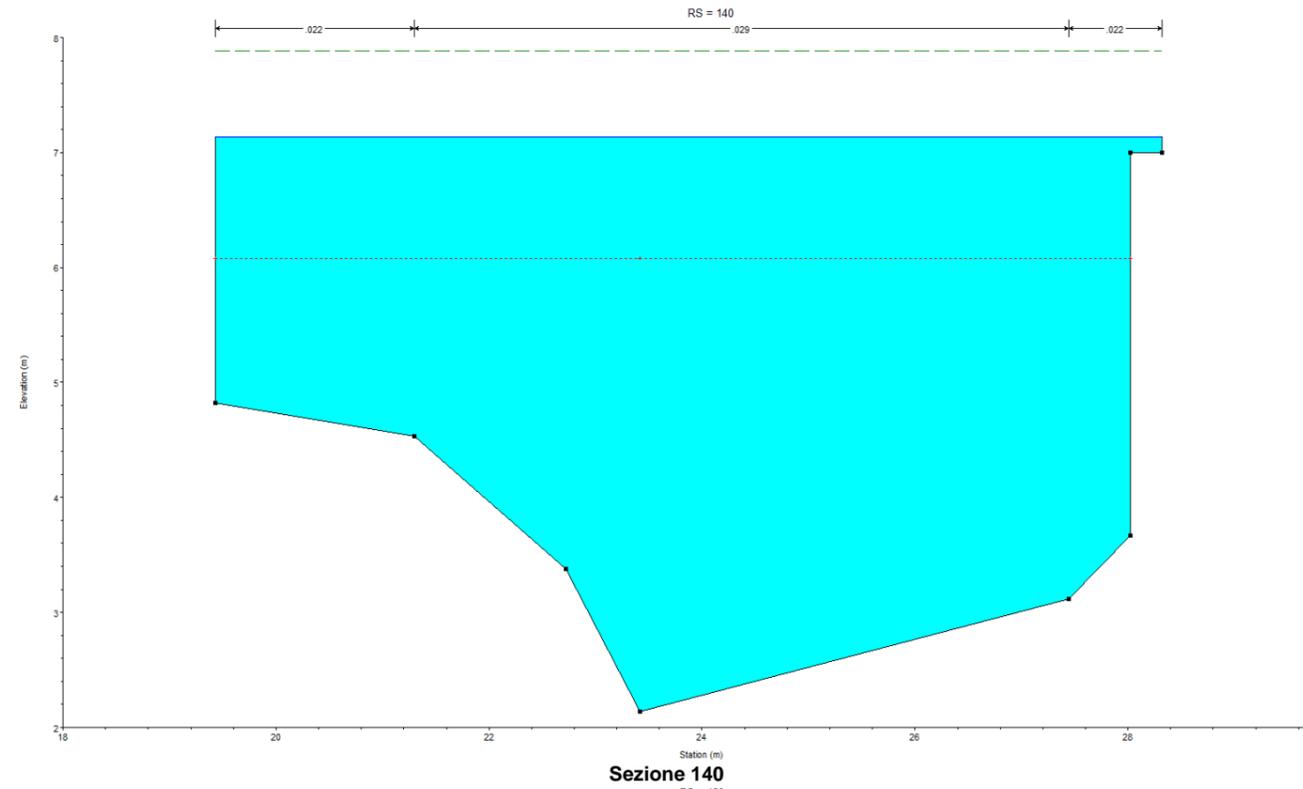
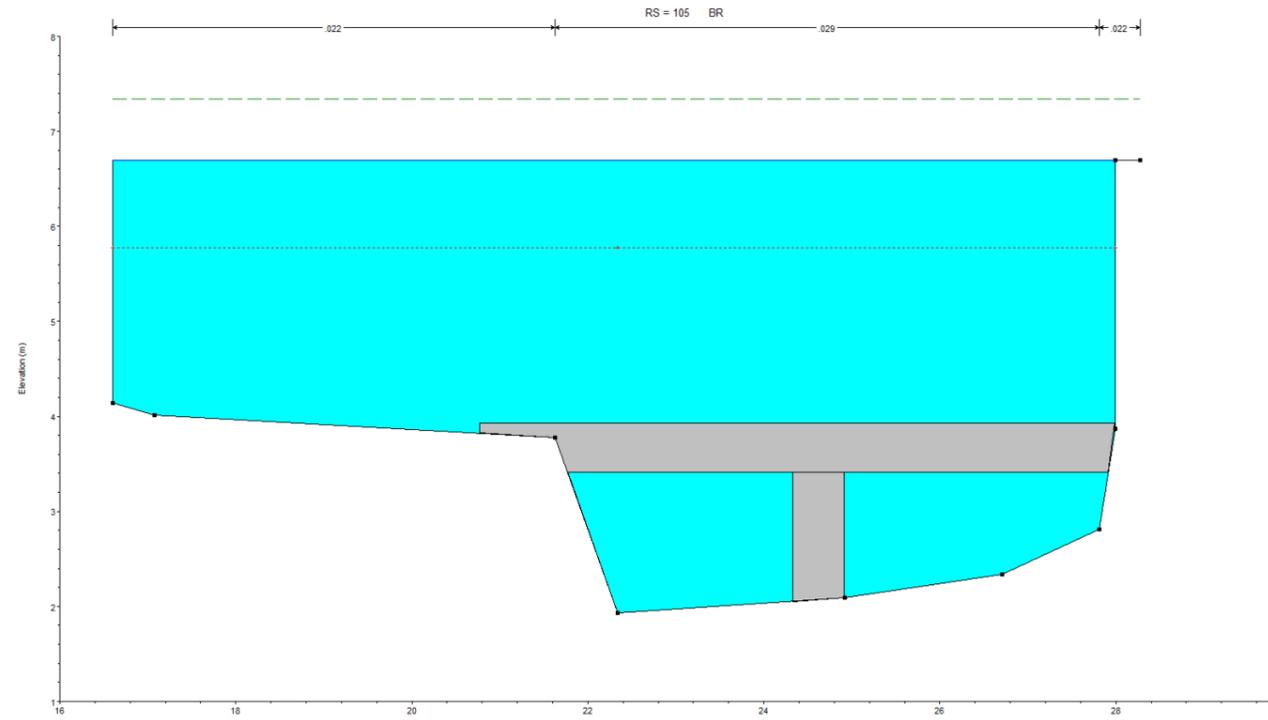
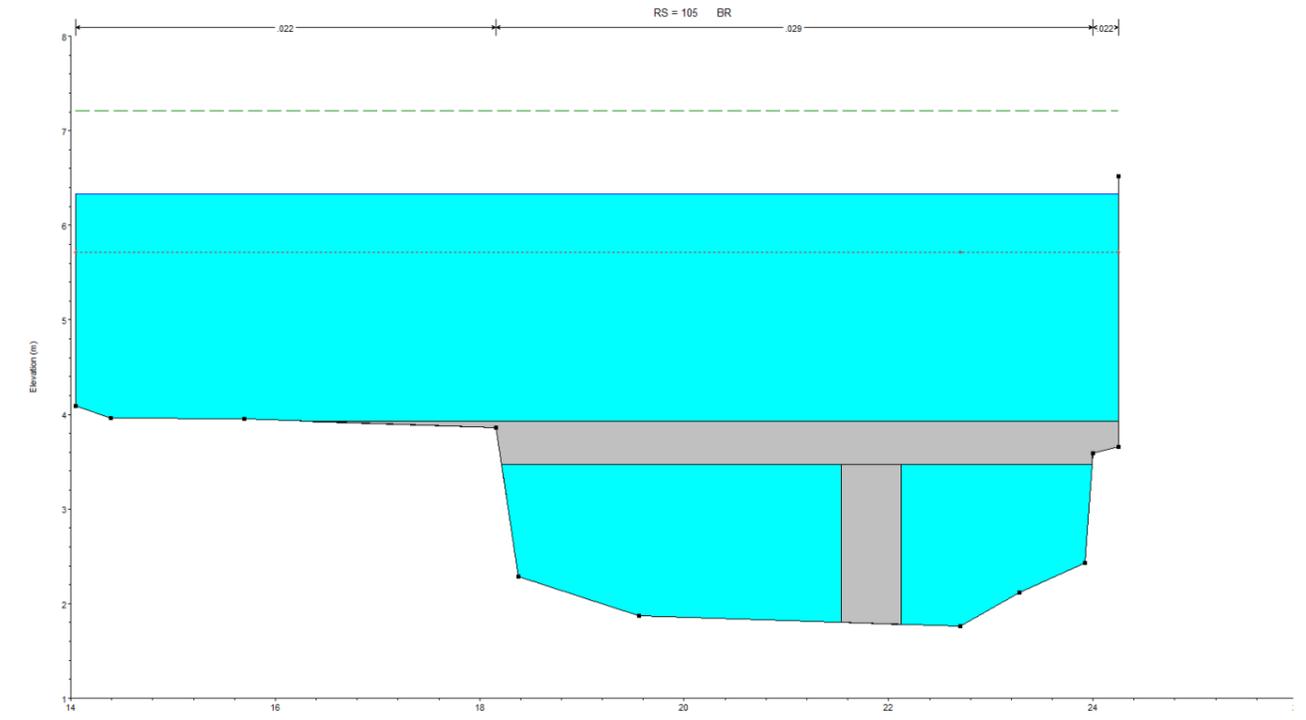


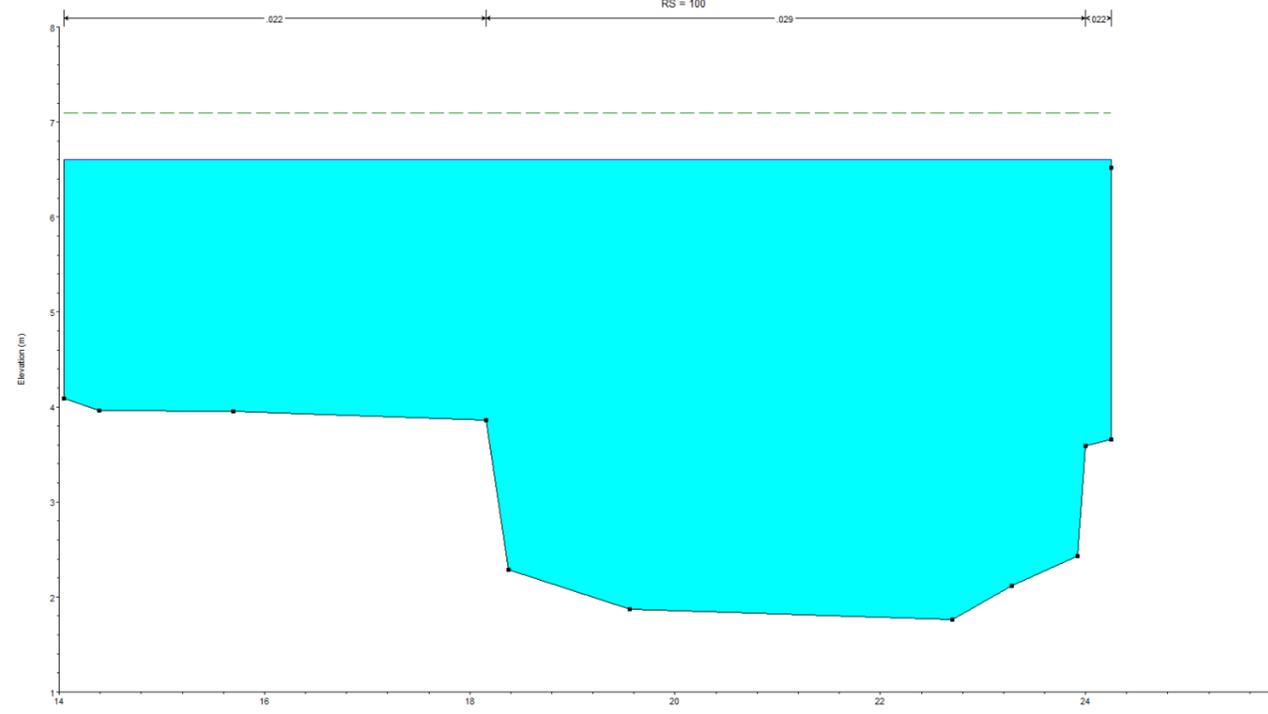
Figura 59: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SA00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 110÷140



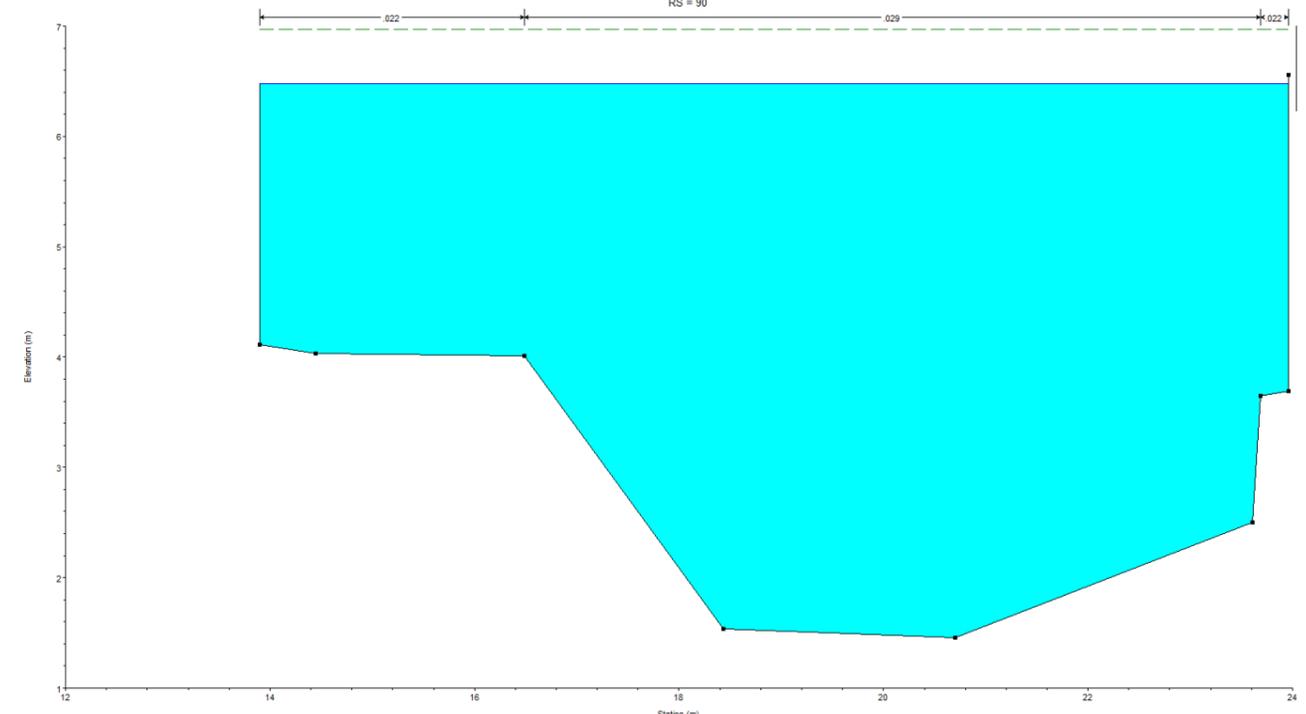
Sezione 105 (monte del primo attraversamento/ponte)



Sezione 105 (valle del primo attraversamento/ponte)

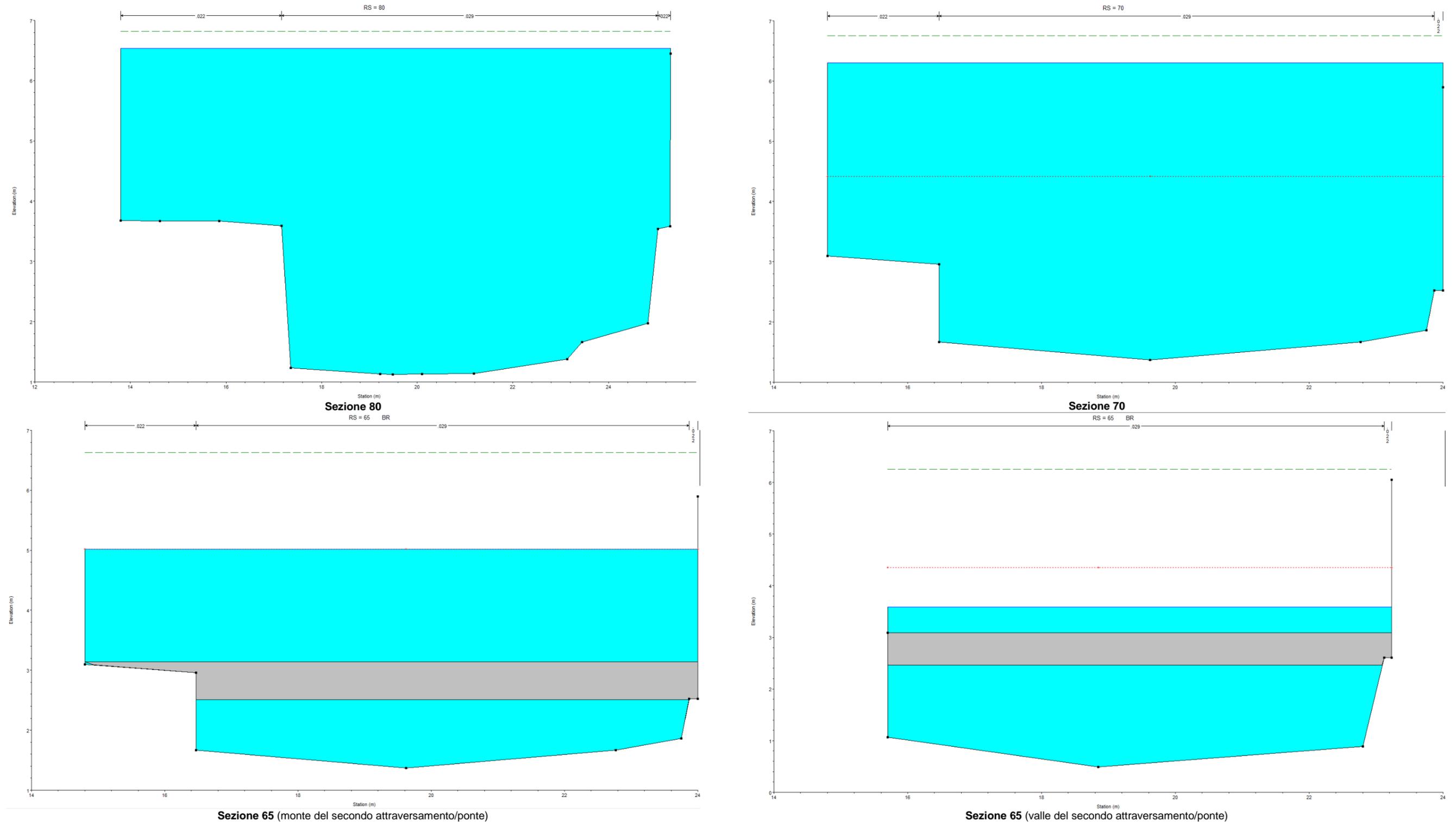


Sezione 100



Sezione 90

Figura 60: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SA00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 90÷105



**Figura 61:** Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SA00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 65÷80

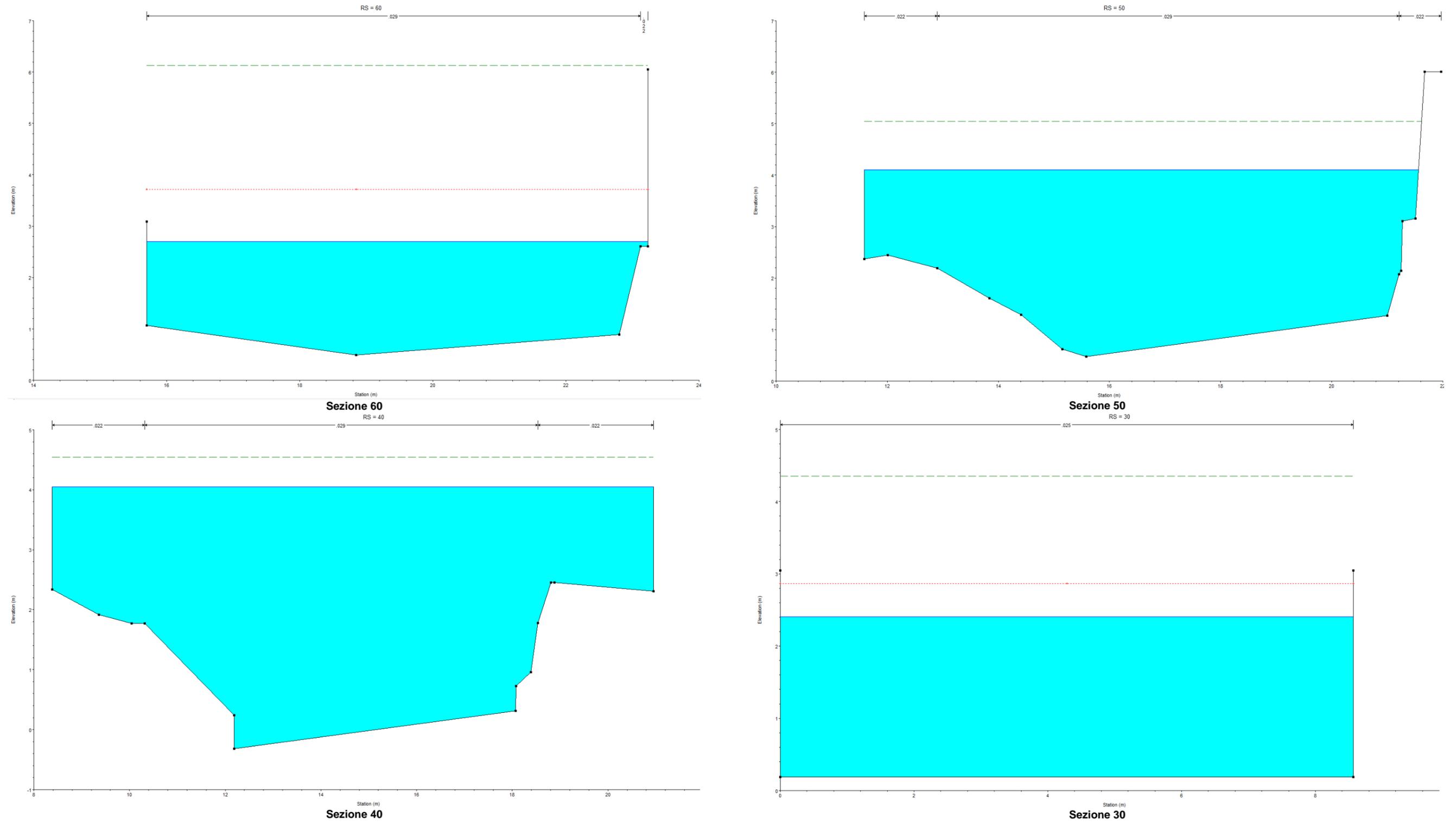


Figura 62: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SA00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 47-60

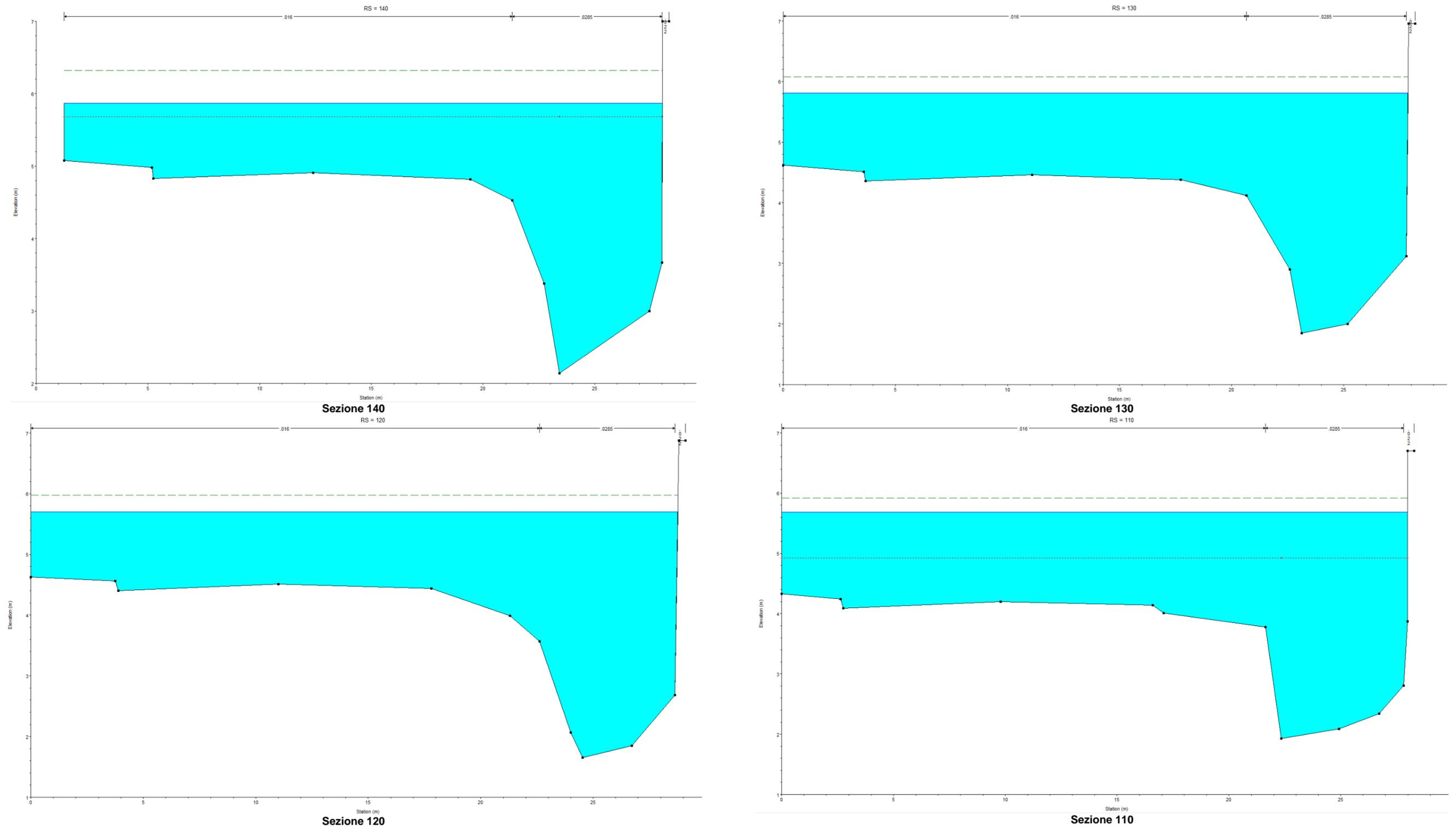
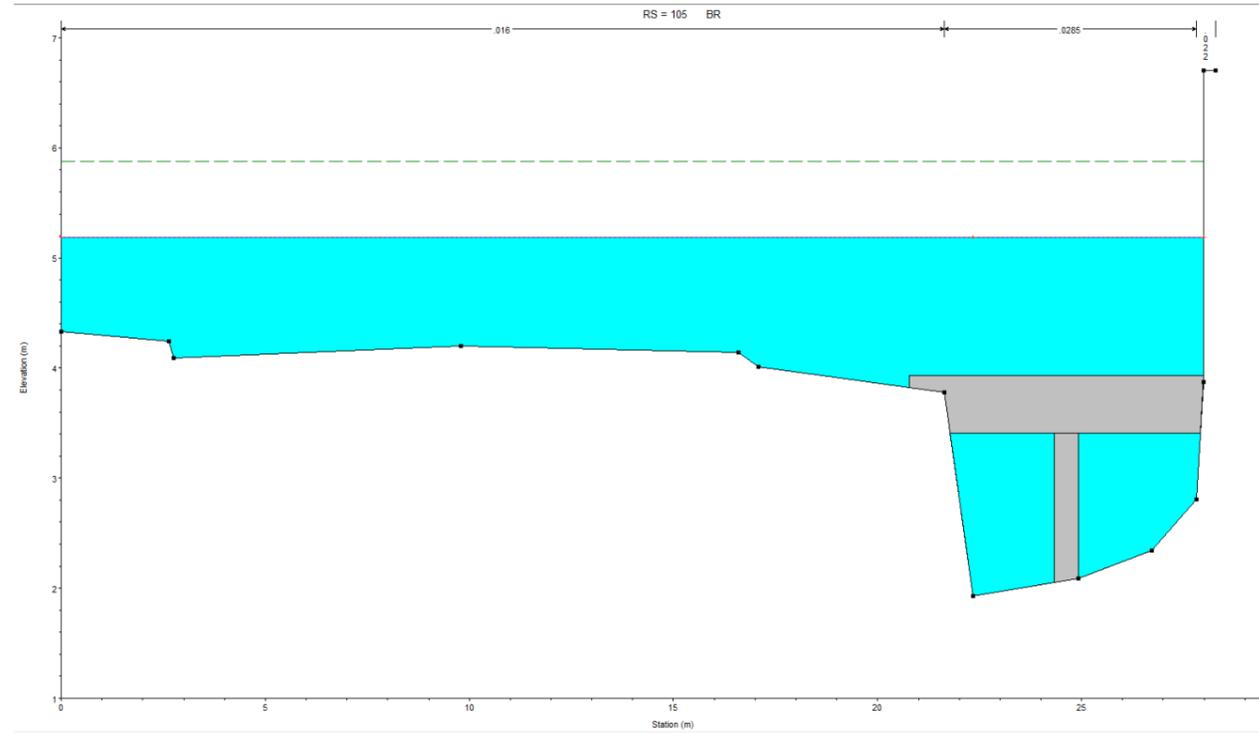
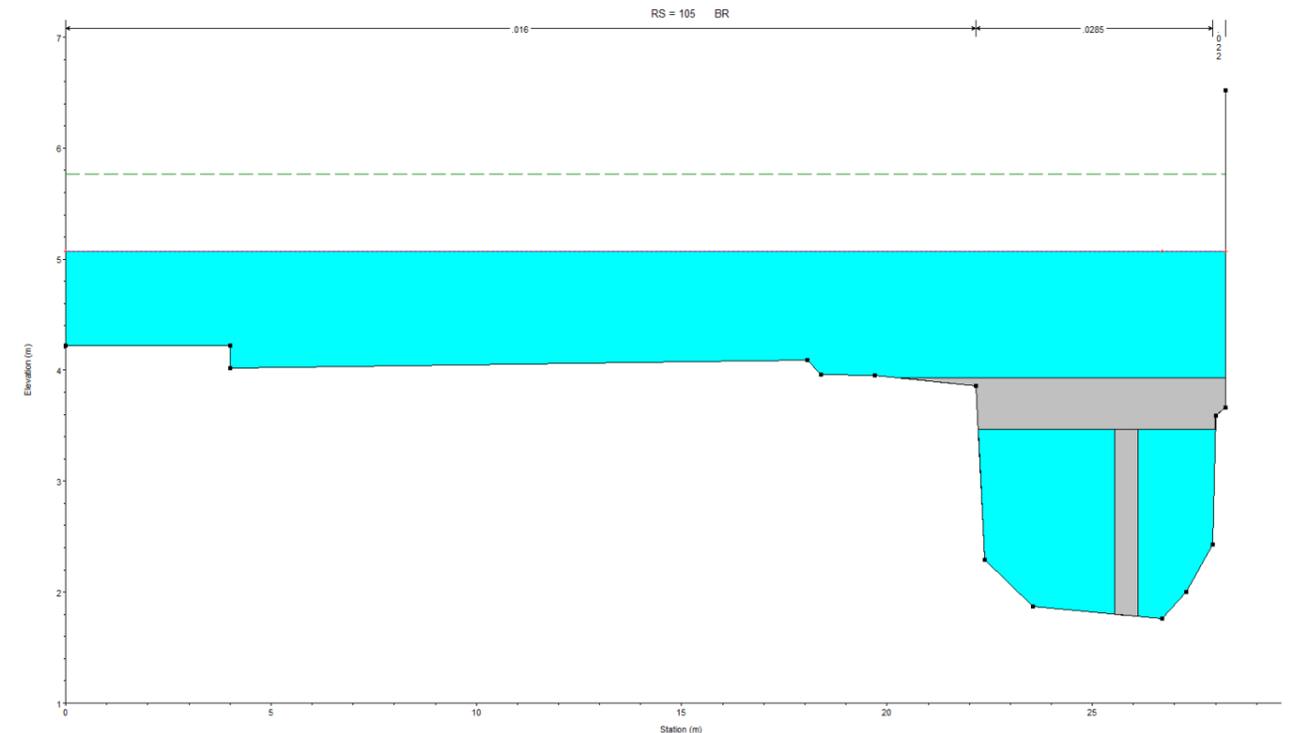


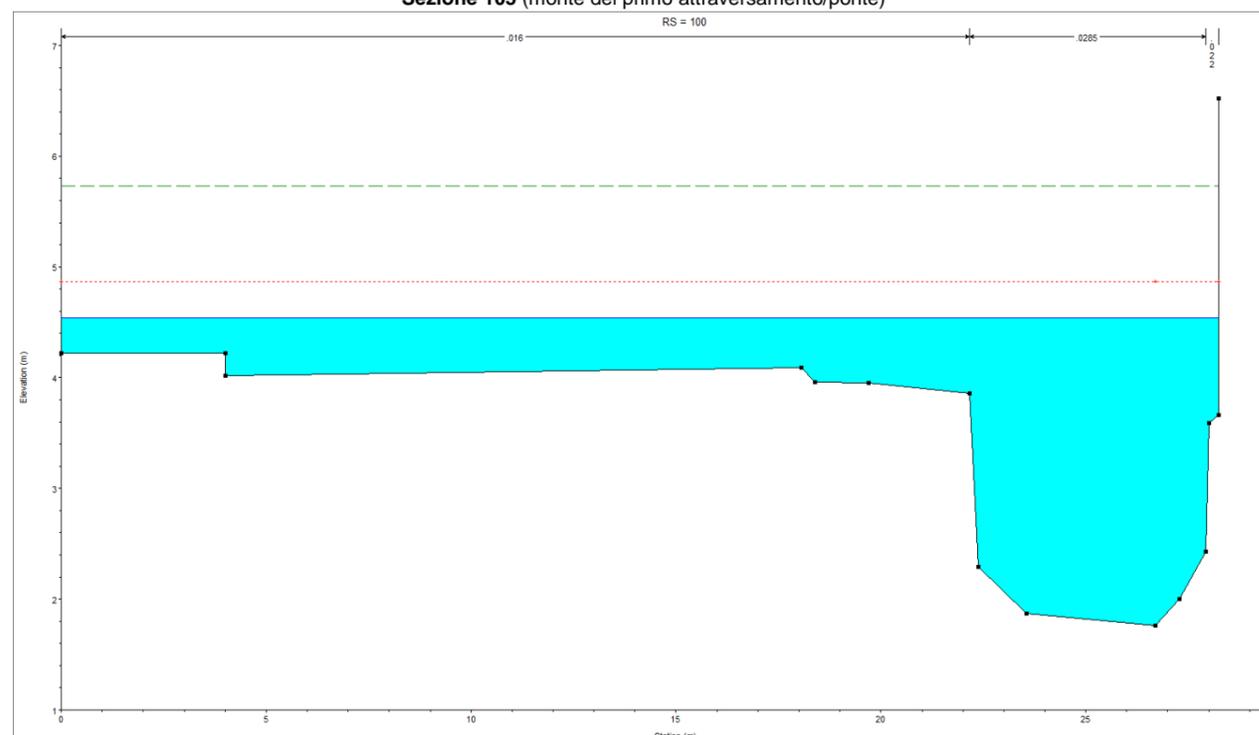
Figura 63 Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SB00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 110÷140



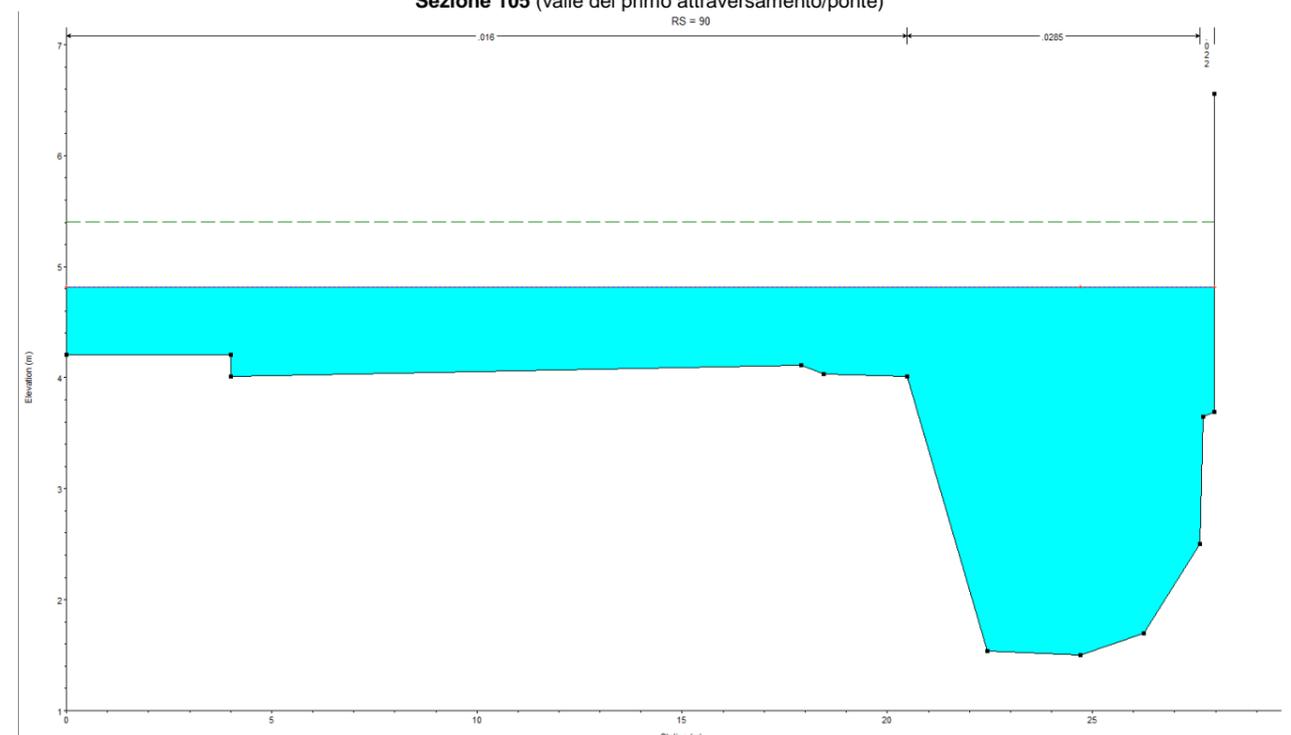
Sezione 105 (monte del primo attraversamento/ponte)



Sezione 105 (valle del primo attraversamento/ponte)

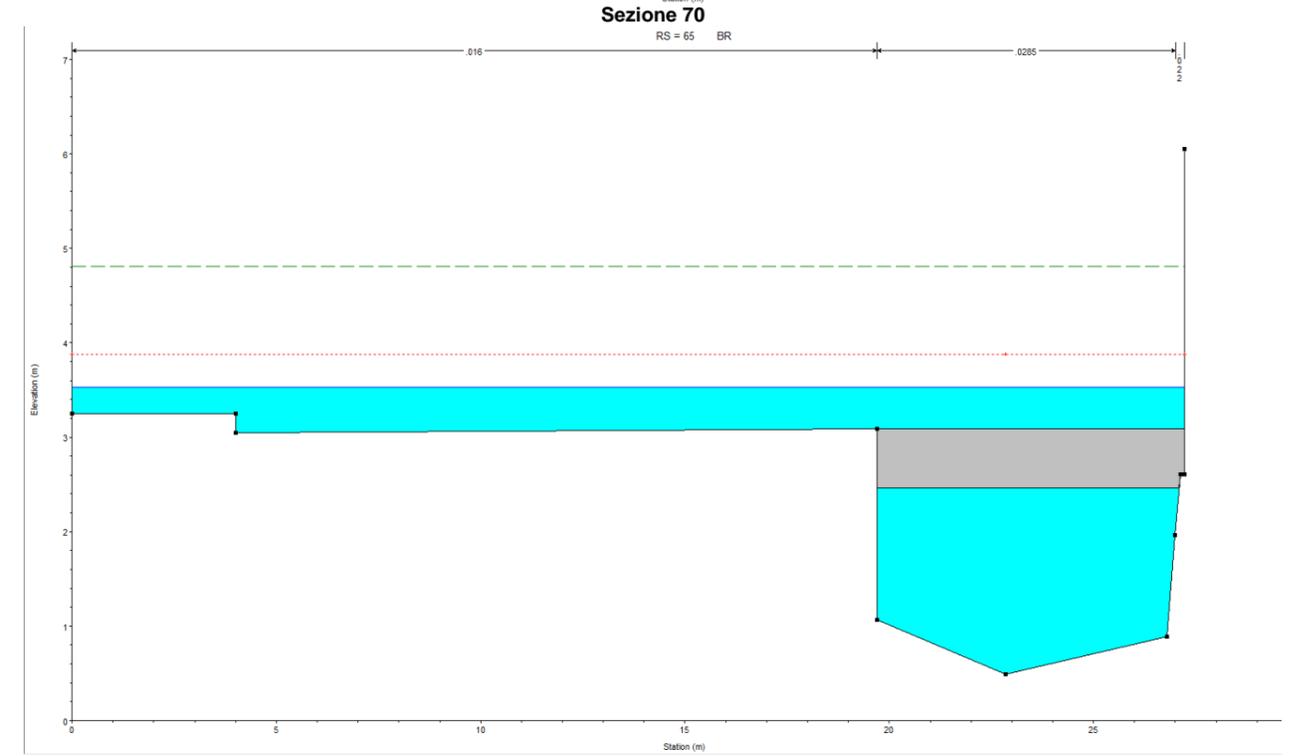
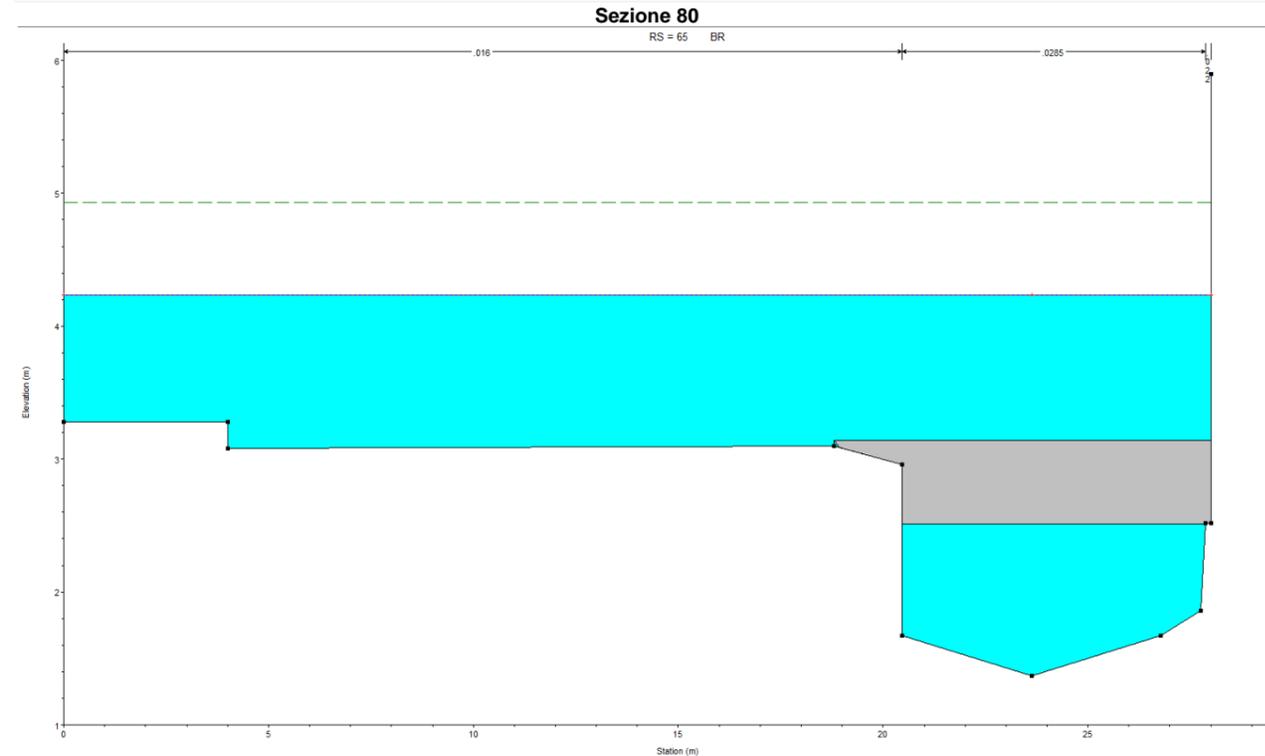
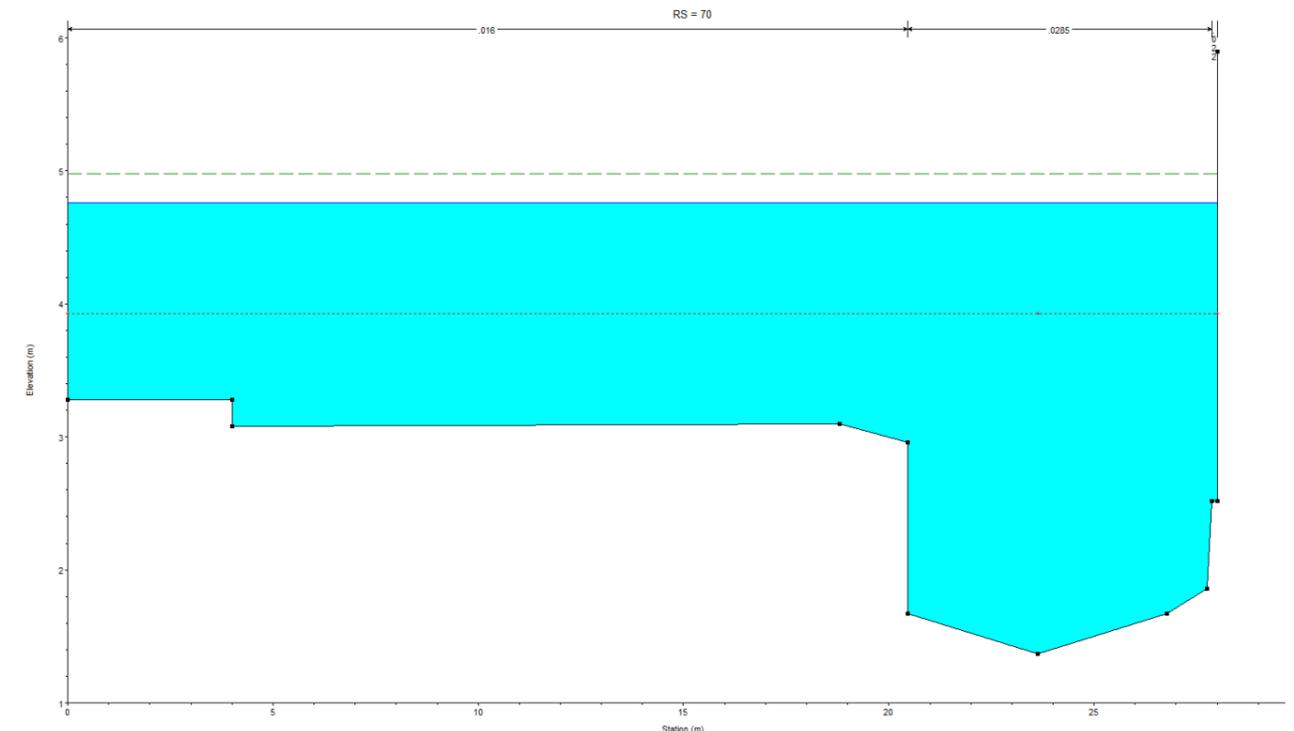
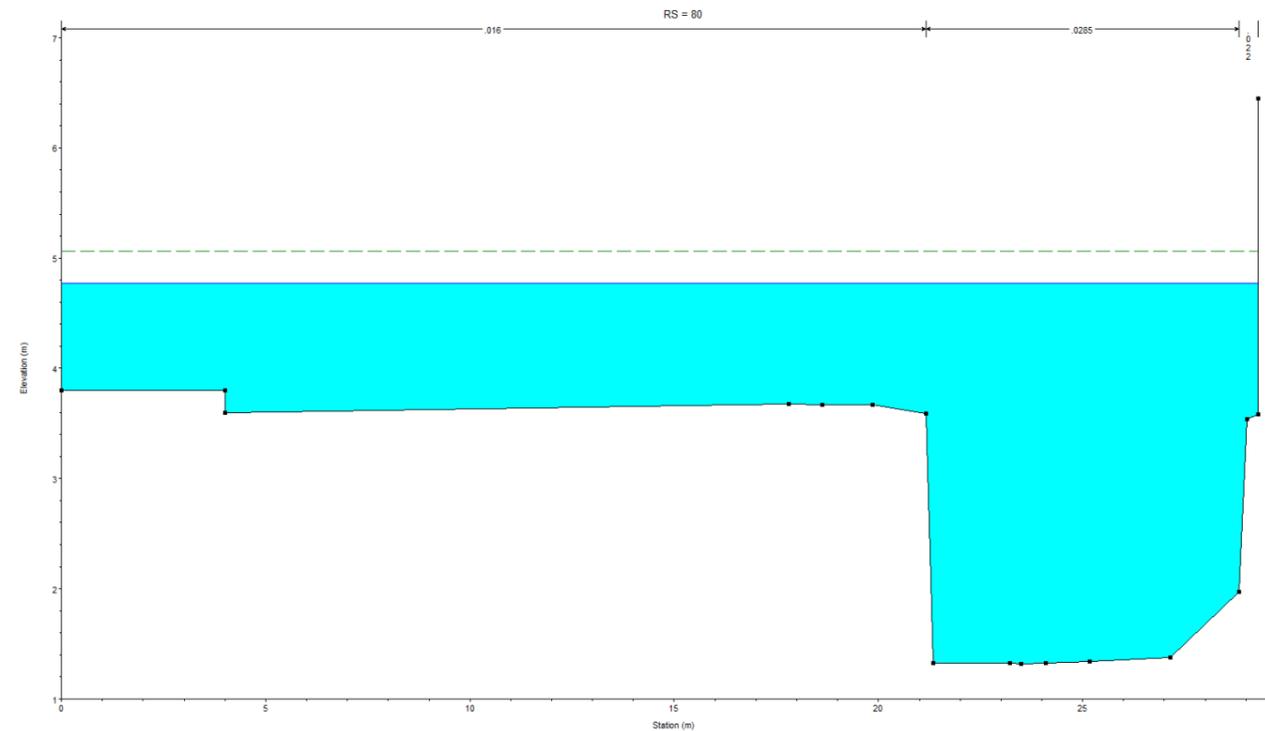


Sezione 100



Sezione 90

Figura 64: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SB00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 90÷105



Sezione 65 (monte del secondo attraversamento/ponte)

Sezione 65 (valle del secondo attraversamento/ponte)

Figura 65: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SB00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 65÷80

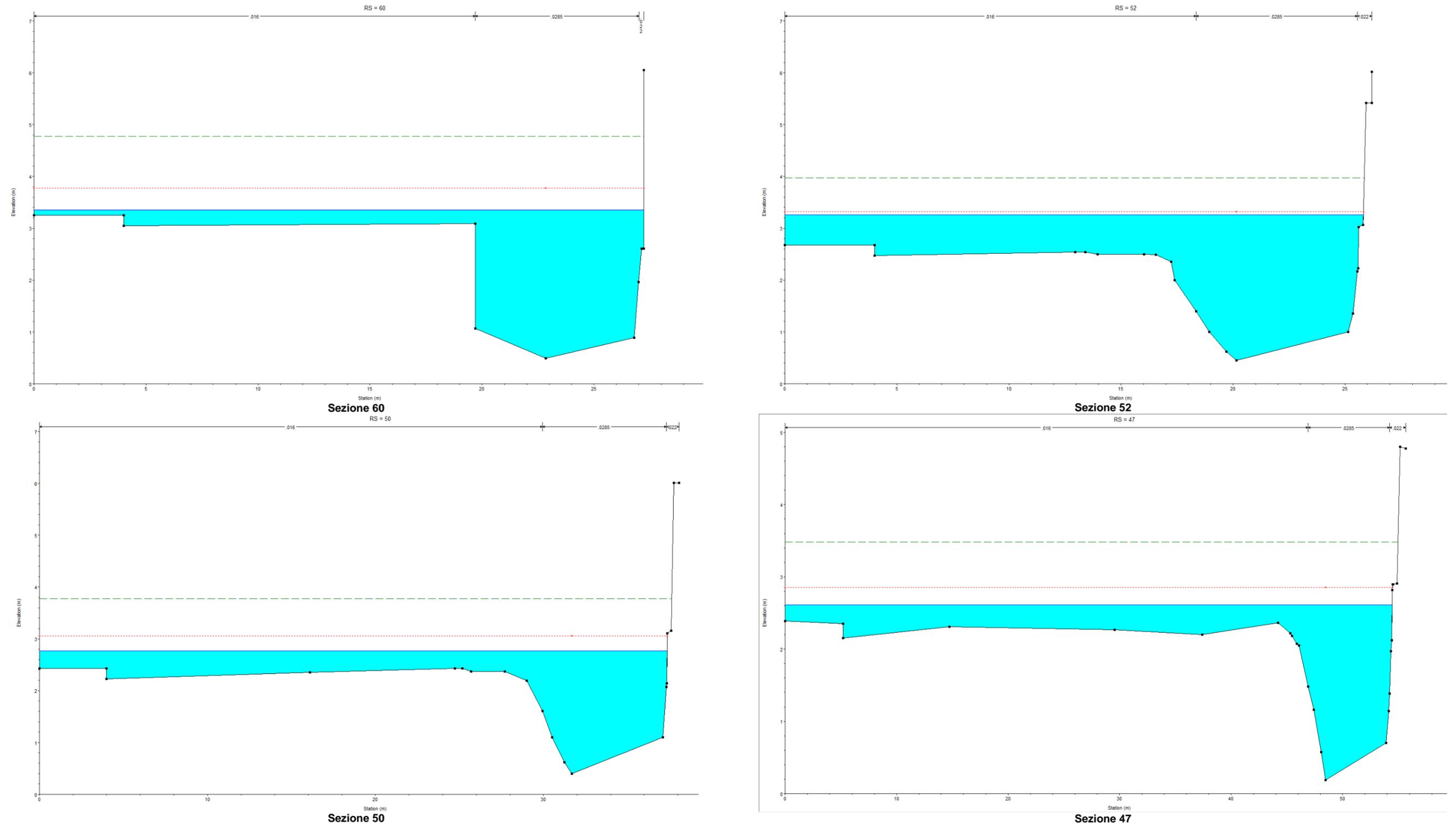


Figura 66: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SB00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 47-60

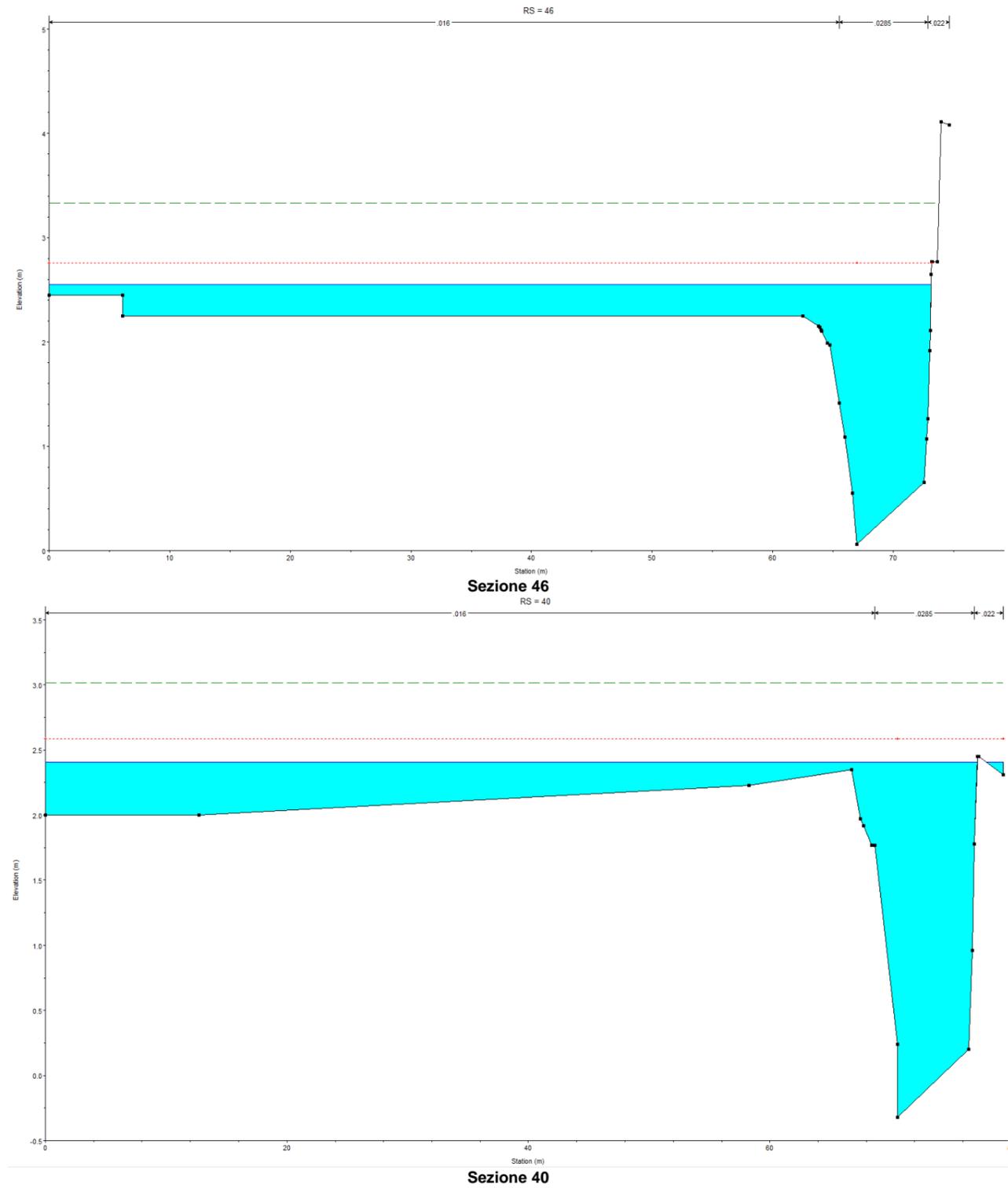


Figura 67: Risultati della simulazione idraulica monodimensionale SB00 –  $Q_{200}=117.40 \text{ m}^3/\text{s}$  – Sezioni d'alveo 40-46