



# Autostrada Asti-Cuneo

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)  
LOTTO 6 RODDI-DIGA ENEL

STRALCIO a  
TRA IL LOTTO II.7 E LA PK. 5+000

PROGETTO DEFINITIVO

02 - STUDI E INDAGINI

02.04 - Idrologia ed idraulica  
Relazione idrologica e idraulica - Fiume Tanaro

IMPRESA  	PROGETTISTA  	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031  	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	Ing. Dutto	Ing. Dutto	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							02.04.01	

CODIFICA PROGETTO    LIV    DOCUMENTO    REV <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</div> </div>	WBS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: flex; justify-content: space-between;"> <span>A</span><span>3</span><span>3</span><span>1</span><span>2</span><span>6</span><span>A</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span> </div> CUP <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: flex; justify-content: space-between;"> <span>G</span><span>3</span><span>1</span><span>B</span><span>2</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span><span>1</span><span>0</span><span>8</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span><span>5</span> </div>
--	---

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE
-------------------------------	-------------------------

---

**INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PIANIFICAZIONE IDRAULICA VIGENTE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. VERIFICA IDRAULICA .....</b>	<b>5</b>
3.1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO - PORTATE DI RIFERIMENTO.....	5
3.2. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO 2D .....	5
3.3. PARAMETRI IDRAULICI E CONDIZIONI AL CONTORNO .....	7
3.4. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO .....	8

---

## 1. PREMESSA

Nei paragrafi che seguono viene presentata l'analisi idraulica di dettaglio del tratto di fiume Tanaro interessato dal lotto Lotto II.6 a del collegamento stradale A6-A21 Asti-Cuneo.

Il tracciato dell'autostrada è localizzato in destra idraulica al fiume Tanaro e rientra in Fascia B del PAI oltre che in un'area di pericolosità media ai sensi del PGRA.

La presente relazione costituisce relazione tecnico-idraulica di verifica del rischio idraulico atto a verificare:

- la compatibilità idraulica dell'opera in progetto nell'area fluviale del fiume Tanaro, nei termini di non aggravio delle condizioni di rischio idraulico attuale al deflusso dell'evento di piena di riferimento (tempo di ritorno di 200 anni);
- le condizioni di sicurezza dell'autostrada in progetto in termini dei franchi idraulici della piena duecentennale rispetto alle sommità arginali e in termini delle condizioni di campo si moto (velocità massime) che si vengono a creare alla base del rilevato autostradale.

Le valutazioni idrauliche sono state supportate da analisi modellistiche (codice bidimensionale MIKE 21 del DHI) eseguite nelle situazioni attuale e di progetto.

## 2. PIANIFICAZIONE IDRAULICA VIGENTE

Secondo quanto definito dal PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, approvato con DPCM del 24 maggio 2001), l'opera in progetto ricade per un tratto di circa 1 km all'interno della Fascia Fluviale B (Figura 1).

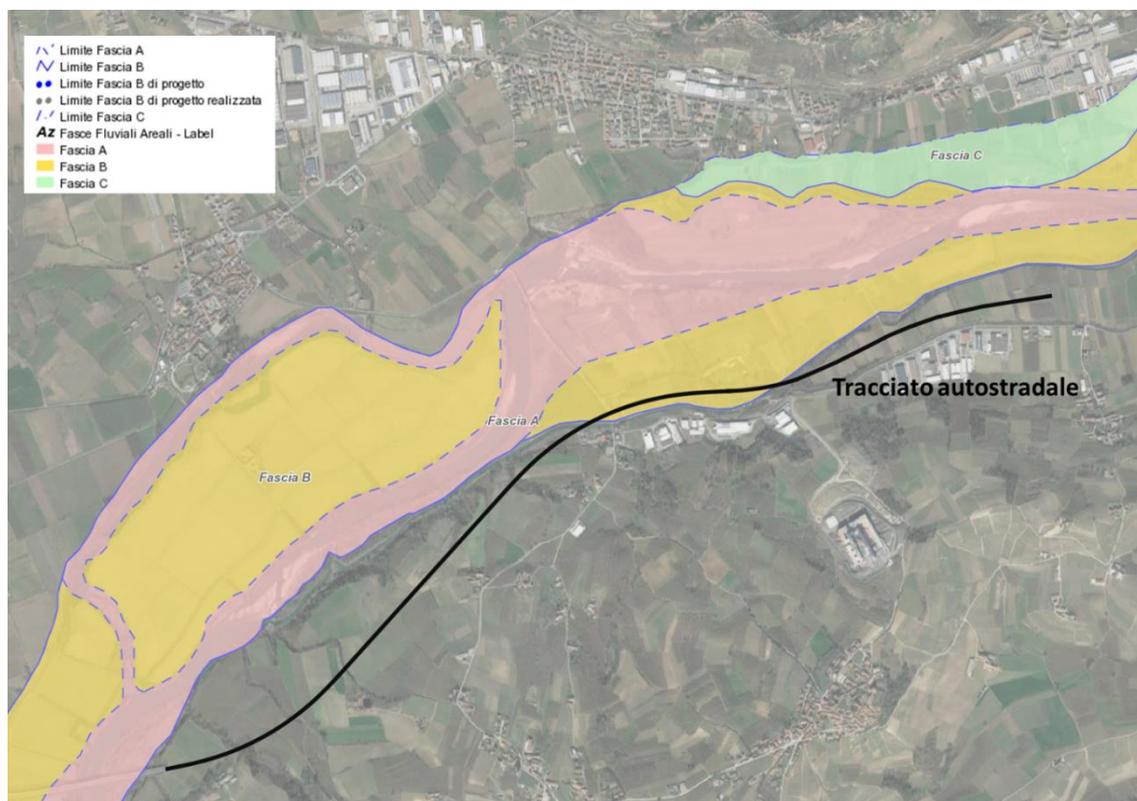


Figura 1 - Localizzazione dell'opera in progetto rispetto alle Fasce fluviali (PAI).

Il vigente PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni) definisce la mappatura delle aree potenzialmente allagabili rappresentandole nelle mappe di pericolosità e distinguendole nei seguenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia) ad alta pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (tempi di ritorno compresi tra 10 e 20 anni);
- aree P2 (M nella cartografia) a media pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (tempi di ritorno compresi tra 100 e 100 anni);
- aree P1 (L nella cartografia) a bassa pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (tempo di ritorno di riferimento di 500 anni).

L'opera in progetto risulta compresa nell'area di media pericolosità (P2, Figura 2).

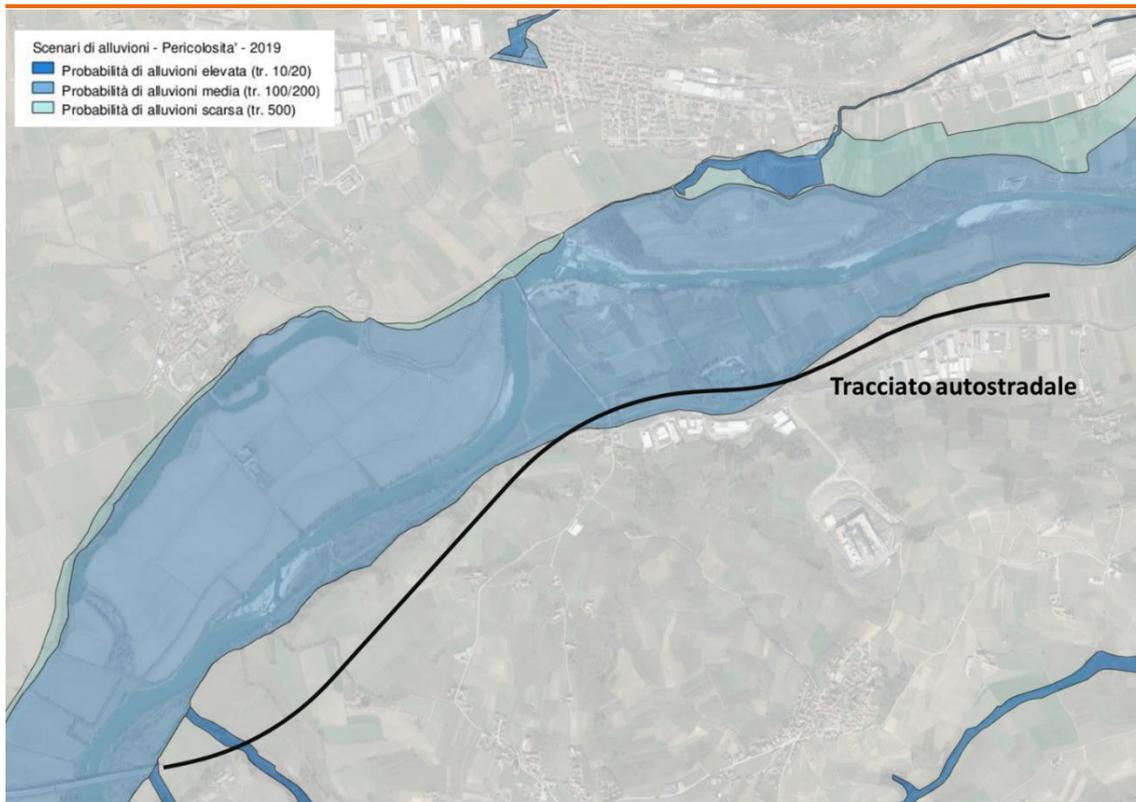


Figura 2 – Localizzazione dell'opera in progetto rispetto aree a pericolosità idraulica elevata (H), media (M) e bassa (L) del PGRA.

---

### 3. VERIFICA IDRAULICA

L'analisi idraulica alla base delle verifiche oggetto del presente studio è stata condotta mediante allestimento di un modello idrodinamico di elevato dettaglio, con schema bidimensionale, utilizzando il software MIKE21 del DHI.

Obiettivo dell'analisi è valutare l'eventuale interferenza dell'opera in progetto con la piena di riferimento (TR=200 anni), in termini sia di effetti che la presenza dell'opera può produrre sulle modalità di propagazione della piena, sia di effetti che la propagazione della piena può produrre sull'opera stessa.

- Il calcolo è stato effettuato a fondo fisso e assumendo cautelativamente condizioni di moto stazionario. Le simulazioni sono state eseguite per lo Stato Attuale e lo Stato di Progetto.

#### 3.1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO - PORTATE DI RIFERIMENTO

Le verifiche idrauliche oggetto del presente documento sono state condotte per una portata con tempo di ritorno di 200 anni e considerando cautelativamente condizioni di moto stazionario, per definire la massima verosimile estensione delle aree allagabili.

Il valore di portata duecentennale TR200 di riferimento indicata dagli Strumenti Normativi vigenti risulta pari a 3700 m<sup>3</sup>/s.

#### 3.2. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO 2D

Il modello geometrico di calcolo (batimetria del modello idrodinamico) è stato costruito a partire dal DEM (modello digitale del terreno) a maglia di dimensioni 0,9x0,9 m derivante dal rilievo LiDAR predisposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), restituito in coordinate geografiche proiettate nel sistema di riferimento UTM 32 WGS84, e agganciato in quota alla rete di caposaldi IGM.

Nelle aree di interesse non coperte dal rilievo LiDAR e che rappresentano tratti marginali del dominio considerato si è utilizzato il DTM a copertura regionale con risoluzione della griglia 5x5 m.

La geometria della zona descritta dal DEM è stata integrata per mezzo delle informazioni altimetriche desunte dal rilievo topografico eseguito nell'ambito della predisposizione del presente progetto.

Sulla base di tale DEM si è quindi costruita la batimetria di un modello idraulico bidimensionale a fondo fisso, utilizzando il codice di calcolo MIKE 21 del DHI, che risolve le equazioni del moto di De Saint Venant su griglia 2D.

La definizione della dimensione del passo della griglia geometrica del modello del terreno influenza direttamente i tempi di calcolo e l'accuratezza spaziale della soluzione. Infatti all'aumentare del passo della griglia diminuiscono i tempi di calcolo, ma diminuisce nel contempo l'accuratezza spaziale della soluzione.

Nel caso in esame la scelta è stata dettata prevalentemente dall'esigenza di descrivere correttamente i flussi di esondazione e poter rappresentare le strutture interferenti. Si è deciso pertanto di adottare una griglia di calcolo di risoluzione pari a 5x5 m.

La griglia di calcolo del modello a maglia 5x5 m presenta complessivamente 1533 righe x 779 colonne (1194207 punti di calcolo).

Nella Figura 3 è rappresentata la batimetria (o geometria di input) complessiva del modello relativa alla situazione attuale (Stato Attuale). In bianco sono rappresentate le zone escluse dal calcolo (celle inattive) perché considerate non allagabili. In verde scuro sono evidenziate le aree più depresse (alveo del Tanaro).

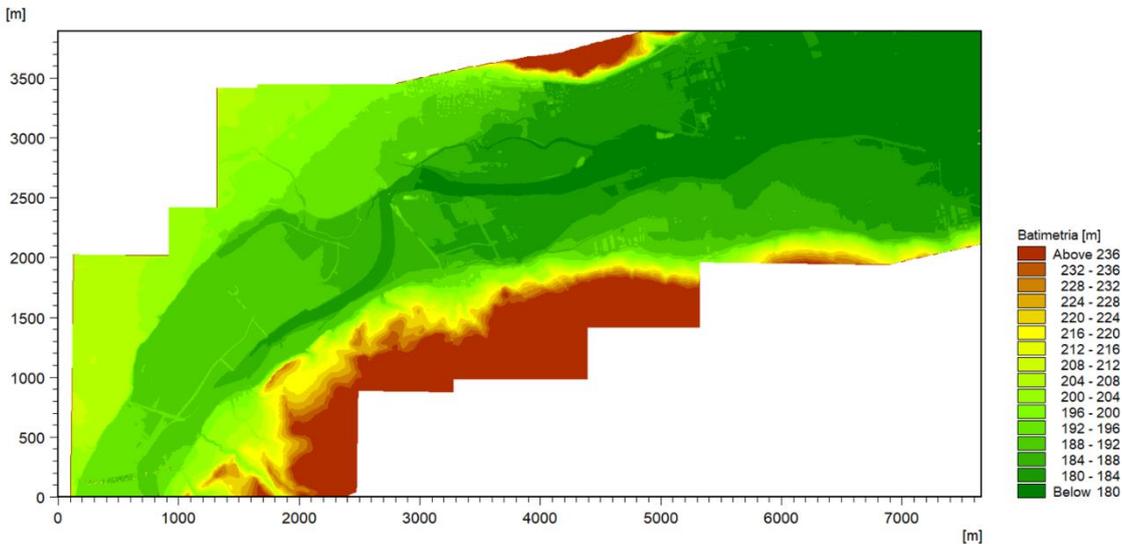


Figura 3 – Corografia del tratto fluviale in esame con rappresentazione della batimetria di rilievo del modello numerico 2D, Stato Attuale.

Per quanto attiene le porzioni d'alveo inciso sommerse al momento del rilievo, si è deciso di non ricostruire l'alveo sulla base di rilievi pregressi. Si sono quindi utilizzate in alveo le quote altimetriche restituite dal LiDAR e il modello numerico così costruito è stato sottoposto ad una procedura di taratura.

Nello specifico, in fase di taratura si sono considerati i valori di livello della superficie libera riprodotti per l'evento di piena duecentennale nell'ambito delle analisi idrauliche di supporto alla precedente progettazione esecutiva del collegamento autostradale Asti-Cuneo, tratto di adeguamento tangenziale di Alba, lotto 2.6. In tale studio l'analisi dell'asta del Tanaro era stata svolta implementando il modello numerico MIKE11 del DHI in assetto quasi-bidimensionale. Il tratto fluviale era esteso a monte fino a ricomprendere il lotto 2.6 e verso valle fino a Masio e la geometria dell'alveo era stata ricostruita con sezioni trasversali di rilievo eseguite nell'anno 2000 nell'ambito della stesura del progetto generale. Tale modello numerico era stato sottoposto ad una procedura di taratura riferita ai livelli idrici registrati nell'evento del novembre 1994, relativamente alla geometria di stato attuale (assenza delle opere in progetto).

Solo a monte della traversa di Santa Vittoria d'Alba, al fine di riprodurre correttamente i livelli della superficie libera in fase di taratura la quota del fondo è stata abbassata di 2 m e raccordata linearmente a monte con le quote del Lidar. Da notare come la traversa in oggetto sia stata ricostruita successivamente dell'evento del 1994 e si è quindi assunto implicitamente, in fase di taratura del modello, che la traversa attuale non peggiori le condizioni di rischio in termini di livelli idrici registrati durante le fasi di piena.

Rispetto al DTM di rilievo, sono state opportunamente modificate in alveo le quote relative alla traversa della centrale idroelettrica di Verduno e quella della centrale di Santa Vittoria d'Alba.

Nel modello sono stati rappresentati con celle di non flusso gli ingombri delle pile del ponte di Pollenzo e del collegamento autostradale già realizzato Asti-Cuneo che attraversa il fiume Tanaro nell'area prossima alla zona di imbocco del modello.

Infine, è stato verificato che le quote del modello riproducessero correttamente e con continuità gli elementi di discontinuità altimetrica (terrazzi, rilevati di infrastrutture/viabilità). Modifiche locali alle quote del DTM (+3m) sono stati inserite in corrispondenza degli edifici.

Rispetto al DTM di rilievo, è stata infine opportunamente modificata la zona di imbocco del modello in corrispondenza dell'alveo del fiume Tanaro per facilitare l'assegnazione della condizione al contorno di portata in ingresso al modello stesso. Modifiche locali alle quote del DTM sono state inoltre apportate in uscita per favorire l'assegnazione della condizione al contorno di valle.

Nella Figura 4 è rappresentata la batimetria complessiva del modello relativa allo Stato di Progetto. Tale batimetria è stata ottenuta sovrapponendo al modello del terreno di stato attuale quello contenente il progetto dell'opera autostradale in termini di sagoma dei rilevati e geometria degli attraversamenti (ponti e viadotti). Si è considerata nella geometria anche la deviazione del breve tratto del canale di Verduno che va ad interferire con l'autostrada in progetto AT-CN

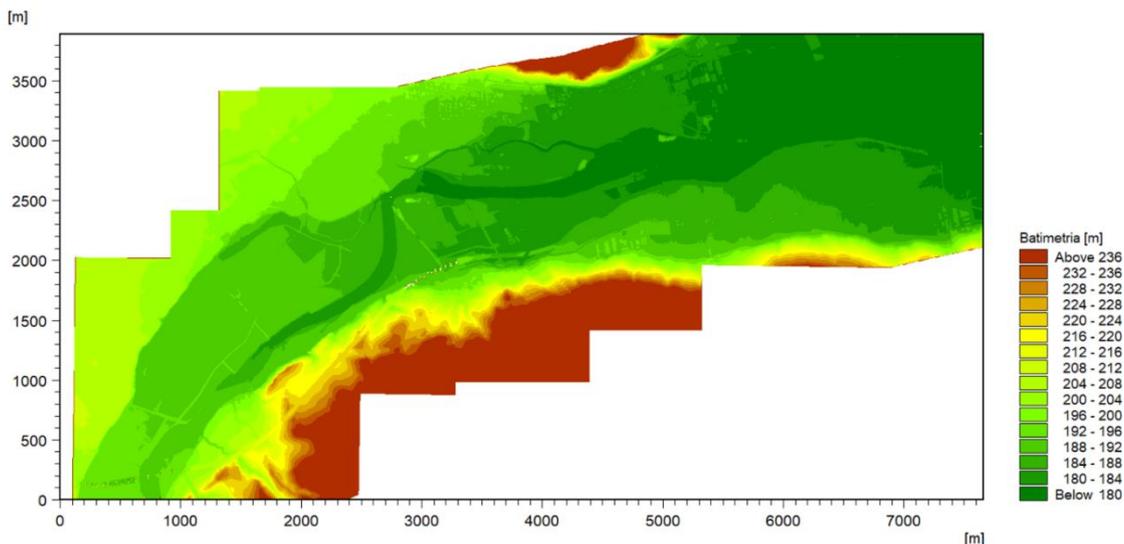


Figura 4 – Corografia del tratto fluviale in esame con rappresentazione della batimetria di rilievo del modello numerico 2D, Stato di Progetto.

### 3.3. PARAMETRI IDRAULICI E CONDIZIONI AL CONTORNO

Il modello di simulazione oltre alla riproduzione corretta della geometria del terreno e alle condizioni al contorno, descritte nel paragrafo successivo, ha bisogno di un'altra serie di parametri che sono: passo di tempo di integrazione del sistema, coefficiente di viscosità turbolenta ("eddy viscosity") e coefficienti di scabrezza.

Come passo di tempo di integrazione è stato necessario utilizzare, per ragioni di stabilità numerica legate al numero di Courant della corrente, un valore pari a 0,7 secondi.

La viscosità turbolenta è legata alla non uniforme distribuzione del campo delle velocità e viene simulata nel modello tramite il coefficiente di "eddy viscosity". Nel caso in esame al coefficiente di eddy viscosity è stato assegnato un valore costante pari a  $1,0 \text{ m}^2/\text{s}$  sull'intera estensione del modello.

La scabrezza rappresenta, all'interno delle equazioni del moto, il parametro che regola le perdite di energia distribuite, in primo luogo quelle per attrito sul fondo di scorrimento e sulle sponde dell'alveo attivo e sulle

golene e aree di allagamento. Tale parametro è difficilmente valutabile con precisione ed è abitualmente utilizzato per tarare il modello.

Il modello numerico così costruito è stato sottoposto ad una procedura di taratura riferita ai livelli idrici riportati nelle analisi idrauliche di supporto alla precedente progettazione esecutiva del collegamento autostradale Asti-Cuneo sopraccitata. Le verifiche svolte sui livelli hanno messo in evidenza come, per raggiungere le quote idriche indicate, sia necessario assegnare alle zone golenali attive del Tanaro parametri di scabrezza di Strickler pari a  $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , mentre per l'alveo inciso ci si attesti su valori di  $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Tali valori, soprattutto quello relativo all'alveo inciso, risultano piuttosto cautelativi.

Al modello è stata assegnata come condizione al contorno di monte la portata al colmo costante nel tempo pari a  $3700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Come condizione al contorno di valle si è assunto il valore del livello idrico costante nel tempo pari a 174,81 m s.l.m. Tale valore è stato desunto dai risultati del modello idrodinamico monodimensionale sviluppato per le valutazioni idrauliche preliminari del progetto del tratto di completamento del Lotto II.6 e relativo al tratto di corso d'acqua compreso tra il ponte A33 esistente in località Massimini e il ponte stradale nell'abitato di Alba.

Le condizioni al contorno risultano in ogni caso applicate in punti sufficientemente lontani dalle aree di interesse e con i dovuti accorgimenti da poter ritenere del tutto trascurabili eventuali errori commessi nell'introduzione delle condizioni al contorno stesse.

#### **3.4. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO**

Nelle figure che seguono si forniscono le rappresentazioni dei risultati del modello bidimensionale ottenuti dalla simulazione nello Stato Attuale e nello Stato di Progetto.

Le mappe in Figura 5, Figura 6 e Figura 7 descrivono rispettivamente la distribuzione delle altezze d'acqua rispetto al fondo alveo e al piano golenale, della superficie libera e delle velocità osservati nell'area in esame nella condizione a regime di moto permanente nello Stato Attuale.

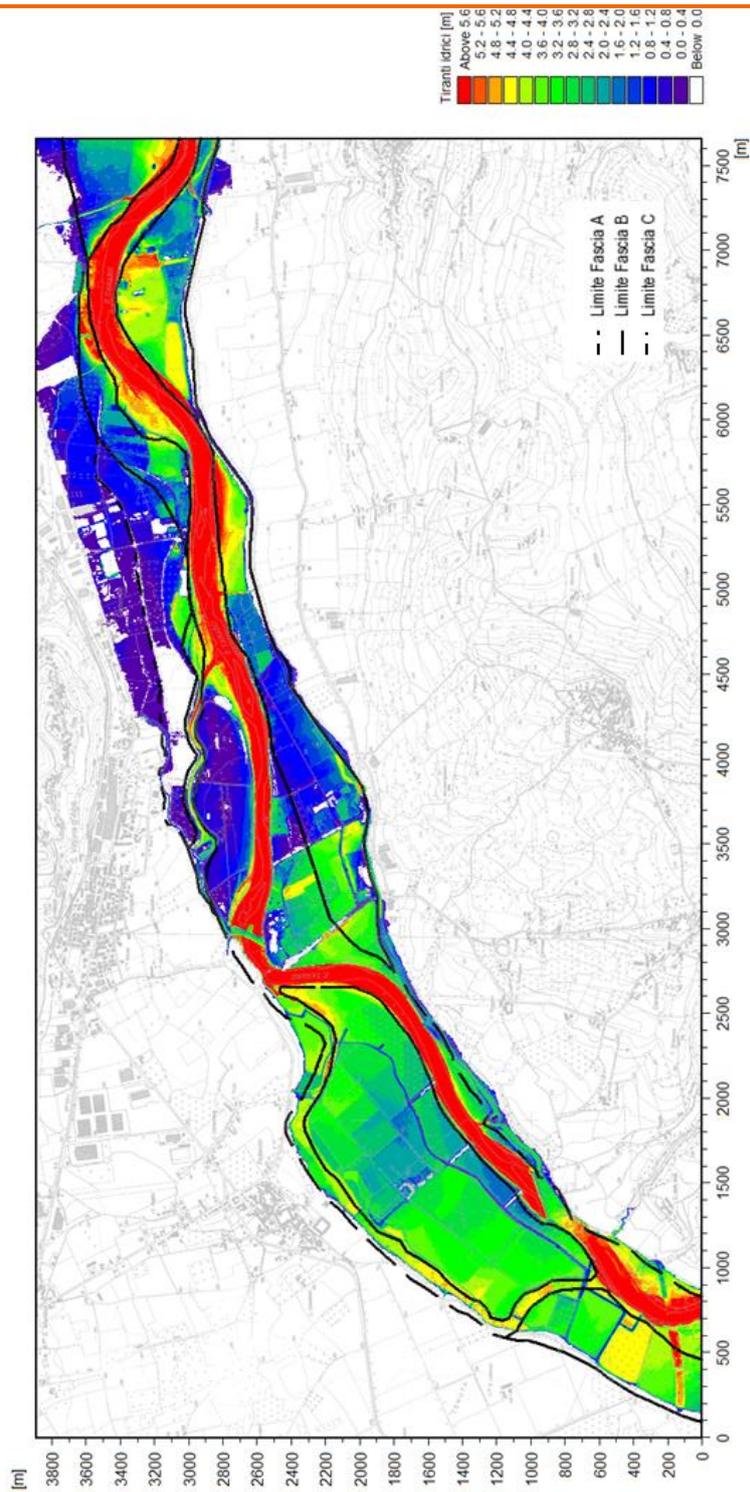


Figura 5 – Altezze d'acqua rispetto al fondo alveo o al piano campagna per la portata con tempo di ritorno di 200 anni, Stato Attuale. Sono indicati sulla mappa anche i limiti delle Fasce fluviali (PAI).

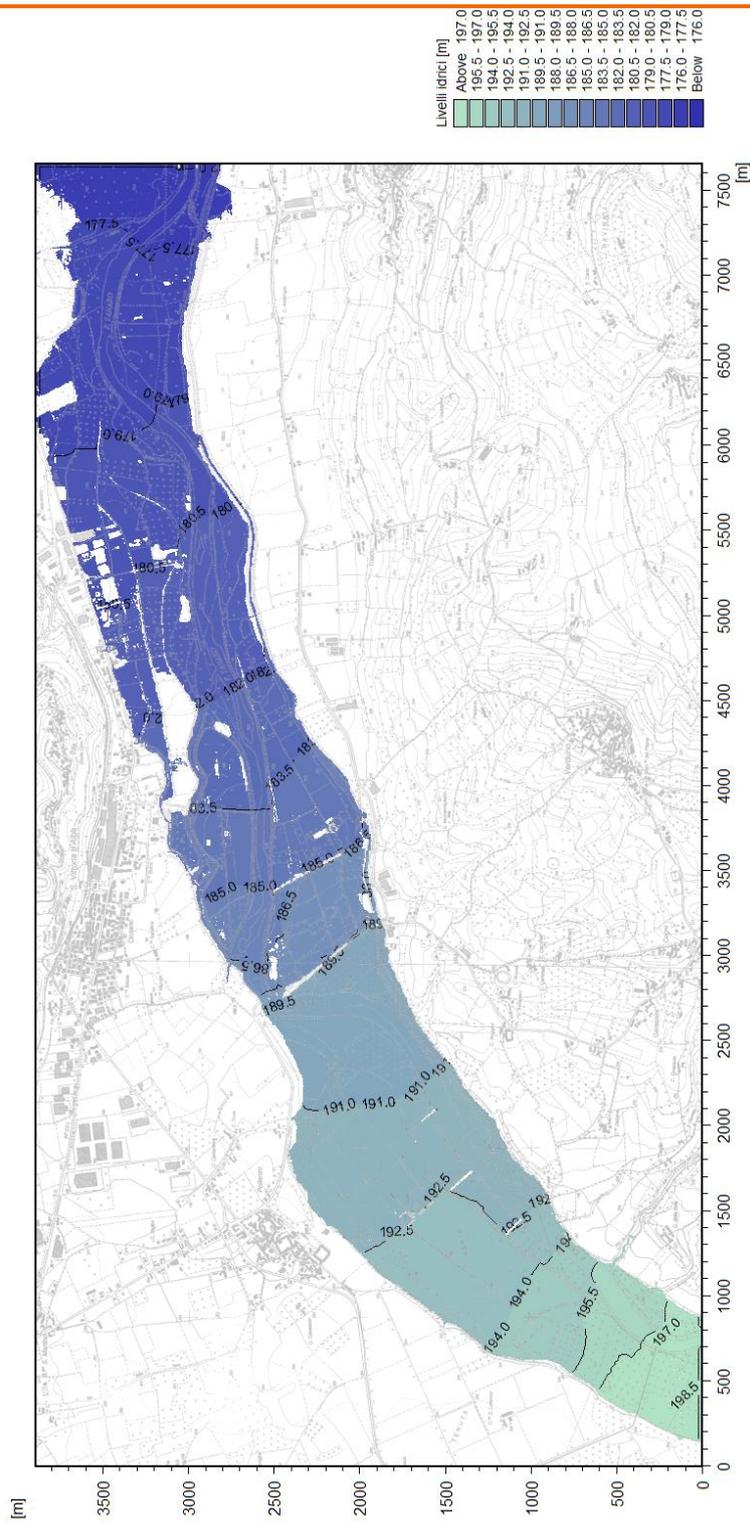


Figura 6 – Distribuzione delle quote del pelo libero per la portata con tempo di ritorno di 200 anni, Stato Attuale.

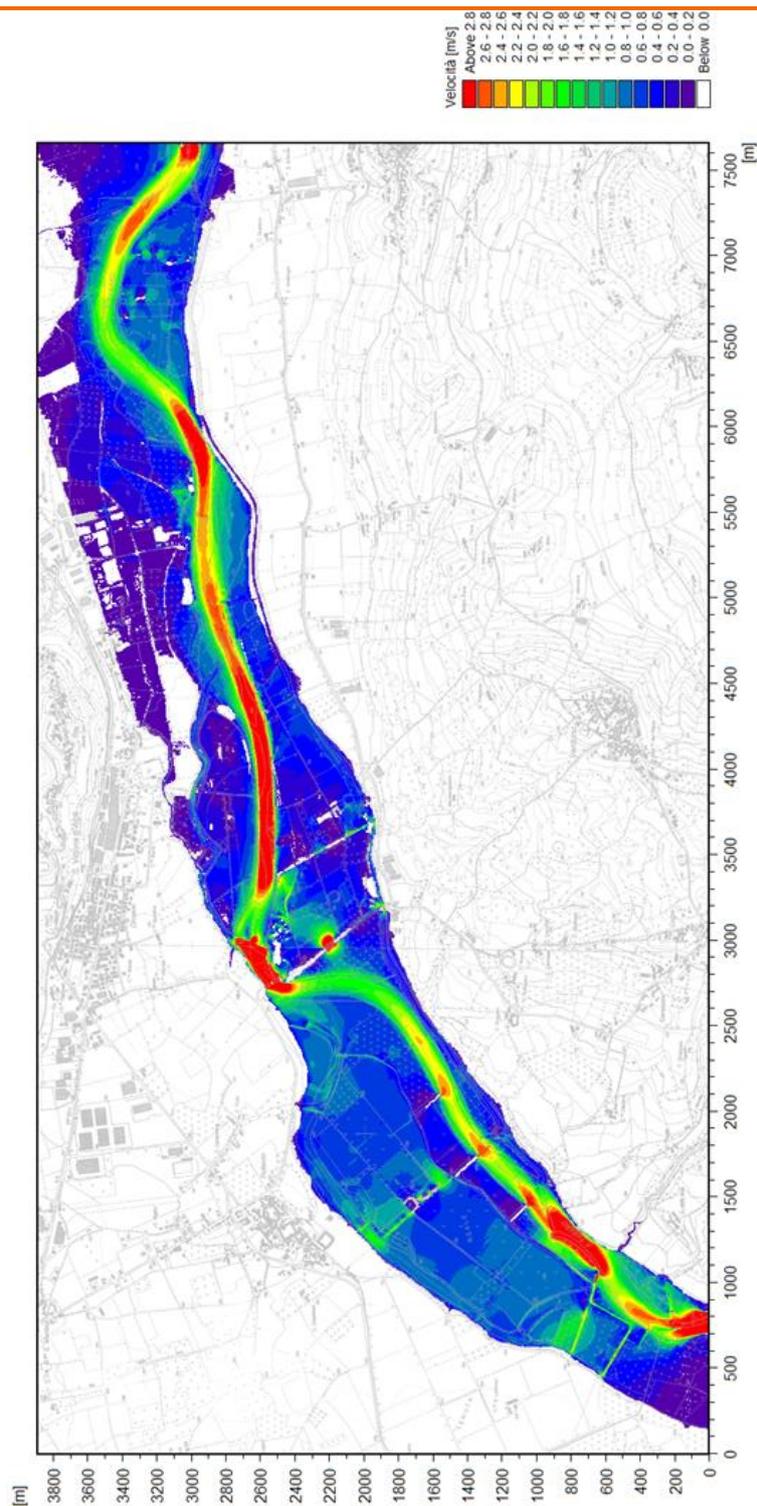
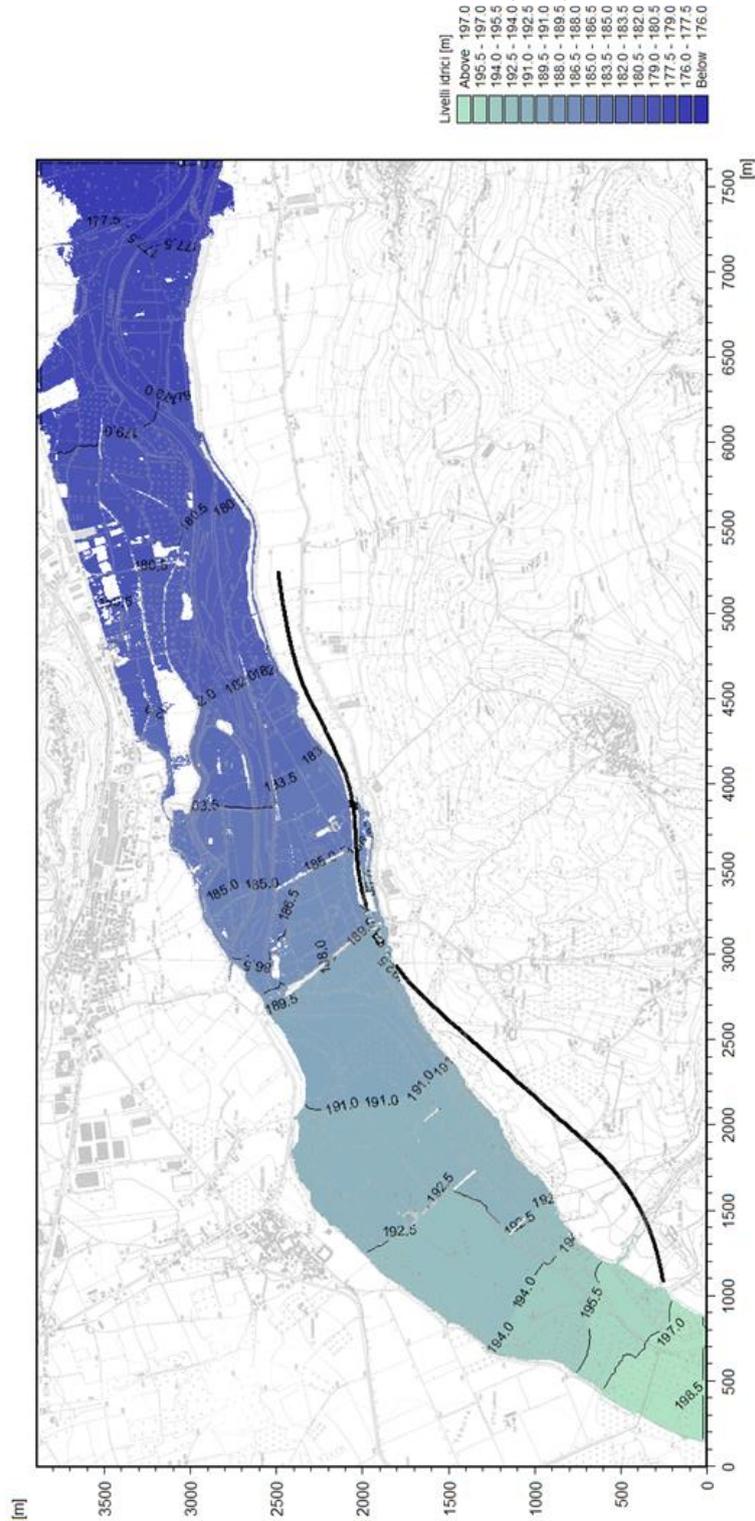


Figura 7 – Distribuzione delle velocità per la portata con tempo di ritorno di 200 anni, Stato Attuale.

Le mappe in Figura 8, Figura 9 e Figura 10 descrivono rispettivamente la distribuzione delle altezze d'acqua rispetto al fondo alveo e al piano golenale, della superficie libera e delle velocità osservati lungo il canale nella condizione a regime di moto permanente nello Stato di Progetto.

Figura 8 – Altezze d’acqua rispetto al fondo alveo o al piano campagna per la portata con tempo di ritorno di 200 anni, Stato di Progetto. Sulla mappa sono indicati il tracciato del rilevato autostradale e i limiti delle Fasce fluviali (PAI).



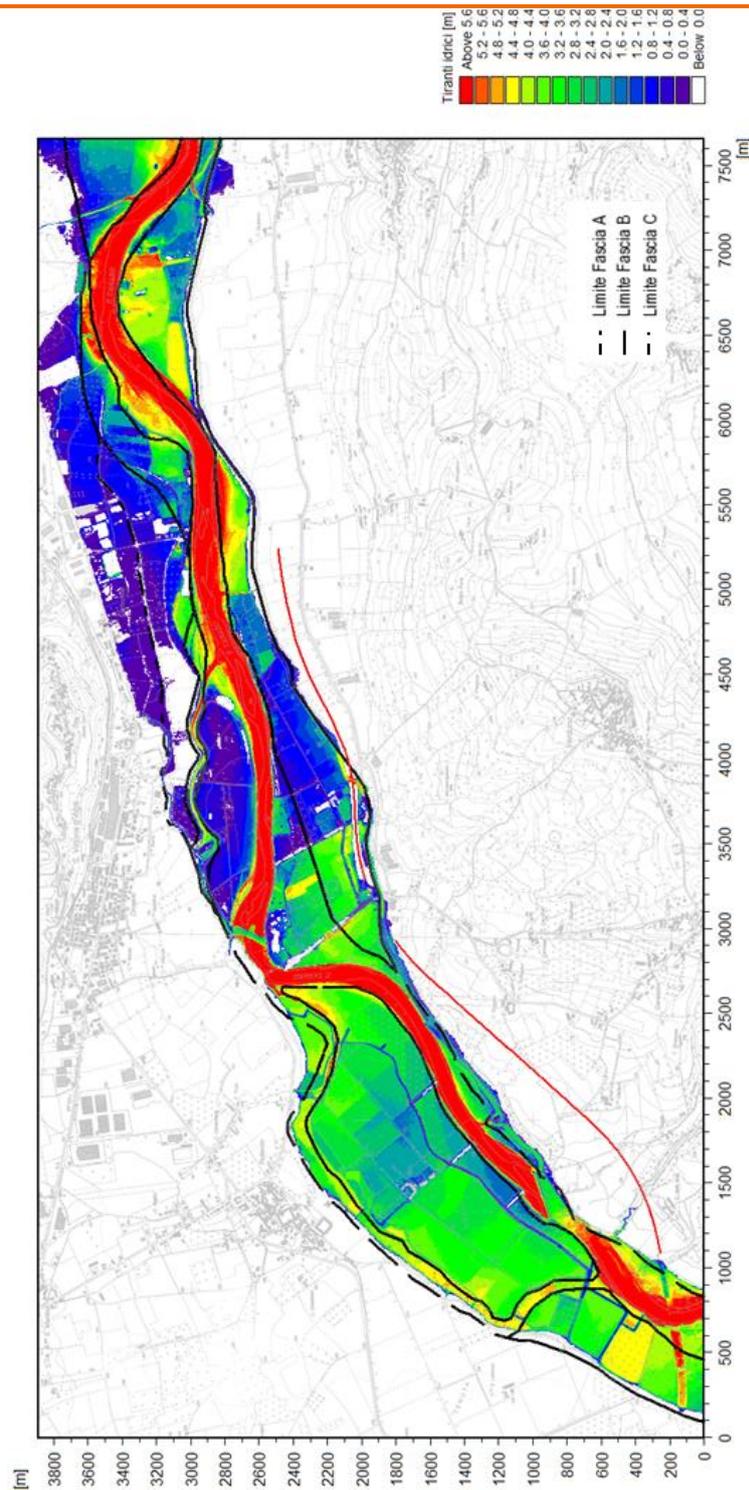


Figura 10 – Distribuzione delle velocità per la portata con tempo di ritorno di 200 anni, Stato di Progetto. Sulla mappa è indicato il tracciato del rilevato autostradale.

Nella Figura 5 e in Figura 11, relative rispettivamente allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto, le aree di esondazione ottenute dalla simulazione in moto stazionario per la massima portata di piena duecentennale sono messe a confronto con le Fasce fluviali del PAI. Da notare come le aree di esondazione ottenute nel presente studio seguano l'andamento della Fascia Fluviale B del PAI. Solo nell'area più a Nord le aree di

---

esondazione si estendono e superano l'area individuata in Fascia Fluviale C, associata ad un evento di pericolosità bassa.

Non si registrano variazioni nelle aree di esondazione ottenute dalla simulazione per lo Stato Attuale e lo Stato di Progetto dimostrando quindi la compatibilità idraulica dell'opera in progetto nell'area fluviale del fiume Tanaro, nei termini di non aggravio delle condizioni di rischio idraulico attuale al deflusso dell'evento di piena di riferimento (tempo di ritorno di 200 anni).

L'invarianza nelle aree di esondazione ottenute dalla simulazione per lo Stato Attuale e lo Stato di Progetto è messa in evidenza nell'area di interesse del rilevato autostradale in Figura 12 e Figura 13. Tali figure mostrano rispettivamente per lo Stato Attuale e per lo Stato di Progetto un particolare nel tratto interessato dall'opera in progetto che ricade in Fascia B. Le grandezze rappresentate nelle mappe delle figure sono la distribuzione della superficie libera e il campo di vettori di velocità di deflusso.

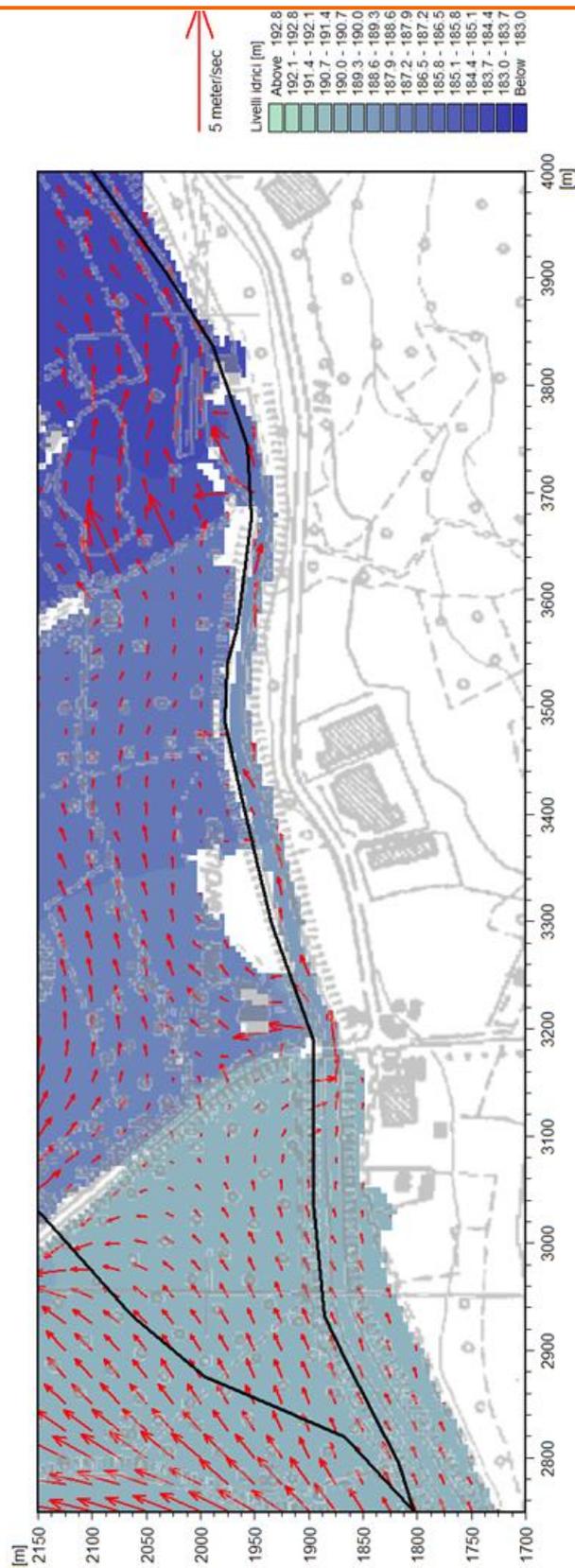


Figura 12 – Distribuzione delle quote del pelo libero per la portata con tempo di ritorno di 200 anni nell'area in cui le aree di esondazione interagiscono con l'opera in progetto, Stato Attuale. Sulla mappa sono indicati il campo di vettori di velocità di deflusso.

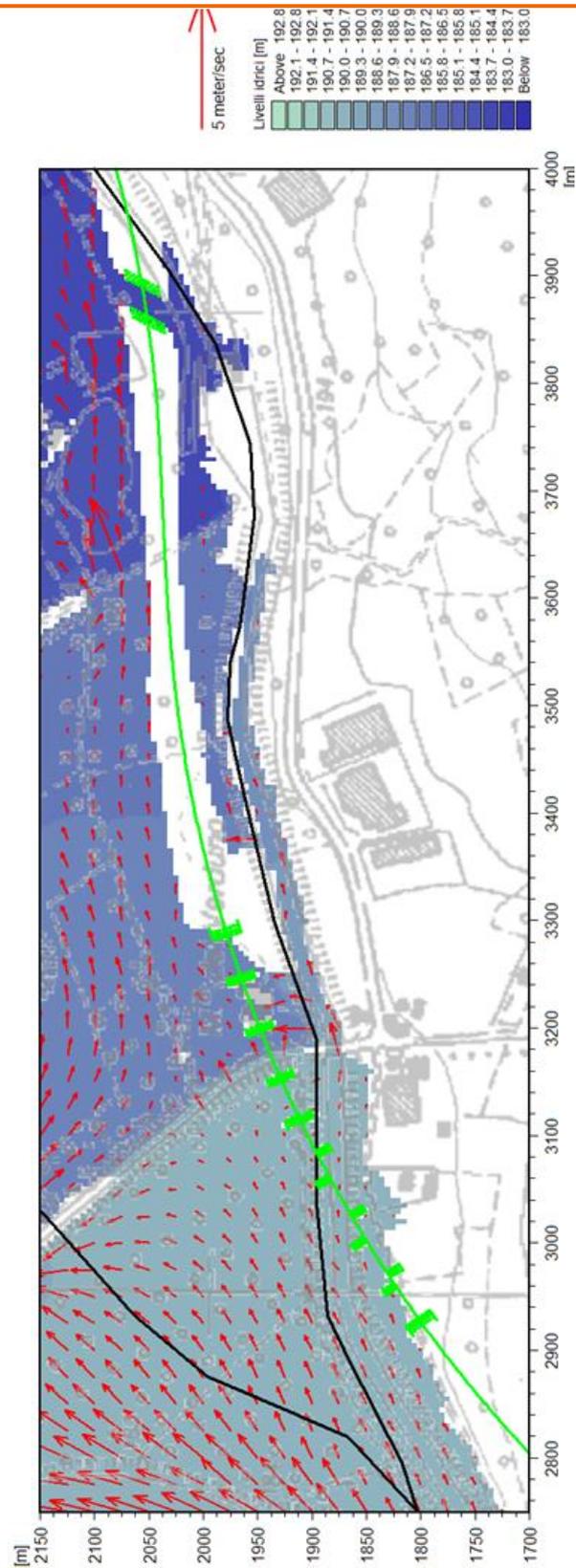


Figura 13 – Distribuzione delle quote del pelo libero per la portata con tempo di ritorno di 200 anni nell’area in cui le aree di esondazione interagiscono con l’opera in progetto, Stato di Progetto. Sulla mappa sono indicati il tracciato del rilevato autostradale con indicate le pile del viadotto e il campo di vettori di velocità di deflusso.

Nella Figura 14 e nella Figura 15 sono riportati i profili della superficie libera per l'evento di piena duecentennale tratte dai risultati del modello bidimensionale in prossimità delle quote di sommità del piano stradale dell'autostrada in direzione Cuneo e in direzione Asti rispettivamente. Le progressive longitudinali sono calcolate dall'estremità di monte del tratto considerato, in direzione Ovest-Est.

Maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato P017\_D\_STU\_IDR00\_PL\_001\_A - Planimetria di individuazione delle sezioni idrauliche e profilo idrico di piena che riportano l'indicazione della localizzazione planimetrica dei profili e il valore delle quote associate ai profili stessi.

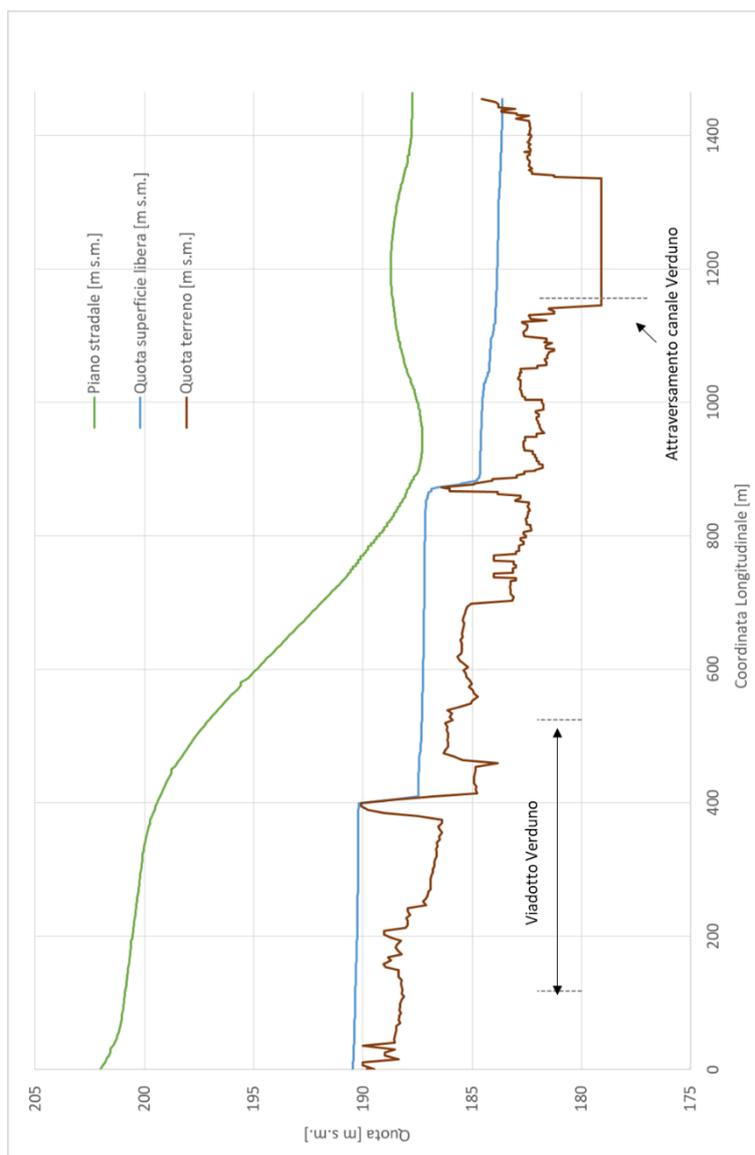


Figura 14 – Profilo longitudinale della superficie libera per la portata con tempo di ritorno di 200 anni in corrispondenza delle quote di sommità del piano stradale dell'autostrada in direzione Cuneo. Viene riportato anche l'andamento del terreno in prossimità della base del rilevato stradale.

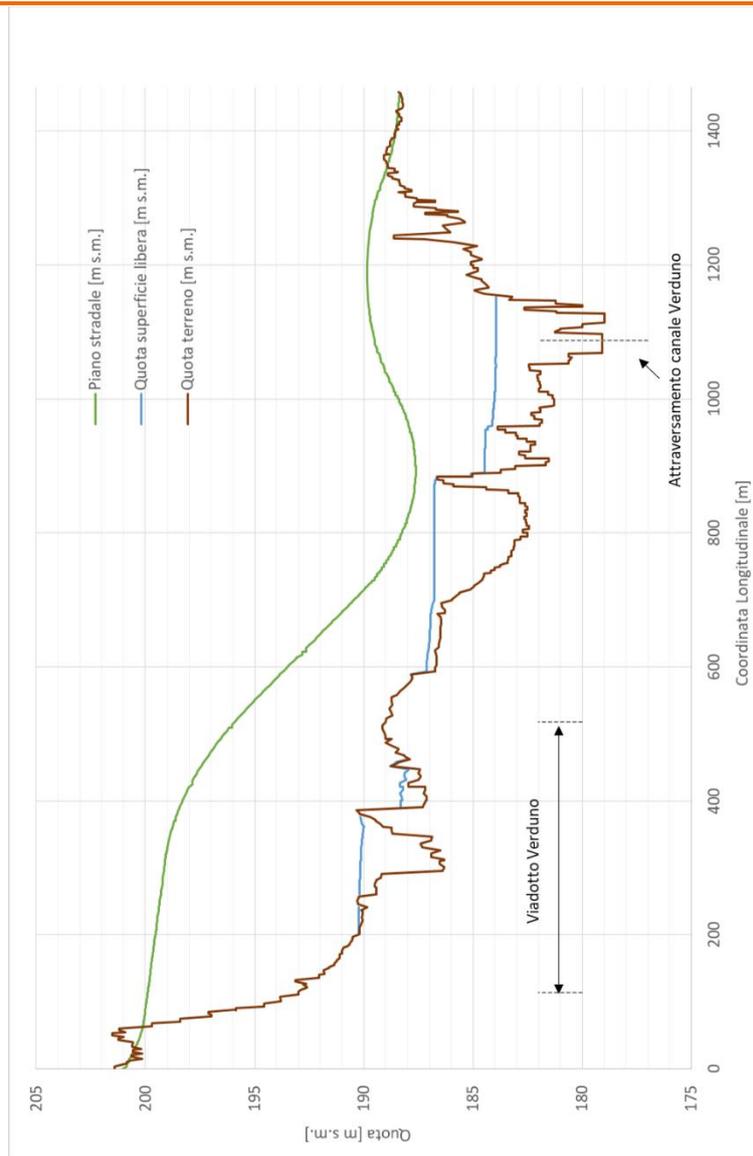


Figura 15 – Profilo longitudinale della superficie libera per la portata con tempo di ritorno di 200 anni in corrispondenza delle quote di sommità del piano stradale dell’autostrada in direzione Asti. Viene riportato anche l’andamento del terreno in prossimità della base del rilevato stradale.

Si osserva come il profilo idrico sia condizionato dalla presenza lungo il tratto di rilevati stradali che intersecano perpendicolarmente l’autostrada in progetto, nello specifico il rilevato lungo cui scorre la SP7 (progressiva 870 m) e quello associato alla stradina di campagna in corrispondenza della centrale idroelettrica di Verduno (progressiva 1270 m). Tali rilevati costituiscono un ostacolo al deflusso della corrente verso valle determinando un innalzamento del livello della superficie libera fino al sormonto del rilevato stesso. Da notare come sia probabile che tali rilevati, non essendo opere dimensionate con fini idraulici, subiscano dissesti e crolli nel momento in cui in fase di piena si venga a creare un carico idraulico così rilevante come quello indotto dai livelli predetti al modello. L’analisi idraulica a fondo fisso qui considerata, che non prevede variazioni della geometria del fondo, risulta quindi fortemente cautelativa in termini dei livelli idrici previsti.

Per quanto riguarda il lato direzione Cuneo, la piena duecentennale lambisce il tratto autostradale lungo tutto il tratto di nuova costruzione.

Il valore del franco idrico della piena duecentennale, calcolato rispetto al piano stradale in direzione Cuneo, risulti ampiamente superiore al valore di 4 m per gran parte del rilevato autostradale in progetto. Il valore del franco si riduce al di sotto di tale valore nel tratto compreso tra le coordinate longitudinali compresa tra i valori di circa 720 m e 1080 m. Il valore prossimo a 1 m si verifica in corrispondenza del rilevato stradale che interseca l'autostrada in prossimità della centrale di Verduno alla progressiva pari a circa 870 m.

Per quanto riguarda il lato direzione Asti, la piena duecentennale lambisce il tratto autostradale per una porzione inferiore al lato direzione Cuneo. Analogamente al tratto precedentemente descritto, il franco risulta ampiamente superiore al valore di 4 m per gran parte del rilevato autostradale in progetto con valori prossimi all'unità all'altezza della centrale di Verduno

Le opere di attraversamento esistenti (viadotto Verduno e attraversamento canale di Verduno) sono ampiamente verificate rispetto alla piena duecentennale.

In corrispondenza del viadotto di Verduno si verificano livelli idrici massimi dell'evento di piena duecentennale che risultano pari a 190.4 m s.m. nel tratto collocato a Ovest rispetto al rilevato della SP7 e pari a 187.5 m s.m. nel tratto collocato a Est. Il ponte presenta franchi variabili circa da 4,41 m a 8,08 m. I livelli idrici massimi al di sotto del canale di Verduno risultano pari a 183.96 m e, rispetto all'intradosso pari a 185.8 m, il franco idraulico risulta pari a 1.84 m.

Il valore di velocità media lungo il rilevato in direzione Cuneo risulta pari a 0,6 m/s. I valori massimi non superano generalmente il valore di 1,5 m/s con qualche valore localizzato comunque inferiore a 3 m/s. Per quanto riguarda il rilevato in direzione Asti, il valore medio di velocità è pari a 0.4 m/s e i valori massimi non superano generalmente il valore di 1,1 m/s con qualche valore localizzato pari comunque inferiore a 2,2 m/s.