

**Comune** NEVIANO DEGLI ARDUINI

**Provincia** PARMA

**Committente** SEB Società Elettrica Bertonico S.r.l.

**Oggetto** Domanda di Autorizzazione Unica alla  
realizzazione e all'esercizio di un impianto  
idroelettrico sul T. Enza denominato  
"Cedogno" in Comune di Neviano degli  
Arduini, località Cedogno (PR):  
**RELAZIONE IDRAULICA INTEGRATIVA**

**Data** 12 dicembre 2023

**Responsabile** Dott. Ing. Laura Pezzoni

F.to digitalmente ex art. 24 D.Lgs. 82/05



**Referente** Geom. Chiara Clerici

**Operatori** Dott. Ing. Paolo Grossi

**Direttore Tecnico** Dott. Ing. Laura Pezzoni

**GEOLAMBDA**

**Engineering S.r.l.**

Sede operativa: via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (LO)  
tel. e fax (+39).0377.433021

[www.geolambda.eu](http://www.geolambda.eu) – pec:  
[geolambda@geolambda.viapec.it](mailto:geolambda@geolambda.viapec.it)  
e-mail: [laura.pezzoni@geolambda.it](mailto:laura.pezzoni@geolambda.it)

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE.....	4
2.1 Premessa.....	4
2.2 Morfologia del terreno (DTM, Digital Terrain Model) .....	5
2.3 Dominio di calcolo.....	7
2.4 Consumo del suolo.....	11
2.5 Condizioni al contorno.....	14
2.5.1 Condizioni al contorno di monte.....	14
2.5.2 Condizione al contorno di valle .....	18
2.6 Stato di progetto .....	19
2.7 Risultati relativi allo stato di fatto & stato di progetto.....	25
2.7.1 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 274 giorni ( $1.51 \text{ m}^3/\text{s}$ ): .....	26
2.7.2 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 91 giorni ( $10.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ): .....	28
2.7.3 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 30 giorni ( $26.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ): .....	30
2.7.4 Stato di fatto & stato di progetto: Portata statistica 20 anni ( $536.77 \text{ m}^3/\text{s}$ ):.....	32
2.7.5 Stato di fatto & stato di progetto: Portata statistica 200 anni ( $825.96 \text{ m}^3/\text{s}$ ):.....	35
2.8 Confronti tra le simulazioni relative allo stato di fatto & stato di progetto .....	38
2.8.1 Tiranti idrometrici .....	38
2.8.2 Campo delle velocità.....	43
2.9 Conclusioni legate alla modellazione bidimensionale .....	47
3. VALUTAZIONI LEGATE ALL'INTERFERENZA DELL'IMPIANTO IN PROGETTO CON L'IDROMETRO E CON L'INFRASTRUTTURA STRADALE (PONTE DI CEDOGNO).....	48
4. GARANZIA DEL RISPETTO DEL DMV .....	50
5. VALUTAZIONI LEGATE AL TRASPORTO SOLIDO .....	51
6. ALLEGATI.....	55

## **1. PREMESSA**

La scrivente ha ricevuto incarico dalla Società "SEB S.r.l." di predisporre la documentazione tecnica da allegare all'istanza di Autorizzazione Unica per la costruzione e l'esercizio di un impianto idroelettrico di produzione di energia da fonte rinnovabile in Comune di Neviano degli Arduini, località Cedogno, ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 387/2003 e s.m.i..

La presente relazione ha lo scopo di integrare la documentazione presentata secondo quanto richiesto nella nota di ARAPE – SAC di Parma ricevuta mezzo PEC in data 15/06/2023 prot. n. 105192/2023 sulla base di quanto emerso nella seduta di Conferenza di Servizi (CdS) istruttoria tenutasi in data 15/05/2023, del sopralluogo tenutosi il 31/05/2023 e delle richieste successivamente avanzate dagli Enti/Organismi coinvolti, ciascuno per propria competenza.

In particolare, le tematiche trattate nel presente elaborato riguardano esclusivamente le integrazioni richieste in merito all'ambito idraulico dell'opera in progetto, ovvero:

- la modellazione bidimensionale del tratto torrentizio interessato dall'impianto idroelettrico, sia nelle condizioni attuali (ante operam) che future (post operam), trattata nel Capitolo 2 al cui interno vengono elencati i dati implementati nelle simulazioni idrauliche, in particolare:
  - la morfologia del terreno e la relativa scabrezza;
  - i manufatti implementati nella modellazione (il ponte ed il nuovo impianto in progetto) desunti da rilievi topografici eseguiti in sito (per quanto riguarda il ponte) e dagli elaborati progettuali (per quanto riguarda l'impianto idroelettrico) a cui si rimanda per una maggiore comprensione;
  - gli idrogrammi di piena implementati nelle simulazioni idrauliche, dedotti da un'analisi degli annali idrologici e dai dati statistici estrapolati dallo studio fornito da Arpae "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza";
- la valutazione delle eventuali interferenze dell'opera di presa con il monitoraggio della stazione idrometrica permanente (presente in corrispondenza del ponte di Cedogno) e con l'infrastruttura stradale (ponte di Cedogno), trattate nel Capitolo 3;
- le quote di funzionamento e la garanzia del rispetto del Deflusso Minimo Vitale (DMV), trattate nel Capitolo 4;
- lo studio del trasporto solido finalizzato a stimare la frequenza di interventi in alveo per rimuovere i sedimenti che si andranno ad accumulare a monte dell'opera di presa, trattato nel Capitolo 5.

## **2. MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE**

### **2.1 Premessa**

Le simulazioni idrauliche richieste sono state effettuate tramite il software Hec-Ras versione 6.4.1, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers, codice di calcolo che permette di eseguire modellazioni idrauliche con schema di moto monodimensionale, bidimensionale o combinato. La presente modellazione è stata condotta considerando uno schema di moto **puramente bidimensionale** (2D).

All'interno del presente Capitolo, una volta descritti i dati reperiti ed implementati nella modellazione idraulica (quali morfologia del terreno, dettaglio dei manufatti presenti nell'area oggetto di valutazione, scabrezza del terreno sulla base del consumo e uso del suolo, idrogrammi di piena), viene proposta la seguente trattazione:

- simulazioni corrispondenti allo stato di fatto, per cui si sono considerate esclusivamente le quote assolute del modello digitale del terreno (DTM);
- considerazioni in merito allo stato di progetto, una volta implementato il profilo longitudinale dell'impianto idroelettrico all'interno della morfologia caratterizzante lo stato di fatto.

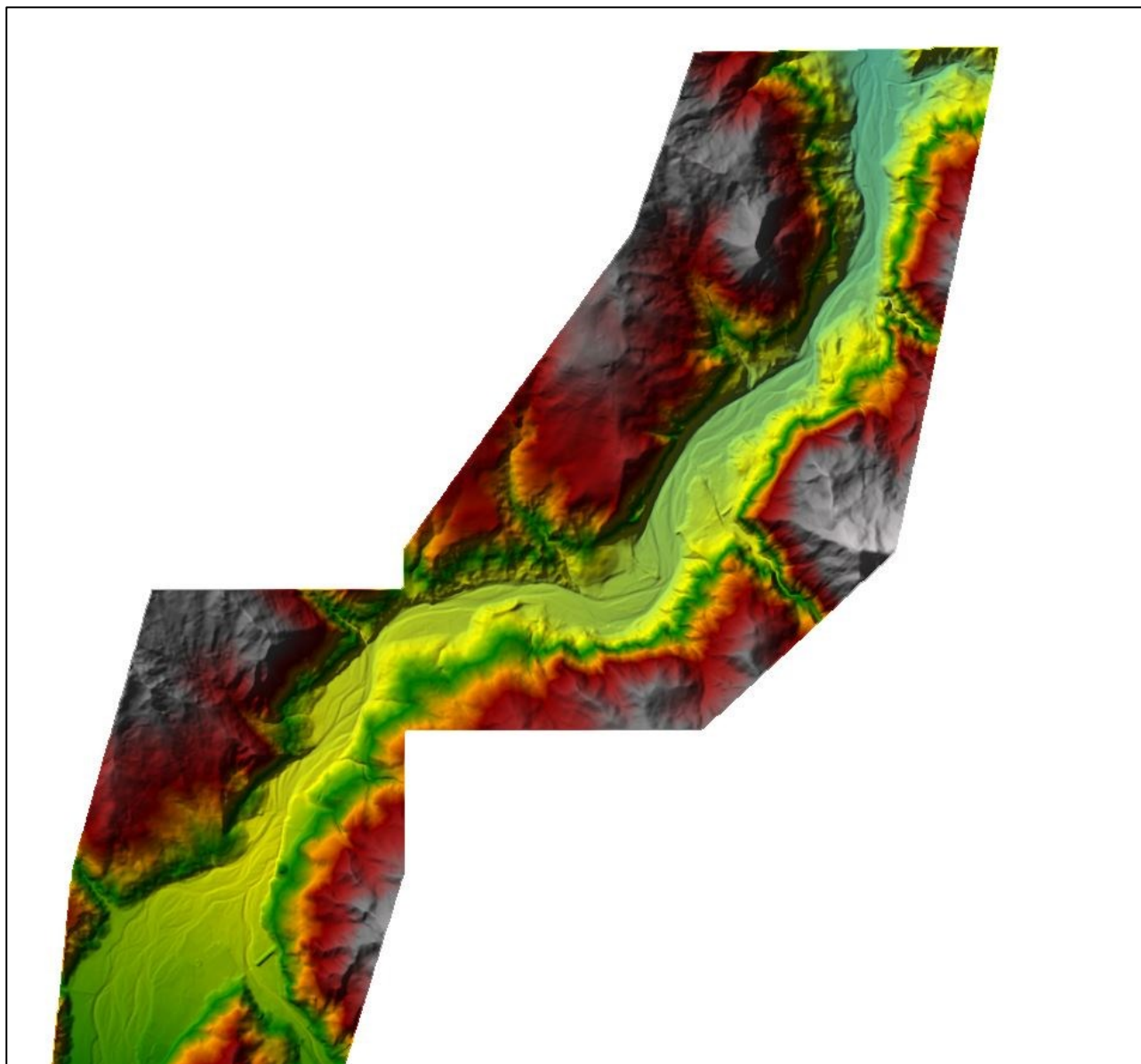
Si segnala che le simulazioni condotte presentano delle limitazioni in quanto **non** è stato possibile modellare i seguenti aspetti:

- i locali fuori terra in corrispondenza delle turbine (locale turbine).
- gli organi di regolazione in progetto (paratoie mobili dell'impianto). Per ovviare a tale limitazione, per le simulazioni idrauliche condotte relative alle piene di tempo di ritorno pari a 20 anni (piena ordinaria) e 200 anni (piena straordinaria), si sono considerate le due situazioni seguenti:
  - la condizione in cui le paratoie sono completamente aperte durante le simulazioni idrauliche, anche nei casi in cui defluisce la portata di piena straordinaria pari a 200 anni (per cui l'impianto viene chiuso per ragioni di sicurezza);
  - la condizione in cui le paratoie sono completamente chiuse durante le simulazioni idrauliche.



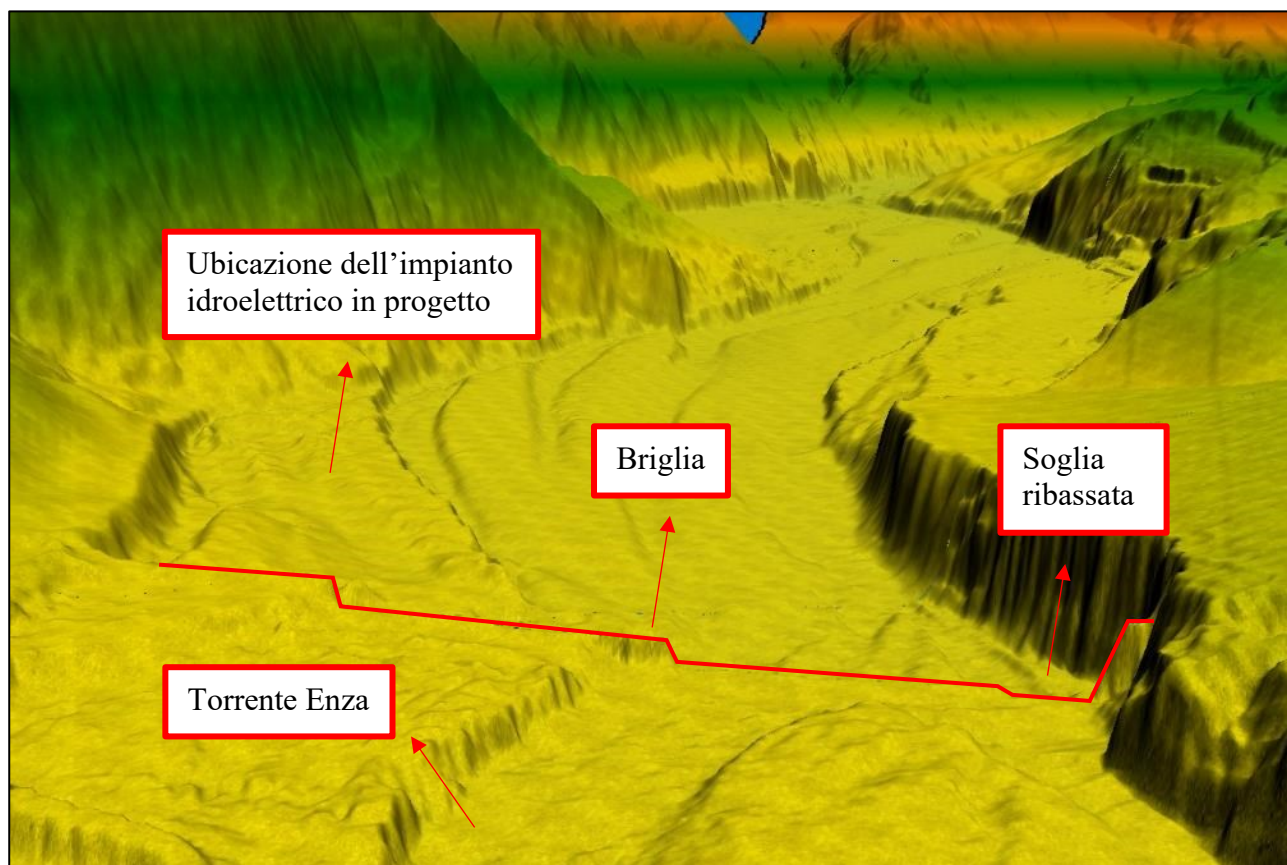
## **2.2 Morfologia del terreno (DTM, Digital Terrain Model)**

Per descrivere nel dettaglio la morfologia del terreno, si è implementato nelle modellazioni bidimensionali il DTM (Digital Terrain Model) con cella 0.5x0.5 m commissionato dalla regione Emilia-Romagna ed effettuato tramite una campagna di riprese aeree e Lidar effettuate nel corso del 2022-2023. Il DTM implementato è visualizzabile in Figura 1.



*Figura 1: DTM (Digital Terrain Model) implementato nella modellazione bidimensionale.*

In Figura 2 si riporta il DTM nell'area oggetto di valutazione.



*Figura 2: DTM implementato nelle simulazioni idrauliche, vista 3D.*

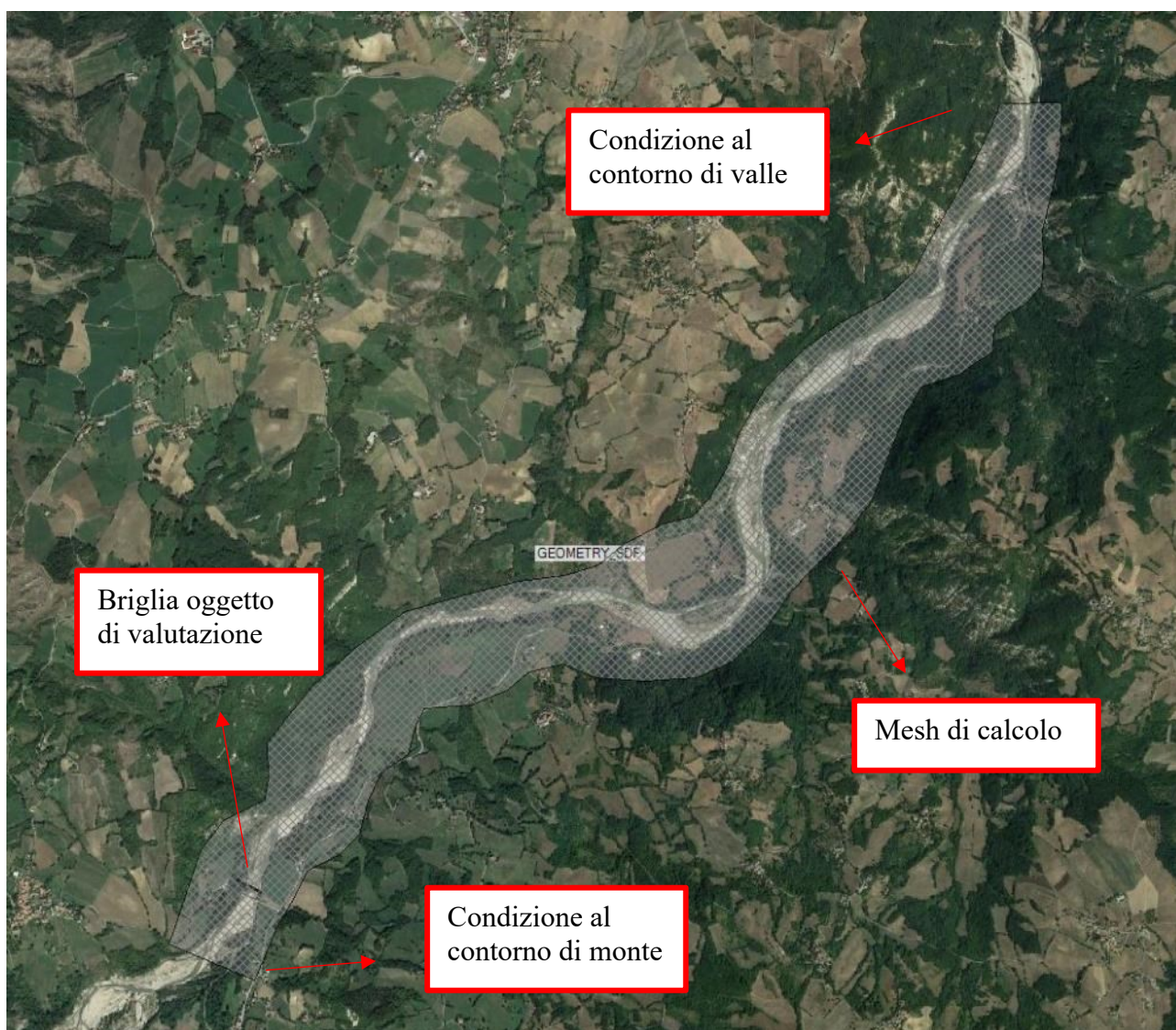


### **2.3 Dominio di calcolo**

L'estensione del dominio di calcolo implementato nelle simulazioni idrauliche è visualizzabile in Figura 3.

La scelta di tale estensione è stata dettata dai seguenti criteri:

- a monte della briglia oggetto di valutazione ci si è estesi fino alla confluenza del Tassobbio con l'Enza, in quanto gli idrogrammi implementati nelle simulazioni idrauliche si riferiscono alla stazione di Cedogno e pertanto comprendono l'apporto di tale affluente (appunto il Tassobbio);
- a valle della briglia ci si è estesi per una vasta zona in quanto è stata inserita la condizione al contorno di "normal depth" (condizione di moto uniforme in cui si assume la cadente piezometrica del moto coincidente con la pendenza dell'alveo).

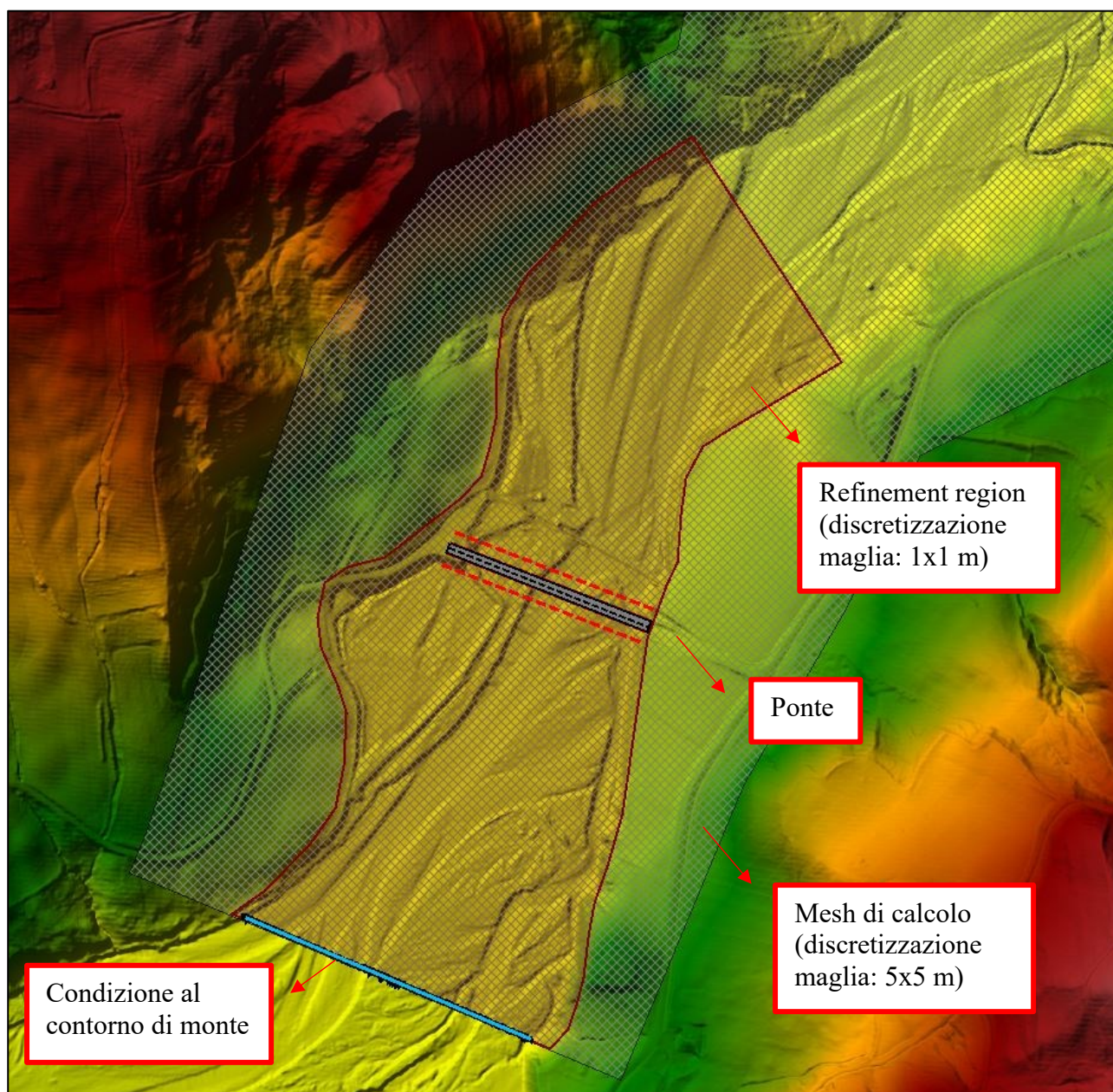


*Figura 3: Dominio di calcolo.*



In merito alla discretizzazione spaziale della mesh di calcolo, a causa della vasta area del dominio oggetto di valutazione, per non far eccedere i tempi di calcolo si è scelto di considerare delle celle di discretizzazione spaziale pari a 5x5 m.

In corrispondenza invece della zona indagata è stata implementata una "refinement region" di maglia 1x1 m, per cogliere al meglio la dinamica fluviale nell'intorno della briglia.

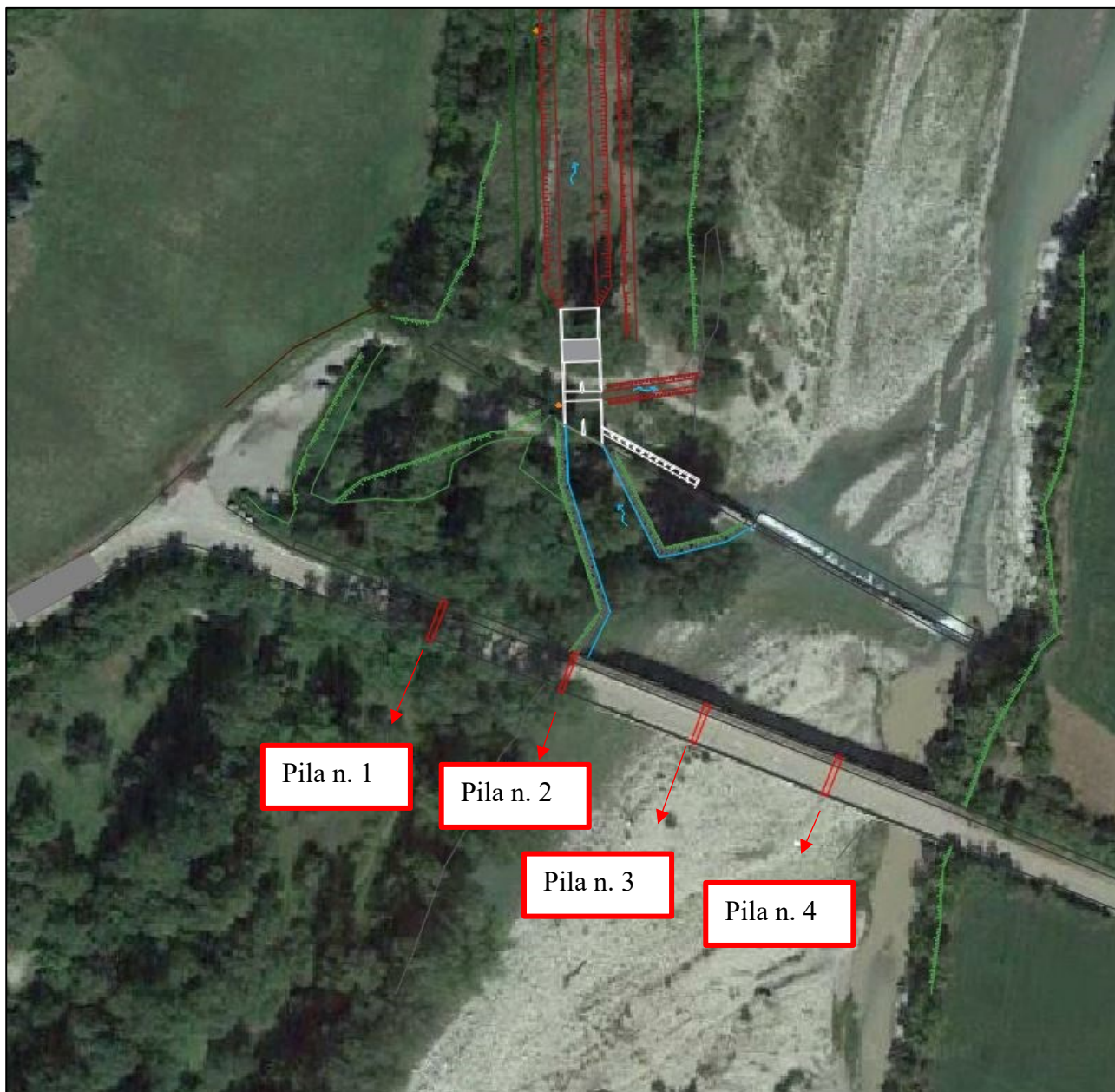


*Figura 4: Discretizzazione del modello.*

Nell'intorno oggetto di analisi si segnala inoltre la presenza del ponte che collega la strada comunale per Cedogno con la strada provinciale di Val d'Enza SP513R, visualizzabile in Figura 4.



Per definire tale manufatto in data 13 novembre 2023 è stato effettuato dalla Scrivente Società un rilievo topografico i cui risultati hanno consentito di definire la sua geometria trasversale, visualizzabile all'interno del software Hec-Ras e riportata in Figura 7.



*Figura 5: Ponte implementato nelle simulazioni idrauliche (in rosse è possibile visualizzare le sue pile).*

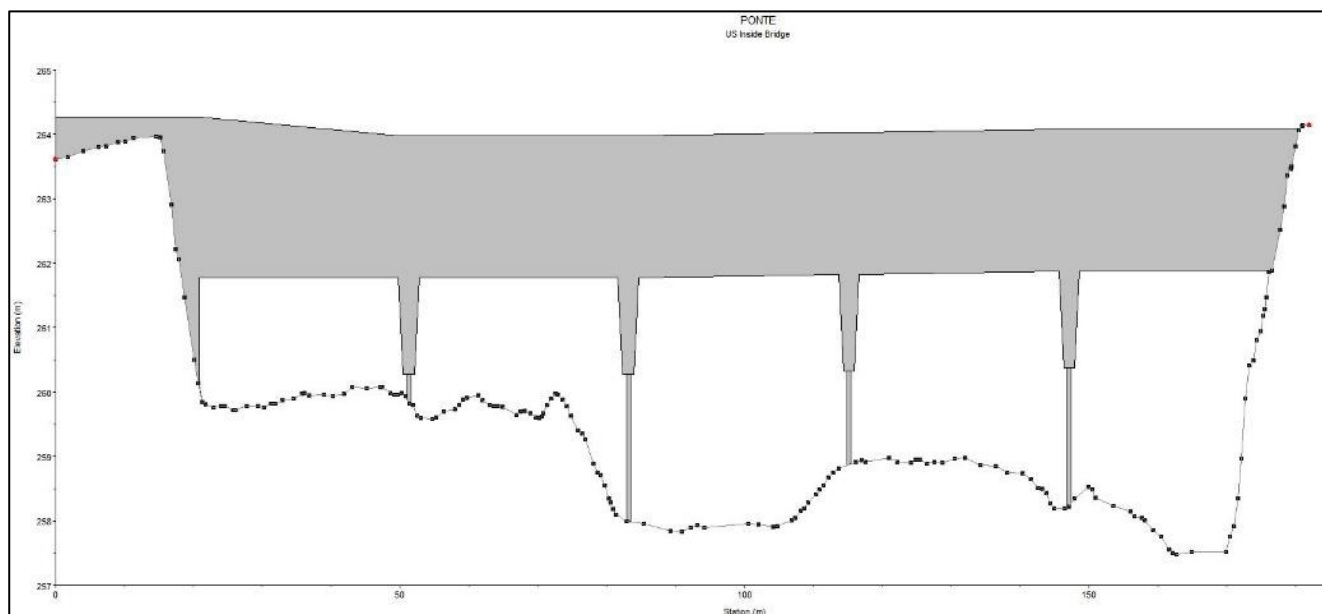


Figura 6: Ponte (bridge) implementato nella modellazione bidimensionale.



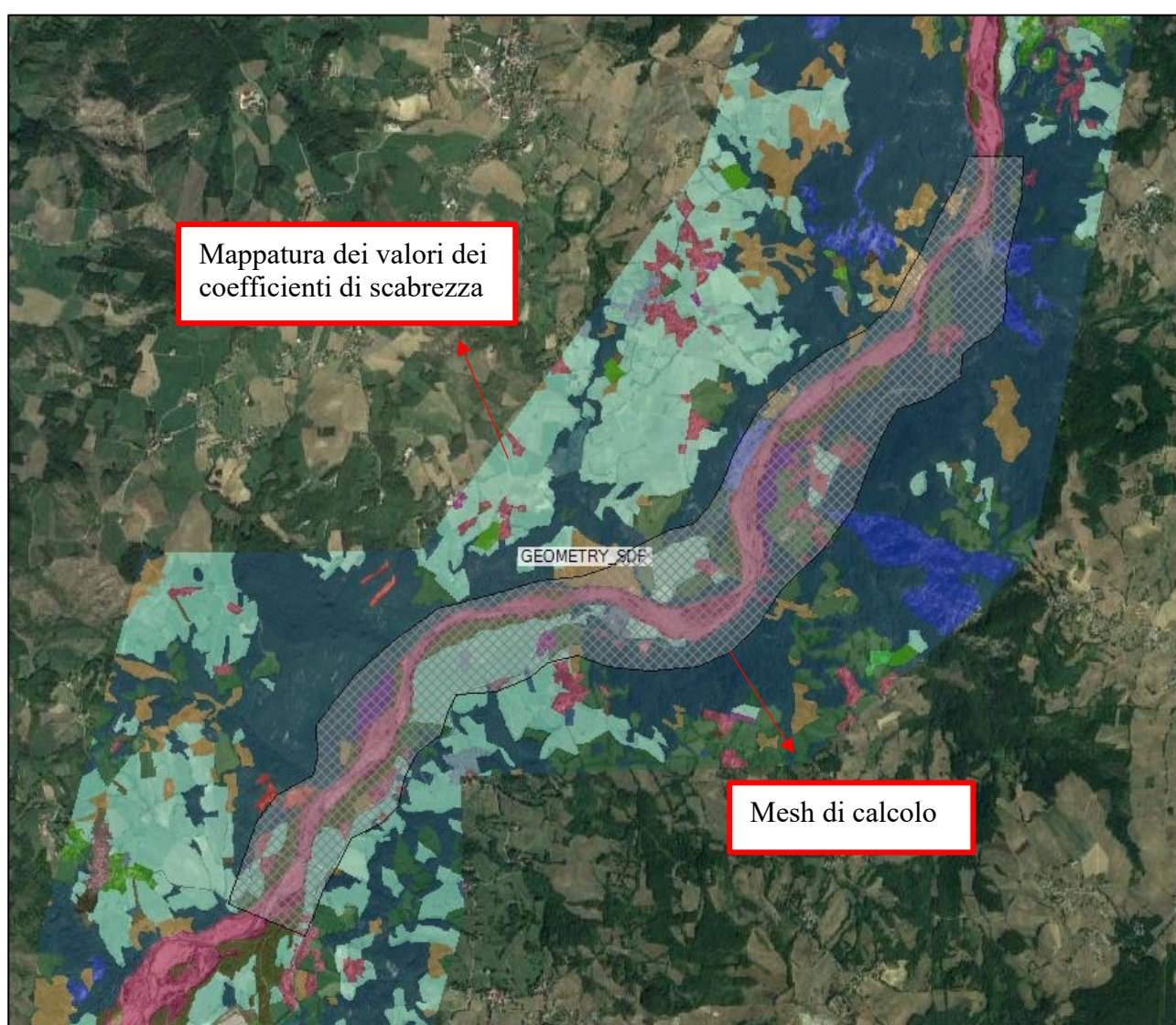
Figura 7: Pila del ponte a monte della briglia oggetto di valutazione.



## **2.4 Consumo del suolo**

Al fine di rappresentare nel dettaglio la variazione del coefficiente di scabrezza nell'area di studio (il software Hec-Ras necessita l'inserimento del coefficiente di Manning  $n$  [ $s/m^{1/3}$ ]), è stata effettuata una ricerca all'interno del Geoportale della Regione-Emilia Romagna relativa al consumo ed uso del suolo.

Al suo interno è stato possibile scaricare lo shapefile inerente al "Consumo del Suolo", il cui estratto caricato all'interno del software Hec-Ras è visualizzabile in Figura 8: ad ogni colore è associato uno specifico valore di Corine Land Cover (CLC), il quale definisce le classi di copertura del suolo suddividendo il territorio in 3 livelli (5 classi per il primo livello, 15 per il secondo e 45 per il terzo).



*Figura 8: Distribuzione spaziale dei valori di scabrezza (coefficiente di Manning) implementati nelle simulazioni idrauliche.*

A ciascuna area caratterizzata da un determinato Corine Land Cover (CLC) Hec-Ras consente di assegnare uno specifico valore di scabrezza rappresentativo. In particolare, in Figura 9 si riportano i valori di scabrezza (coefficiente di Manning n) caratterizzanti ciascun valore di CLC.

LABEL1	LABEL2	LABEL3	Mannings n
1 Artificial surfaces	1.1 Urban fabric	1.1.1 Continuous urban fabric 1.1.2 Discontinuous urban fabric	0.013
	1.2 Industrial, commercial and transport units	1.2.1 Industrial or commercial units 1.2.2 Road and rail networks and associated land 1.2.3 Port areas 1.2.4 Airports	0.013
	1.3 Mine, dump and construction sites	1.3.1 Mineral extraction sites 1.3.2 Dump sites 1.3.3 Construction sites	0.013
	1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.4.1 Green urban areas 1.4.2 Sport and leisure facilities	0.025
2 Agricultural areas	2.1 Arable land	2.1.1 Non-irrigated arable land 2.1.2 Permanently irrigated land 2.1.3 Rice fields	0.03
	2.2 Permanent crops	2.2.1 Vineyards 2.2.2 Fruit trees and berry plantations 2.2.3 Olive groves	0.08
	2.3 Pastures	2.3.1 Pastures	0.035
	2.4 Heterogeneous agricultural areas	2.4.1 Annual crops associated with permanent crops	0.04
		2.4.2 Complex cultivation patterns	0.04
		2.4.3 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	0.05
		2.4.4 Agro-forestry areas	0.06
3 Forest and semi natural areas	3.1 Forests	3.1.1 Broad-leaved forest 3.1.2 Coniferous forest 3.1.3 Mixed forest	0.1
		3.2.1 Natural grasslands	0.04
		3.2.2 Moors and heathland	0.05
	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	3.2.3 Sclerophyllous vegetation	0.05
		3.2.4 Transitional woodland-shrub	0.06
		3.3.1 Beaches, dunes, sands	0.025
		3.3.2 Bare rocks	0.035
	3.3 Open spaces with little or no vegetation	3.3.3 Sparsely vegetated areas	0.027
		3.3.4 Burnt areas	0.025
		3.3.5 Glaciers and perpetual snow	0.01
4 Wetlands	4.1 Inland wetlands	4.1.1 Inland marshes 4.1.2 Peat bogs	0.04
	4.2 Maritime wetlands	4.2.1 Salt marshes 4.2.2 Salines	0.04
		4.2.3 Intertidal flats	
5 Water bodies	5.1 Inland waters	5.1.1 Water courses 5.1.2 Water bodies	0.05
	5.2 Marine waters	5.2.1 Coastal lagoons 5.2.2 Estuaries	0.07
		5.2.3 Sea and ocean	

Figura 9: Valori di scabrezza (coefficiente di Manning) utilizzati nelle simulazioni idrauliche.

In Tabella 1 si riportano i valori effettivamente implementati all'interno del software Hec-Ras, per le specifiche tipologie limitrofe all'area oggetto di intervento.



ID codice	Descrizione	n [s/m <sup>1/3</sup> ]
5111	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	0.05
5112	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	0.05
3120	Boschi di conifere	0.1
3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	0.1
3112	Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	0.1
3116	Boscaglie ruderali	0.1
3113	Boschi a prevalenza di salici e pioppi	0.1
2220	Frutteti	0.08
2242	Altre colture da legno	0.08
2210	Vigneti	0.08
3331	Aree calanchive	0.027
3320	Rocce nude, falesie e affioramenti	0.035
3332	Aree con vegetazione rada di altro tipo	0.027
1121	Tessuto residenziale urbano	0.013
1112	Tessuto residenziale rado	0.013
1122	Strutture residenziali isolate	0.013
1211	Insediamenti produttivi	0.013
1213	Insediamenti commerciali	0.013
1214	Insediamenti di servizi	0.013
1212	Insediamenti agro-zootecnici	0.013
2310	Prati	0.035
1311	Aree estrattive attive	0.013
1331	Cantieri e scavi	0.013
1323	Depositi di rottami	0.013
1332	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.013
1229	Reti per la distribuzione idrica	0.013
1222	Reti stradali	0.013
2110	Seminativi non irrigui	0.03
3231	Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	0.05
1426	Autodromi	0.025
1430	Cimiteri	0.025
1411	Parchi	0.025
1412	Ville	0.025
1413	Aree incolte urbane	0.025
2430	Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	0.05
2420	Sistemi colturali e particellari complessi	0.04
2410	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.04

Tabella 1: Valori di scabrezza (coefficiente di Manning) utilizzati nelle simulazioni idrauliche.

## 2.5 Condizioni al contorno

### 2.5.1 Condizioni al contorno di monte

In riferimento alla richiesta di Arpae (Agenzia regionale per la prevenzione l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna):

*“dovrà essere fornita la simulazione delle modifiche apportate alla dinamica fluviale, attraverso modellazione ante e post operam, ..., in regime di magra, morbida e piena, sia ordinaria che con TR200”,*

si sono fatte delle considerazioni sia statistiche che storiche finalizzate alle modellazioni bidimensionali eseguite.

Per quanto riguarda i **dati statistici**, si è fatto riferimento allo studio “Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza” che ha permesso di definire gli idrogrammi sintetici per vari tempi di ritorno e per definite sezioni di interesse, tra cui quella relativa a Cedogno.

Tra gli idrogrammi a disposizione, a seguito della richiesta di Arpae di valutare il regime di *“piena, sia ordinaria che con TR200”*, la Scrivente Società ha implementato nelle simulazioni idrauliche le onde di piena relative a:

- $T_r=20$  anni;
- $T_r=200$  anni;

visualizzabili in Figura 10.

In merito ai **dati storici**, a seguito della richiesta di Arpae di valutare i regimi di magra e morbida, le portate oggetto di valutazione sono state estrapolate all'interno degli “Annali Idrologici – parte seconda”, facendo riferimento alla Curva di Durata delle Portate riferita alla stazione idrometrica di Cedogno relativa al periodo di analisi 2016 – 2021, visualizzabile in Figura 11.

Tra i valori di portata delle durate a disposizione si è deciso di considerare i seguenti valori:

- portata presente in alveo per un periodo pari a 30 giorni;
- portata presente in alveo per un periodo pari a 91 giorni;
- portata presente in alveo per un periodo pari a 274 giorni;

valori visualizzabili in Tabella 2.

Relazione idraulica integrativa

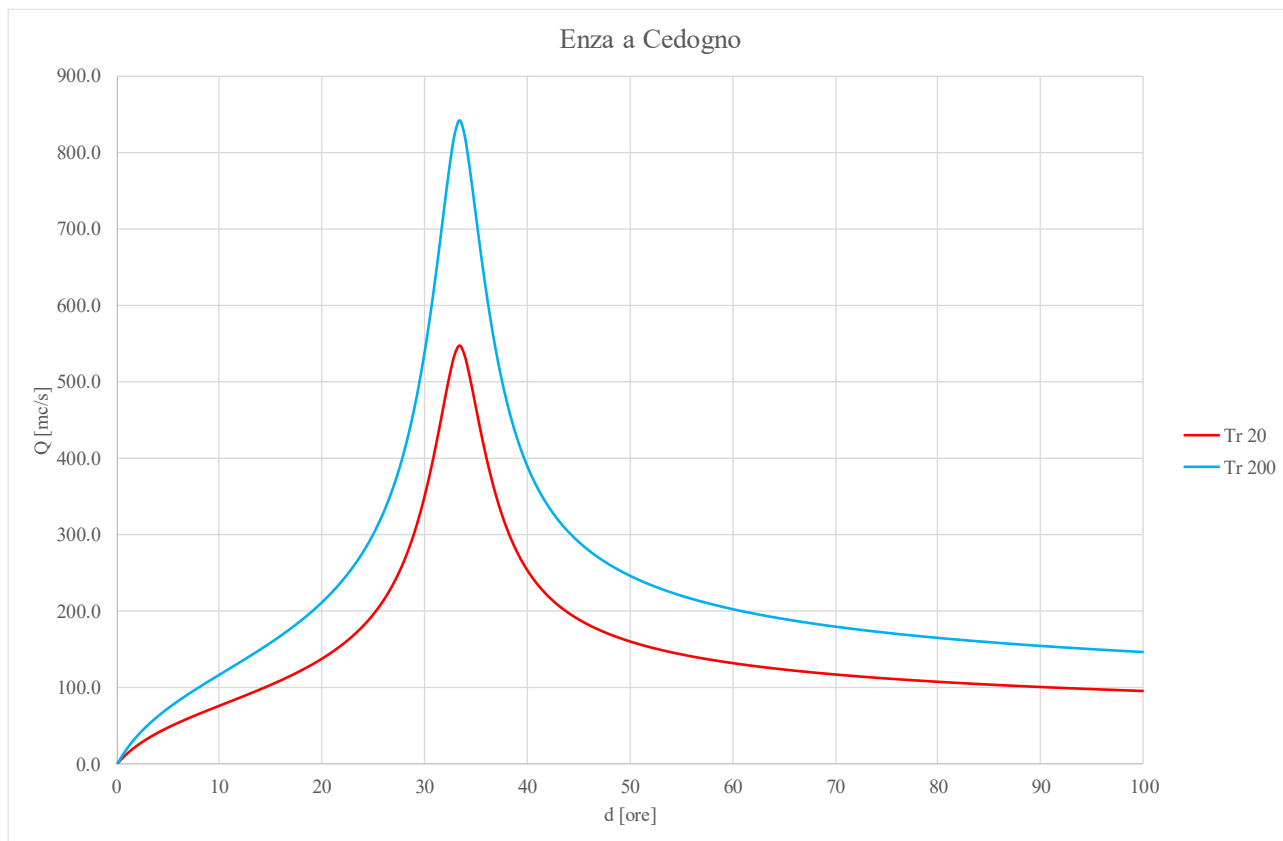


Figura 10: Idrogrammi sintetici calcolati per il torrente Enza in corrispondenza della località Cedogno.

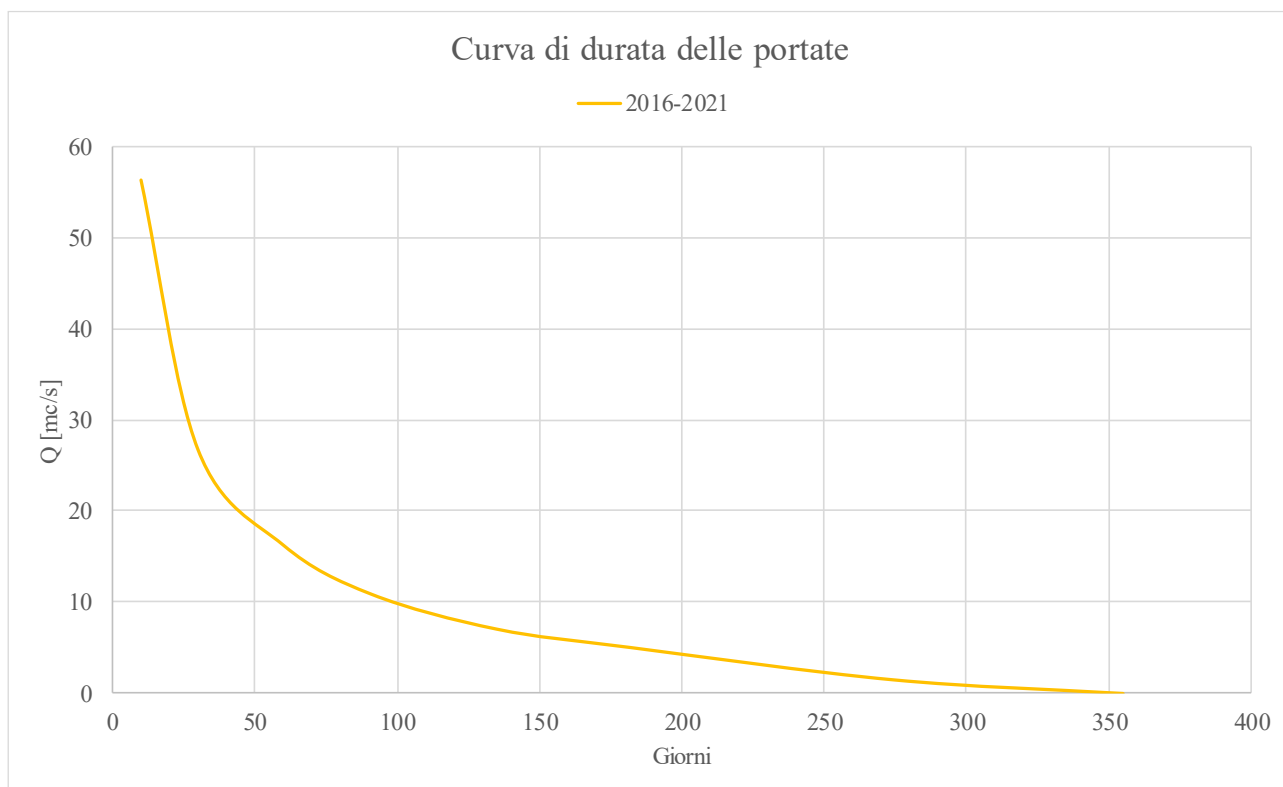


Figura 11: Curva di durata delle portate (periodo di analisi: 2016-2021).

Curva di durata delle portate (2016-2021)	
Giorni	[m <sup>3</sup> /s]
10	56.40
30	26.80
60	16.30
91	10.90
135	7.070
182	5.05
274	1.51
355	-

Tabella 2: Curva di durata delle portate (periodo di analisi: 2016-2021).

Le simulazioni idrauliche condotte sono avvenute inserendo nel software **idrogrammi costanti** di una durata prefissata pari a 2 ore. Tale scelta è avvenuta:

- a favore di sicurezza, considerando come valore costante quello relativo alla portata al colmo degli idrogrammi di piena visualizzabili in Figura 10;
- operando in questo modo è stato possibile ridurre gli onerosi tempi di calcolo, mantenendo una discretizzazione temporale di calcolo bassa con cui risolvere le equazioni bidimensionali delle acque basse (Shallow Water equations). La scelta del passo di calcolo è dettata dal valore che assume il coefficiente di Courant di espressione:

$$c = \frac{vel \cdot \Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

dove:

- *vel*: massima velocità riscontrata all'interno del dominio di calcolo;
- $\Delta x$ : dimensione minima della griglia;
- $\Delta t$ : discretizzazione temporale;

il passo di calcolo, sulla base del coefficiente di Courant assunto durante la simulazione, è stato variato da un minimo di 0.06 secondi ad un massimo di 1 secondo.

- gli idrogrammi costanti hanno una durata sufficiente affinché l'intera asta torrentizia analizzata sia interessata dalla medesima portata.

I valori di portata considerati sono visualizzabili in Tabella 3.

Idrogrammi costanti implementati nelle simulazioni idrauliche	
Idrogrammi costanti ricavati dalle valutazioni statistiche	
Tempo di ritorno [anni]	Portata [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
20	536.77
200	825.96
Idrogrammi costanti ricavati dalla curva di durata delle portate (Annali Idrologici)	
Durata [giorni]	Portata [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
30	26.80
91	10.90
274	1.51

Tabella 3: Idrogrammi costanti implementati nelle simulazioni idrauliche.

In merito alle portate presenti in alveo per 91; 274 giorni l'anno (ricavate dalla Curva di Durata delle Portate), si segnala che i rispettivi valori sono confrontabili con quelli relativi ad una **media invernale** (91 giorni) e ad una **media estiva** (274 giorni), come visualizzabile all'interno della Figura 12 riportante i calcoli precedentemente effettuati relativi alla determinazione del DMV (Deflusso Minimo Vitale) riportati all'interno della "Relazione Tecnica" redatta in data 29 novembre 2022.

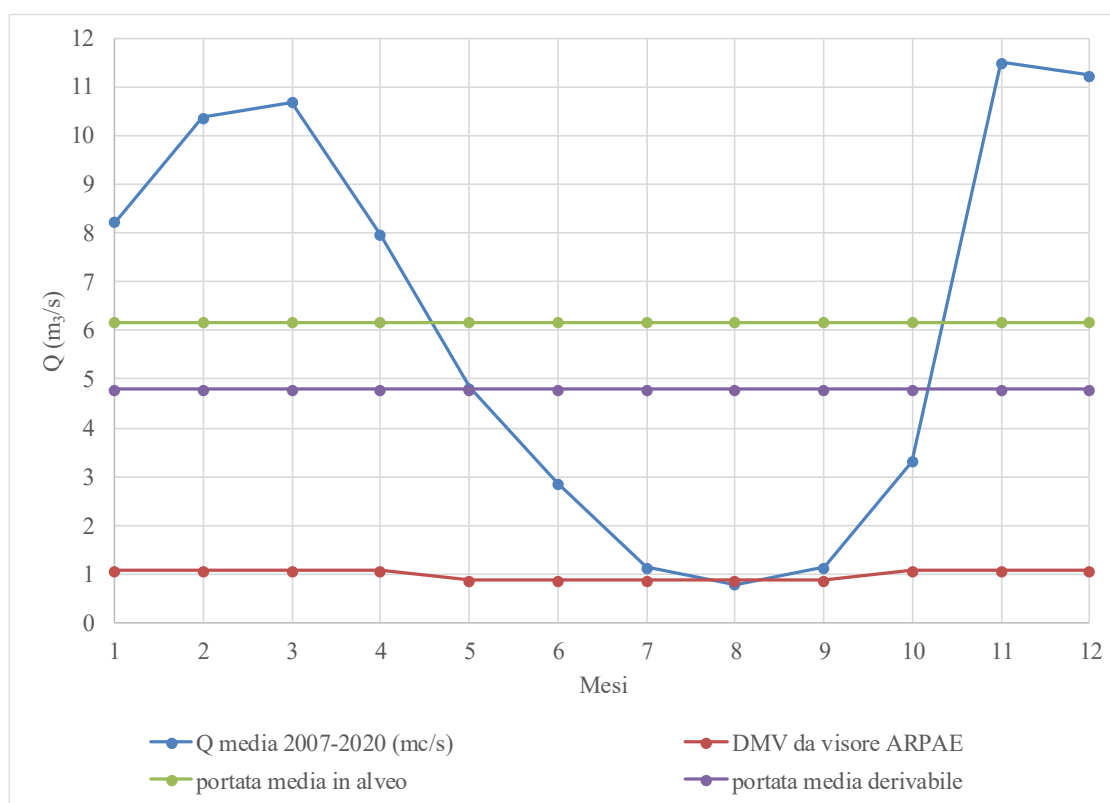


Figura 12: Calcolo delle portate utilizzabili in centrale.

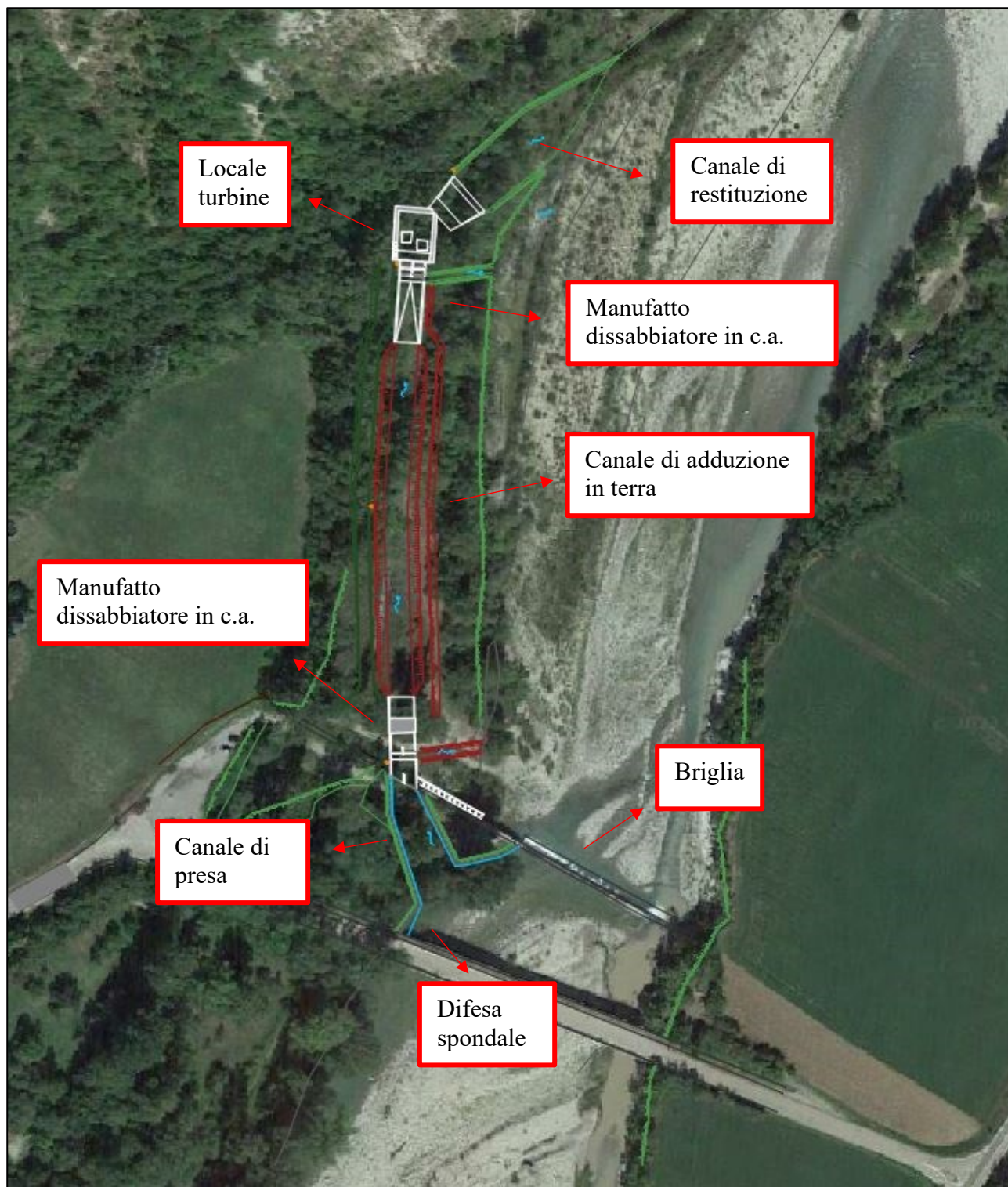
### **2.5.2 Condizione al contorno di valle**

Non conoscendo i livelli o le portate nella sezione di valle, si è scelto di imporre come condizione al contorno di valle il valore di **"normal depth"** (ipotesi di moto uniforme), andando ad impostare la pendenza dell'alveo nel suo tratto vallivo. Essa è stata ricavata sulla base dei dati morfologici a disposizione (DTM Regione Emilia-Romagna implementato nelle simulazioni) ed è stata imposta pari a: 0.008 (8 ‰).

Poiché tale condizione al contorno risulta la più approssimativa, si è scelto di estendere il modello in maniera tale da non influenzare i risultati nell'intorno dell'area di interesse.

## **2.6 Stato di progetto**

L'impianto idroelettrico in progetto è visualizzabile in Figura 13. Le sue componenti sono descritte negli elaborati progettuali, a cui si rimanda per una maggiore comprensione.



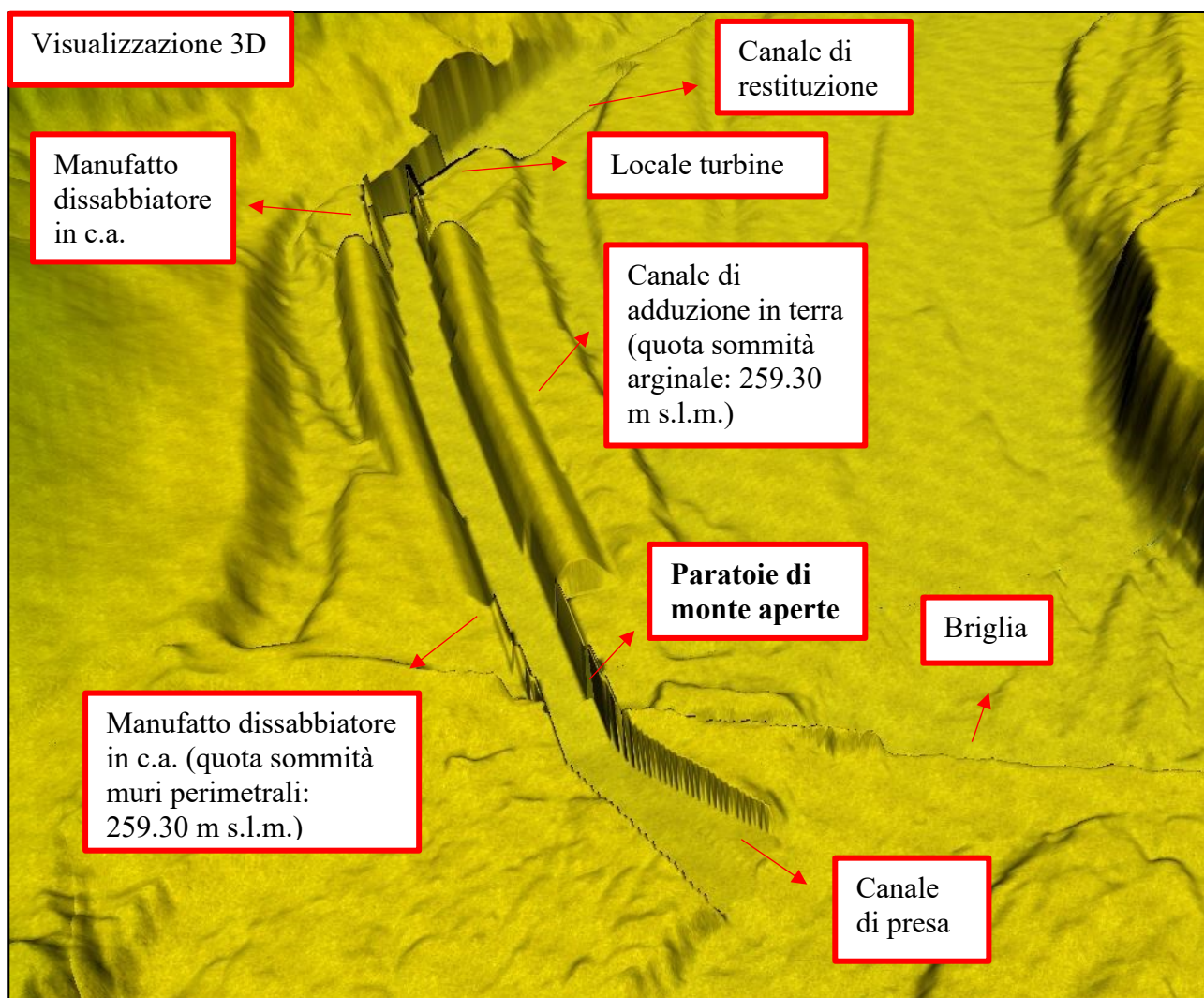
*Figura 13: Impianto idroelettrico in progetto.*



Il profilo longitudinale dell'impianto in progetto è visualizzabile in Figura 15, inserito all'interno del software Hec-Ras tramite la clonazione del terrain implementato (DTM RER di maglia 0.5x0.5 m) e sua successiva modifica.

In Figura 14 è possibile visualizzare l'impianto in progetto calato all'interno del DTM, considerando le paratoie di monte presenti in corrispondenza della briglia esistente completamente **aperte** (in Figura 15 è invece visualizzabile il profilo longitudinale dell'impianto).

In Figura 16 si riporta la configurazione dell'impianto idroelettrico in cui le sue paratoie di monte sono **abbassate**, configurazione simulata per le piene aventi tempi di ritorno pari a 20 anni (piena ordinaria) e 200 anni (piena straordinaria), in cui si considera l'impianto in progetto chiuso per ragioni di sicurezza.



*Figura 14: Impianto in progetto inserito all'interno del DTM dello stato di fatto, configurazione in cui le paratoie di monte sono completamente aperte.*



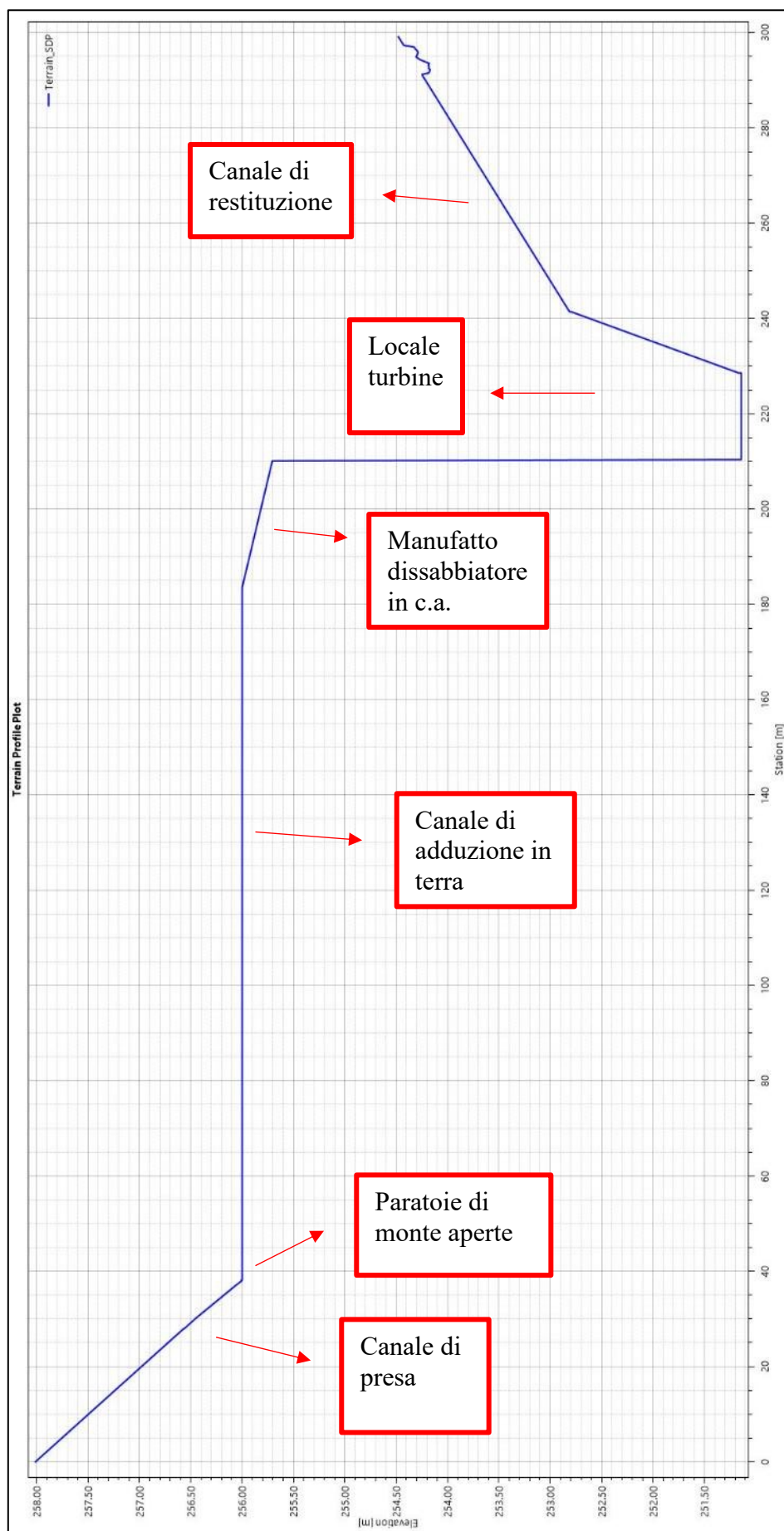
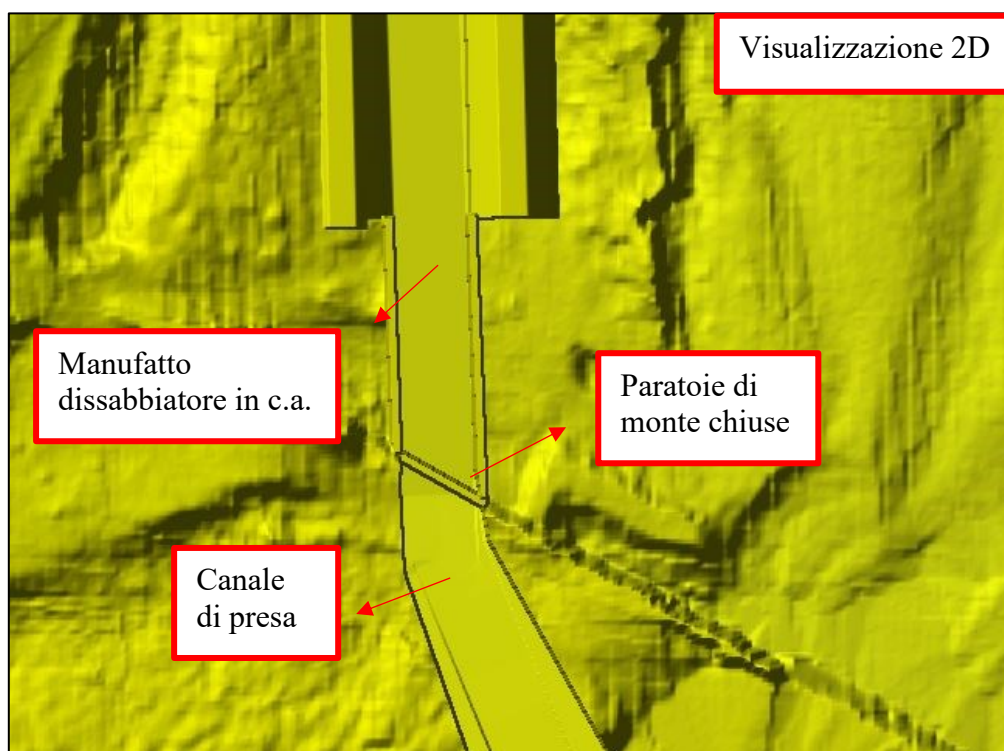
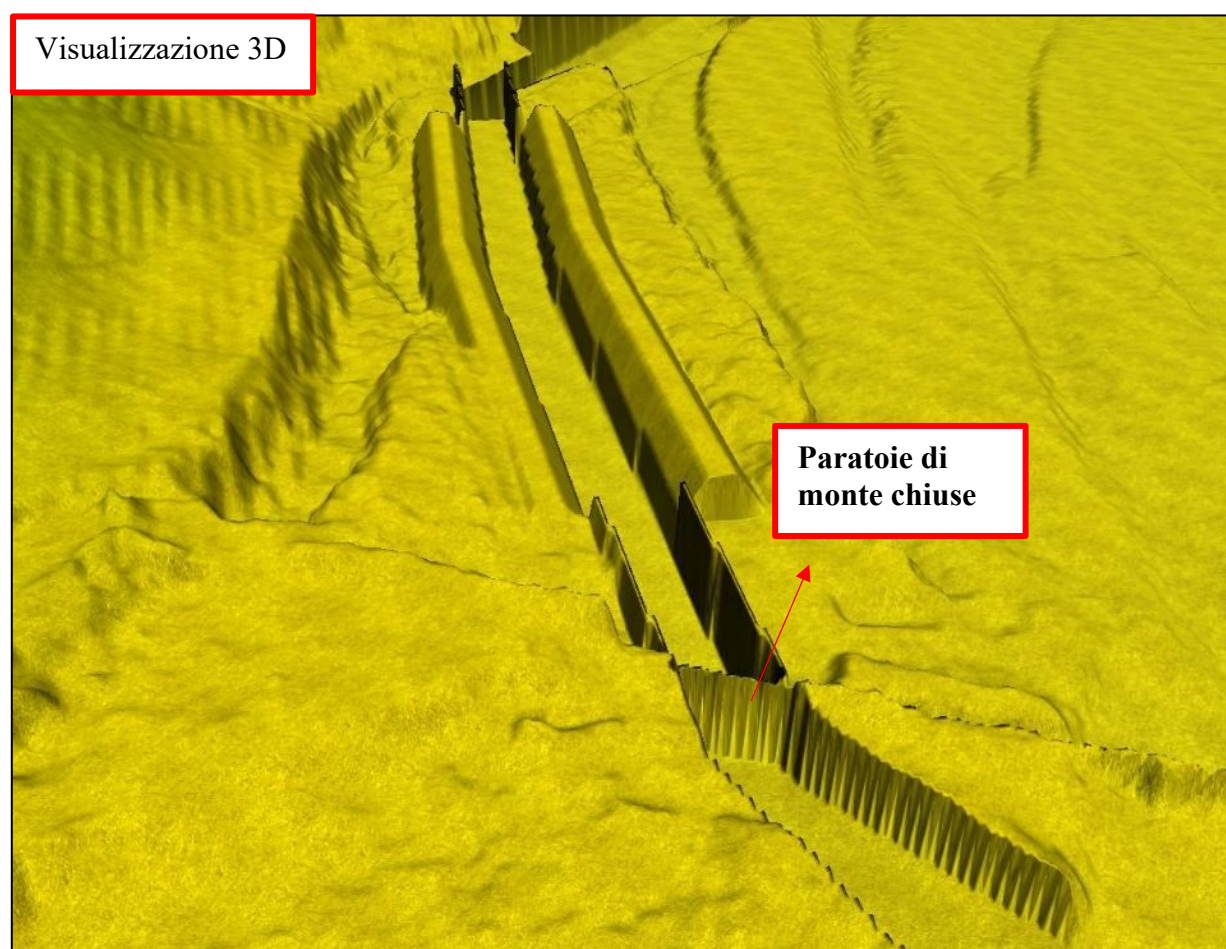


Figura 15: Profilo longitudinale dell'impianto idroelettrico in progetto, considerando le paratoie di monte (presenti in corrispondenza della briglia esistente) completamente aperte.



*Figura 16: Impianto in progetto inserito all'interno del DTM dello stato di fatto, configurazione in cui le paratoie di monte sono completamente chiuse.*



*Figura 17: Impianto in progetto inserito all'interno del DTM dello stato di fatto, configurazione in cui le paratoie di monte sono completamente chiuse.*

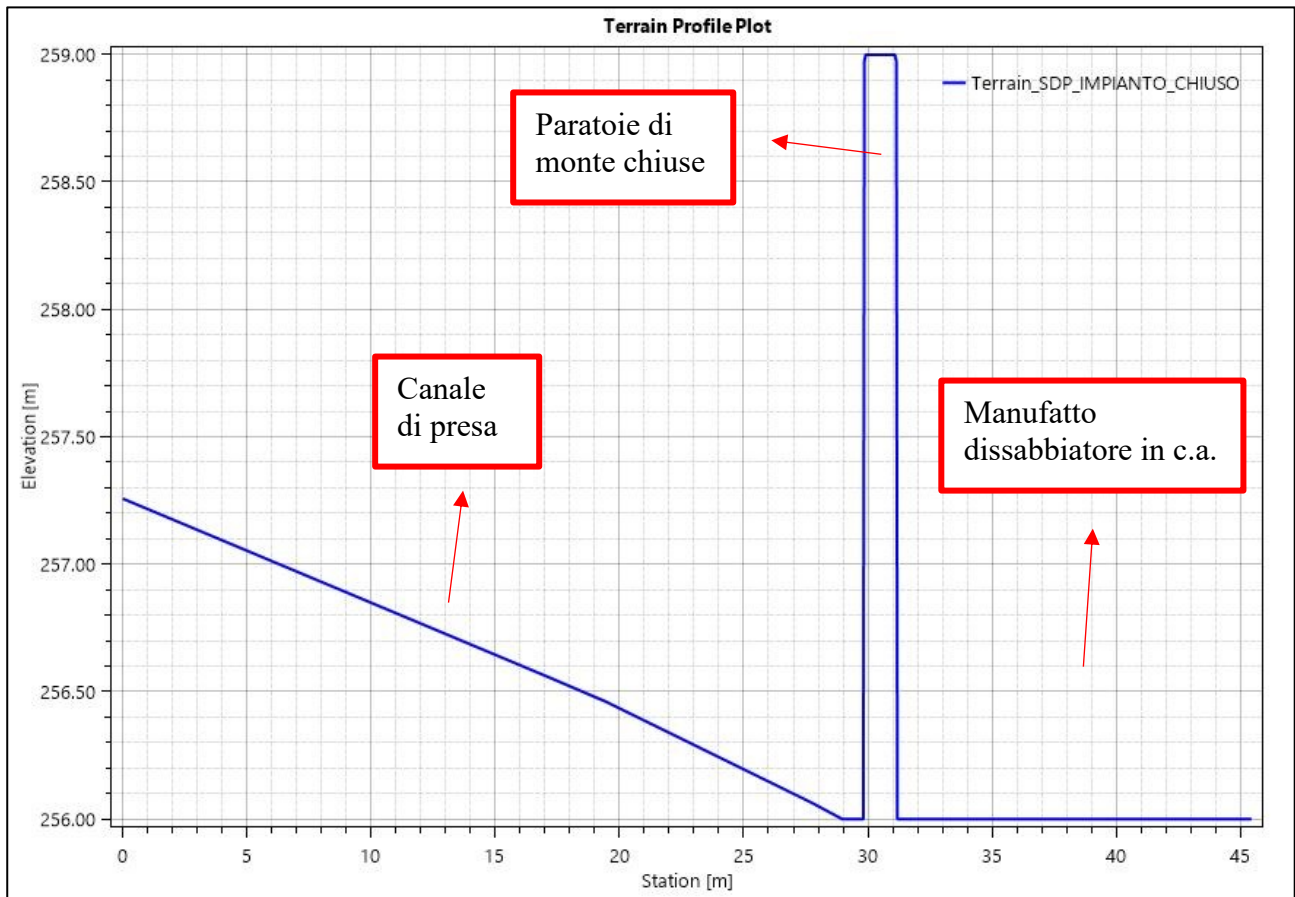


Figura 18: Profilo longitudinale dell'impianto idroelettrico in progetto, considerando le paratoie di monte (presenti in corrispondenza della briglia esistente) completamente chiuse.

In merito ai valori di scabrezza, si è resa necessaria una modifica puntuale dei valori del coefficiente di Manning  $n$ , in corrispondenza dell'impianto in progetto. I valori di manning implementati in corrispondenza dei nuovi manufatti sono visualizzabili in Tabella 4.

Descrizione	coeff Manning $n$ [s/m <sup>1/3</sup> ]
Manufatto dissabbiatore in c.a.	0.015
Locale turbine	0.015
Canale di adduzione in terra	0.025
Canale di restituzione in terra	0.025

Tabella 4: Valori di scabrezza (coefficiente di Manning  $n$ ) modificati per considerare lo stato di progetto.



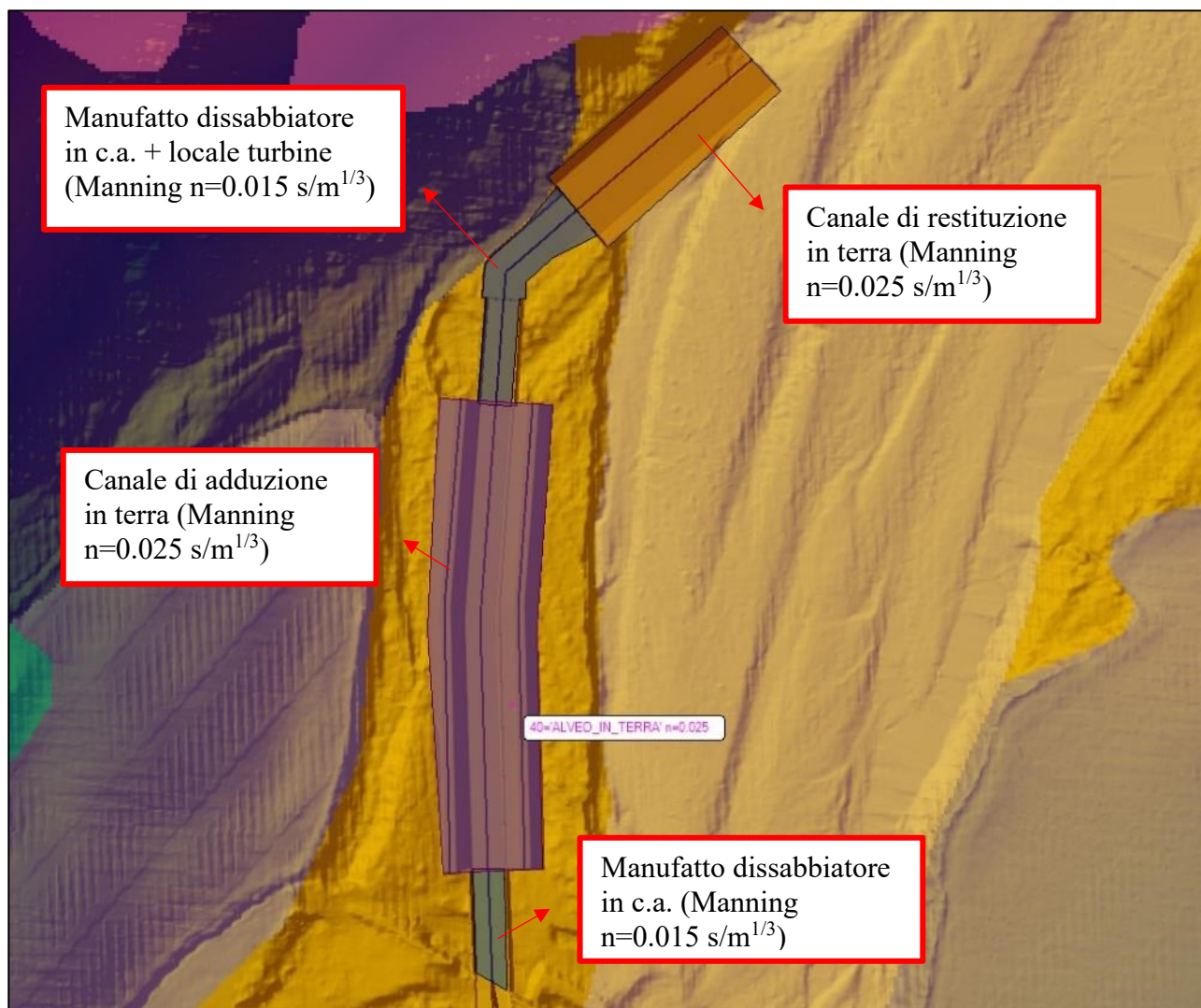


Figura 19: Valori di scabrezza modificati adattando l'area in progetto con l'ubicazione dell'impianto idroelettrico.

## **2.7 Risultati relativi allo stato di fatto & stato di progetto**

Nel presente paragrafo si riportano i risultati relativi allo stato di fatto ed allo stato di progetto relativi alle simulazioni idrauliche effettuate:

- portata presente in alveo per 274 giorni l'anno, considerando le paratoie di ingresso all'impianto completamente aperte (paragrafo 2.7.1);
- portata presente in alveo per 91 giorni l'anno, considerando le paratoie di ingresso all'impianto completamente aperte (paragrafo 2.7.2);
- portata presente in alveo per 30 giorni l'anno, considerando le paratoie di ingresso all'impianto completamente aperte (paragrafo 2.7.3);
- portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni, considerando le due condizioni limite in cui le paratoie sono completamente aperte e completamente chiuse (paragrafo 2.7.4);
- portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni, considerando le due condizioni limite in cui le paratoie sono completamente aperte e completamente chiuse (paragrafo 2.7.5).

I risultati delle simulazioni idrauliche condotte sono relativi a:

- tiranti idrometrici (depth) presenti in alveo;
- velocità (velocity) presente in alveo;

entrambi si riferiscono alla condizione di massimo (max) avvenuta all'interno delle simulazioni.

**2.7.1 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 274 giorni ( $1.51 \text{ m}^3/\text{s}$ ):**

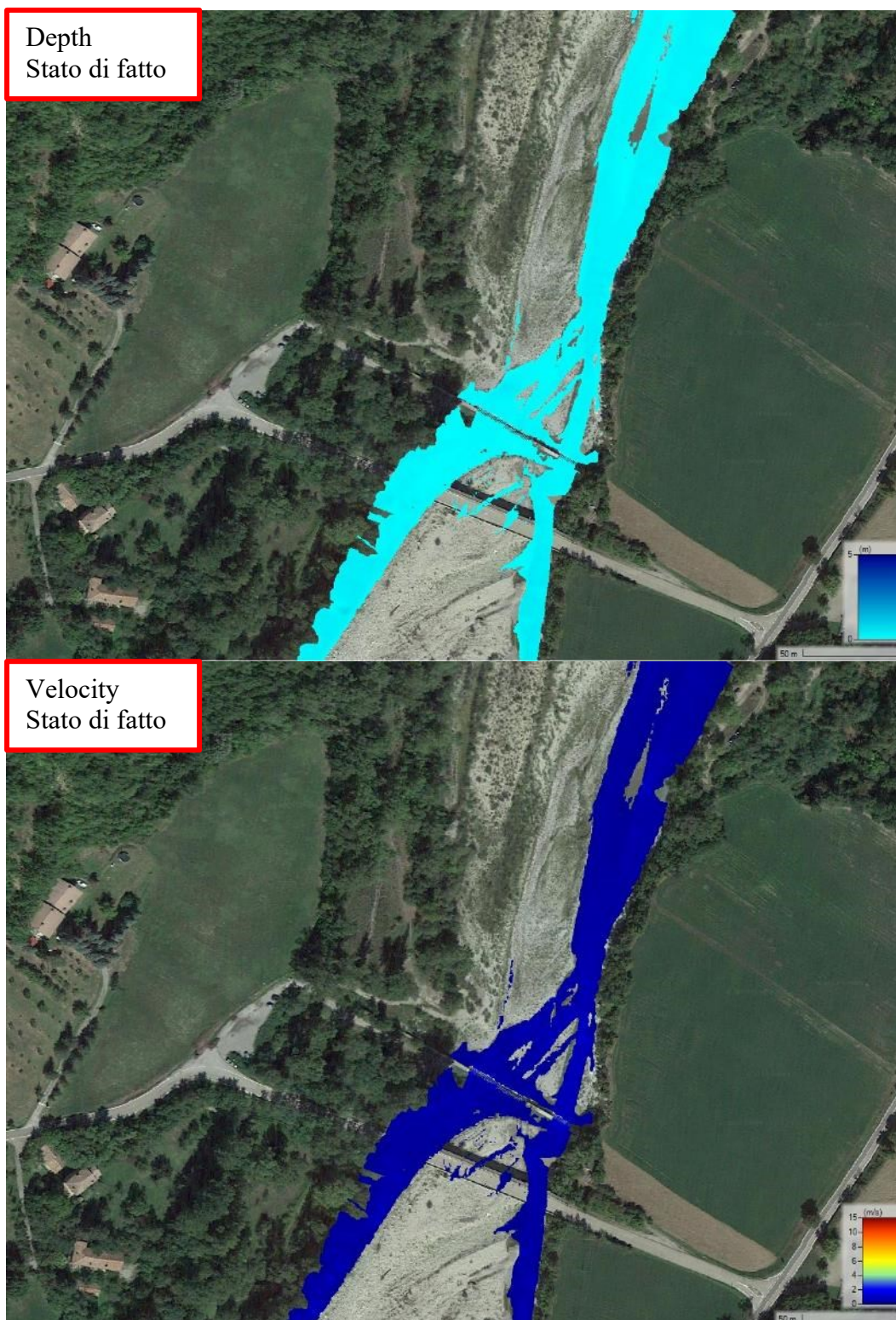


Figura 20: Portata media storica 274 giorni, stato di fatto.



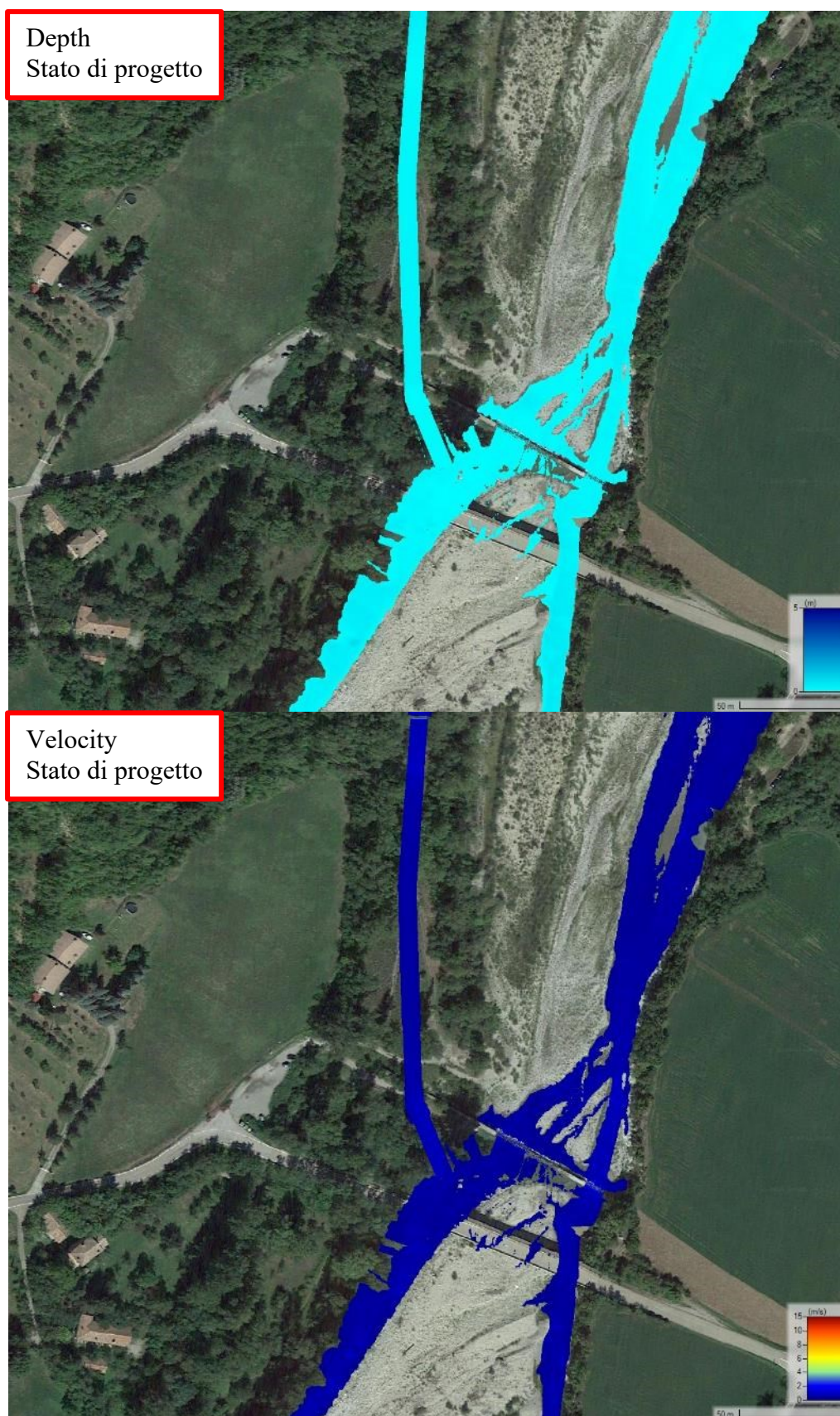
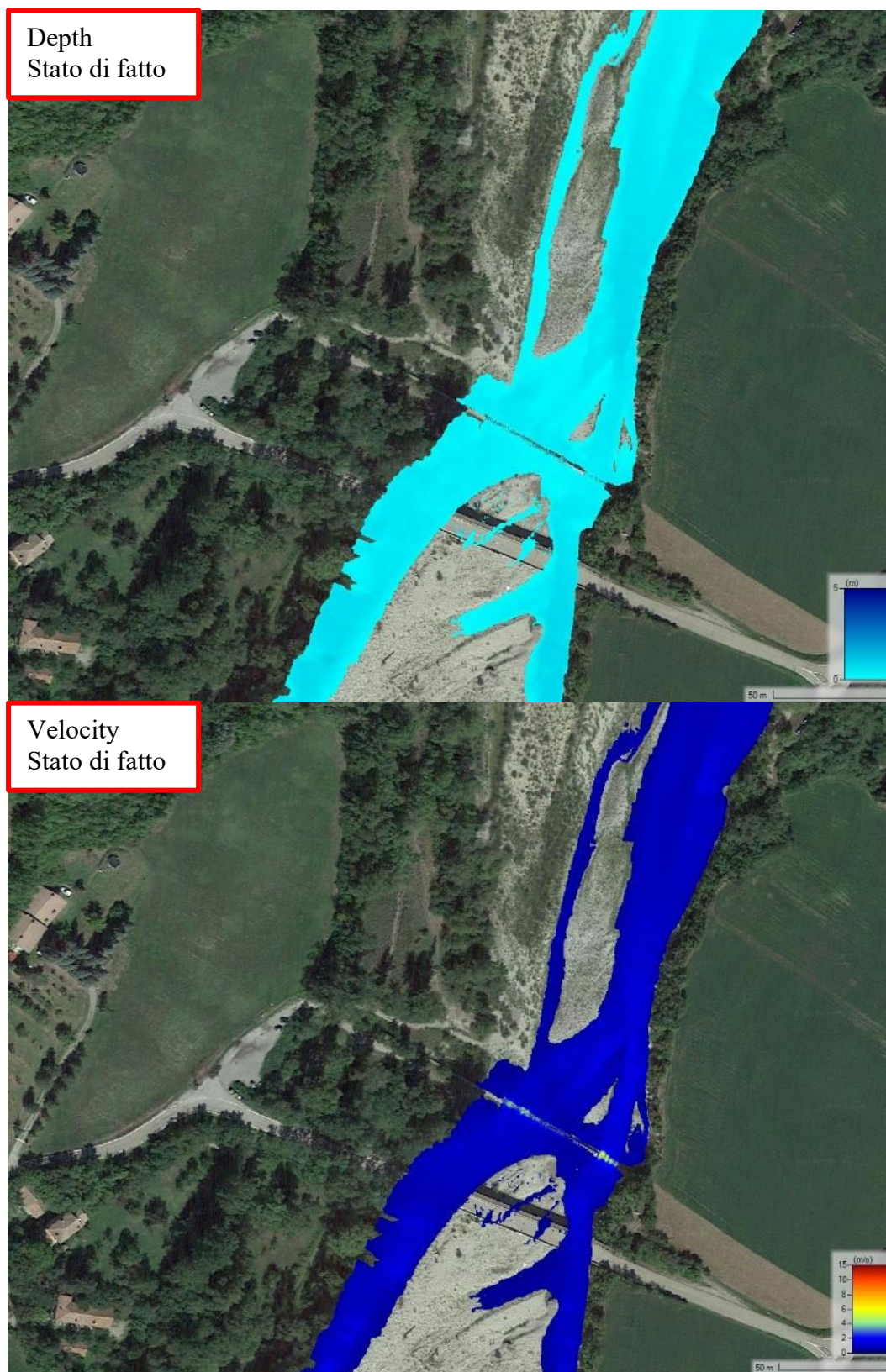


Figura 21: Portata media storica 274 giorni, stato di progetto.



**2.7.2 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 91 giorni (10.90 m<sup>3</sup>/s):**



*Figura 22: Portata media storica 91 giorni, stato di fatto.*



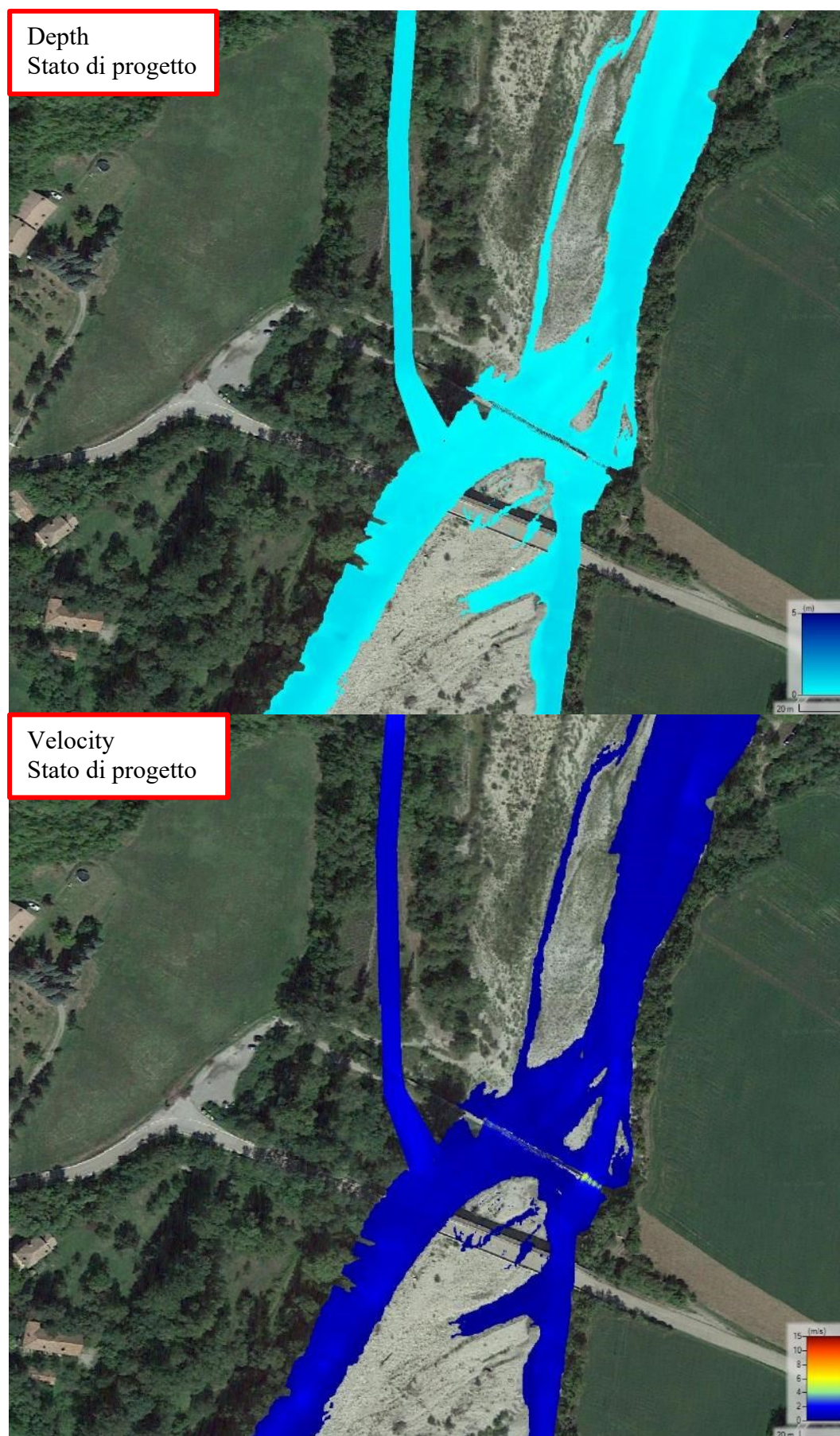


Figura 23: Portata media storica 91 giorni, stato di progetto.



**2.7.3 Stato di fatto & stato di progetto: Portata storica 30 giorni ( $26.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ):**





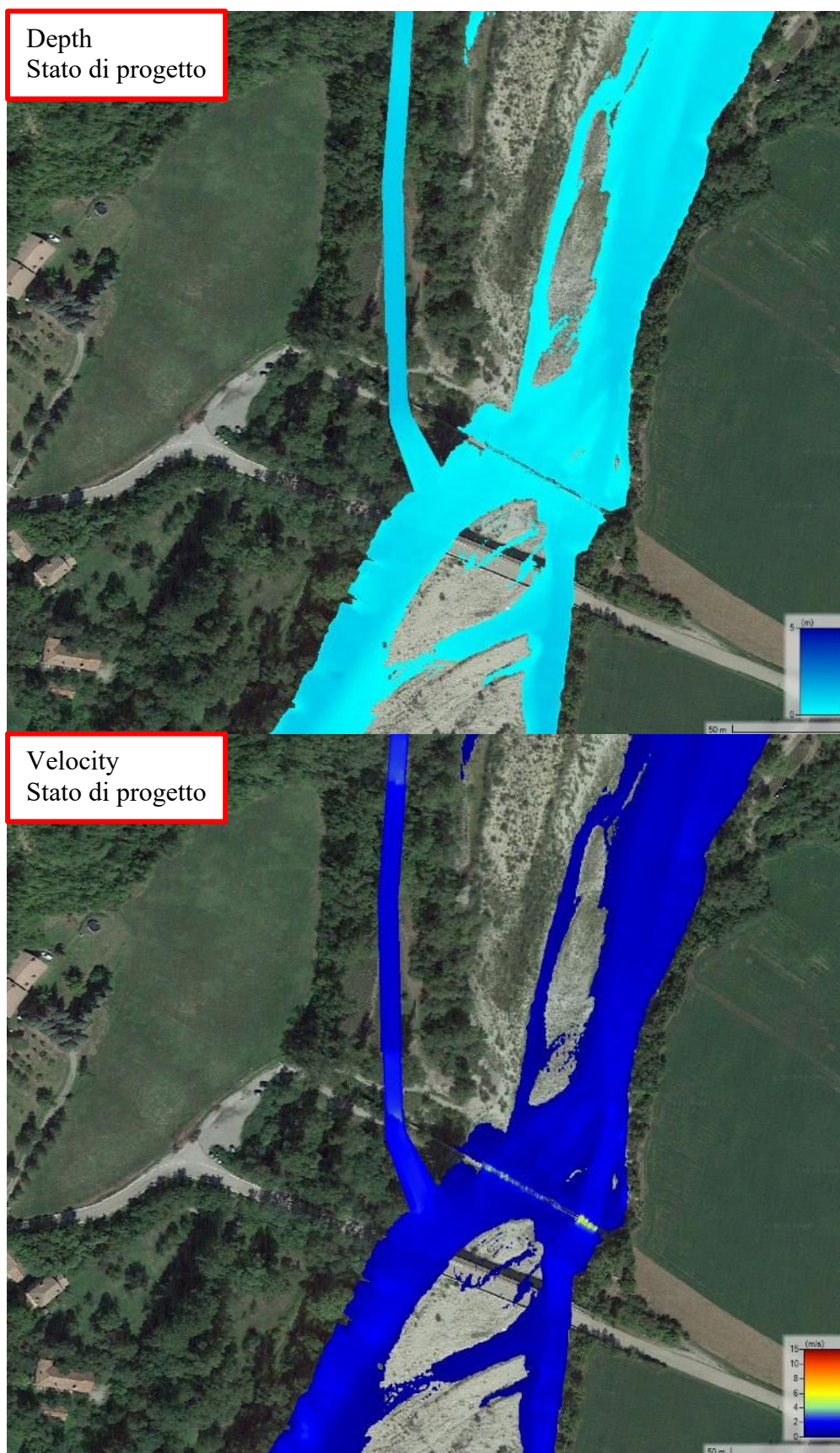


Figura 25: Portata media storica 30 giorni, stato di progetto.



**2.7.4 Stato di fatto & stato di progetto: Portata statistica 20 anni (536.77 m<sup>3</sup>/s):**

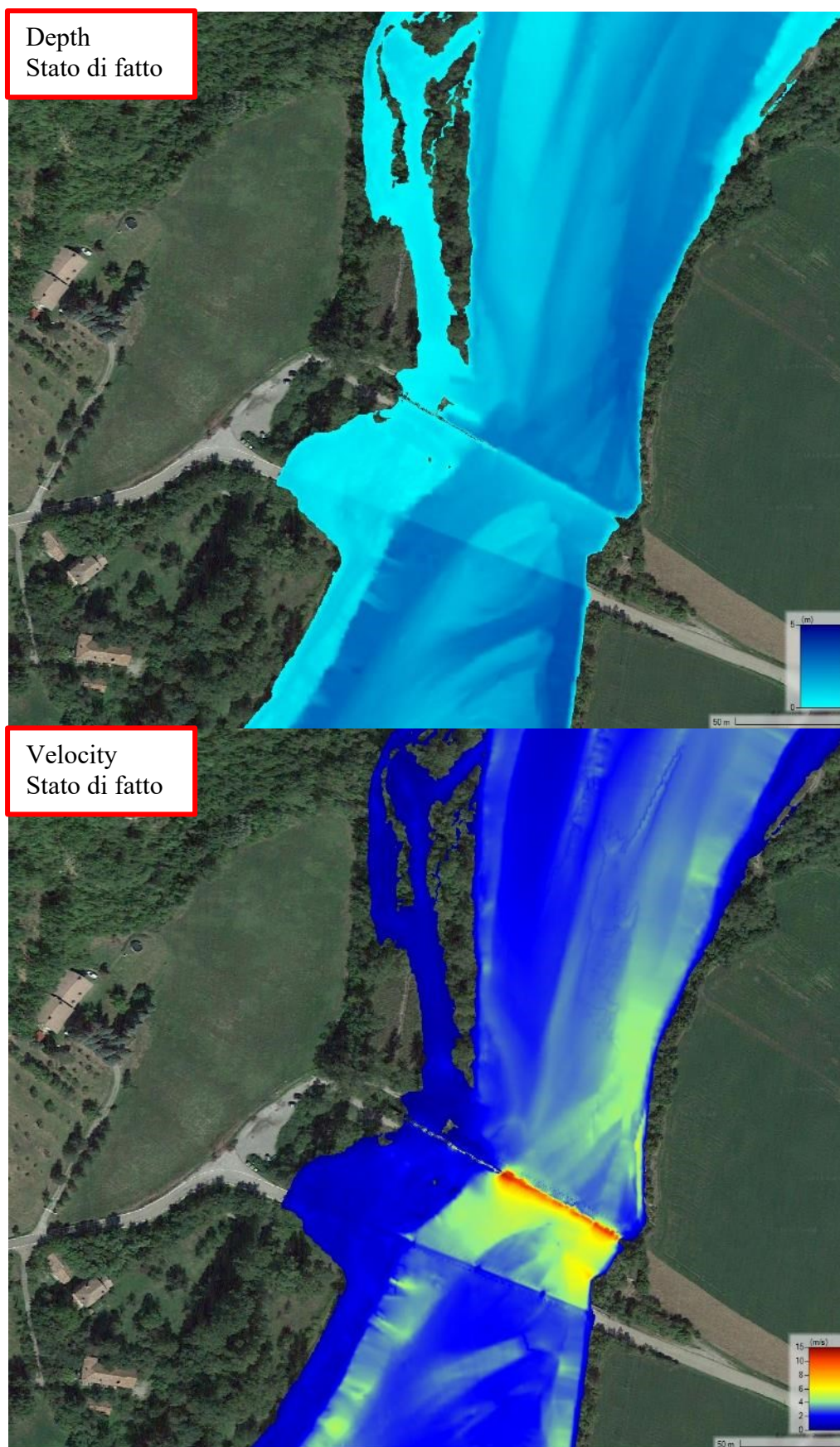
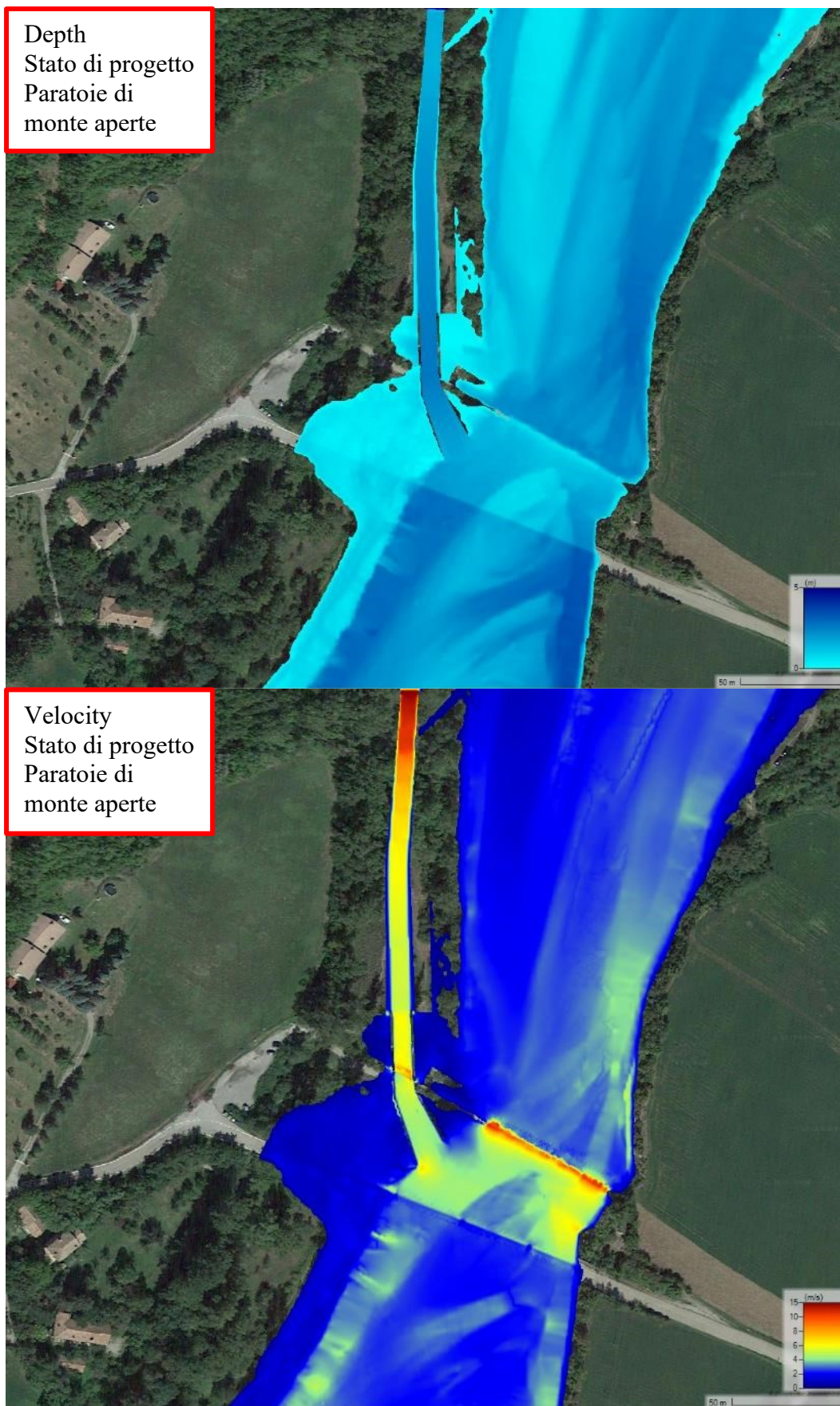


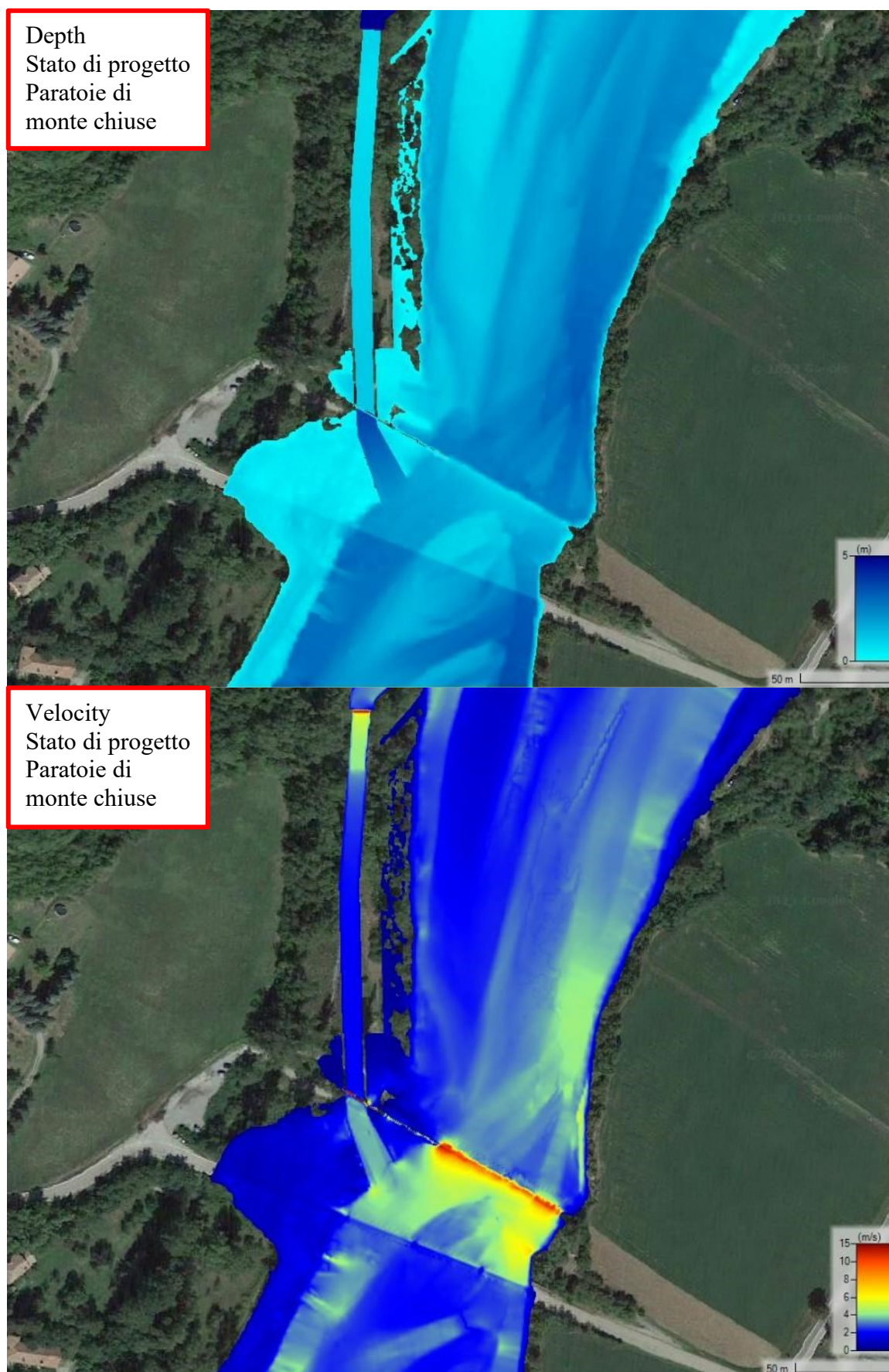
Figura 26: Portata statistica 20 anni, stato di fatto.





*Figura 27: Portata statistica 20 anni, stato di progetto – paratoie di monte aperte.*





*Figura 28: Portata statistica 20 anni, stato di progetto – paratoie di monte chiuse.*

**2.7.5 Stato di fatto & stato di progetto: Portata statistica 200 anni (825.96 m<sup>3</sup>/s):**

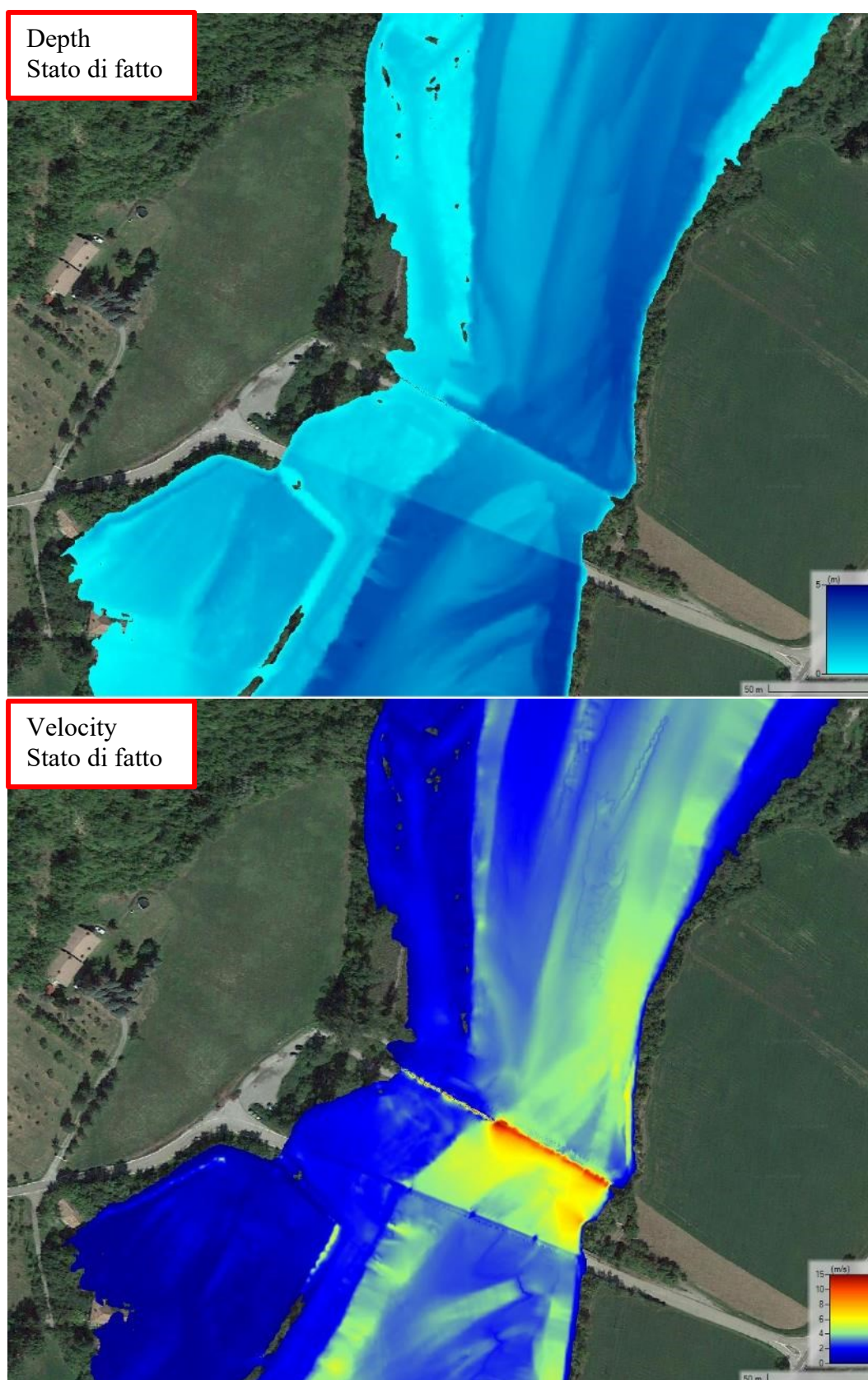
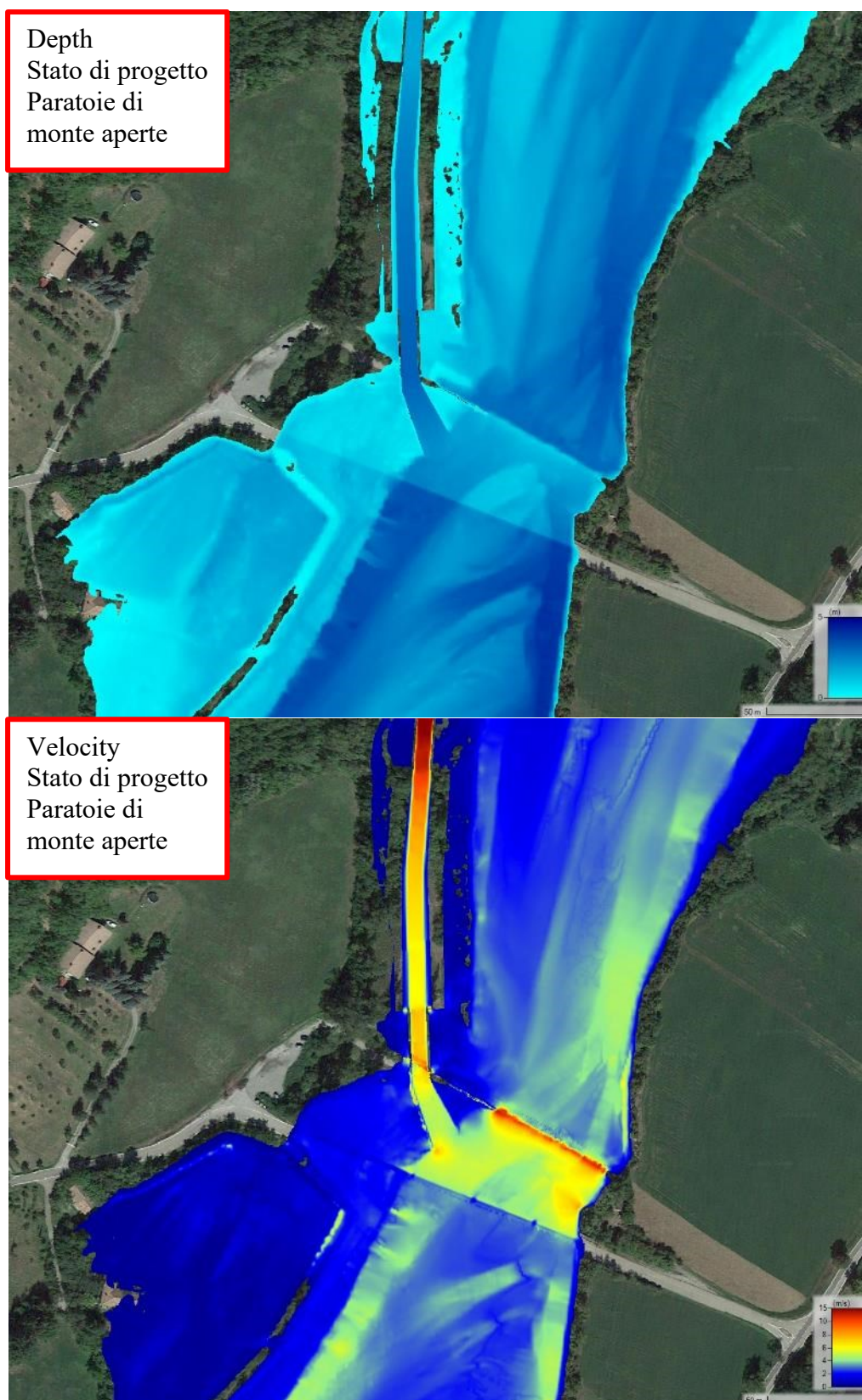


Figura 29: Portata statistica 200 anni, stato di fatto.





*Figura 30: Portata statistica 200 anni, stato di progetto – paratoie di monte aperte.*



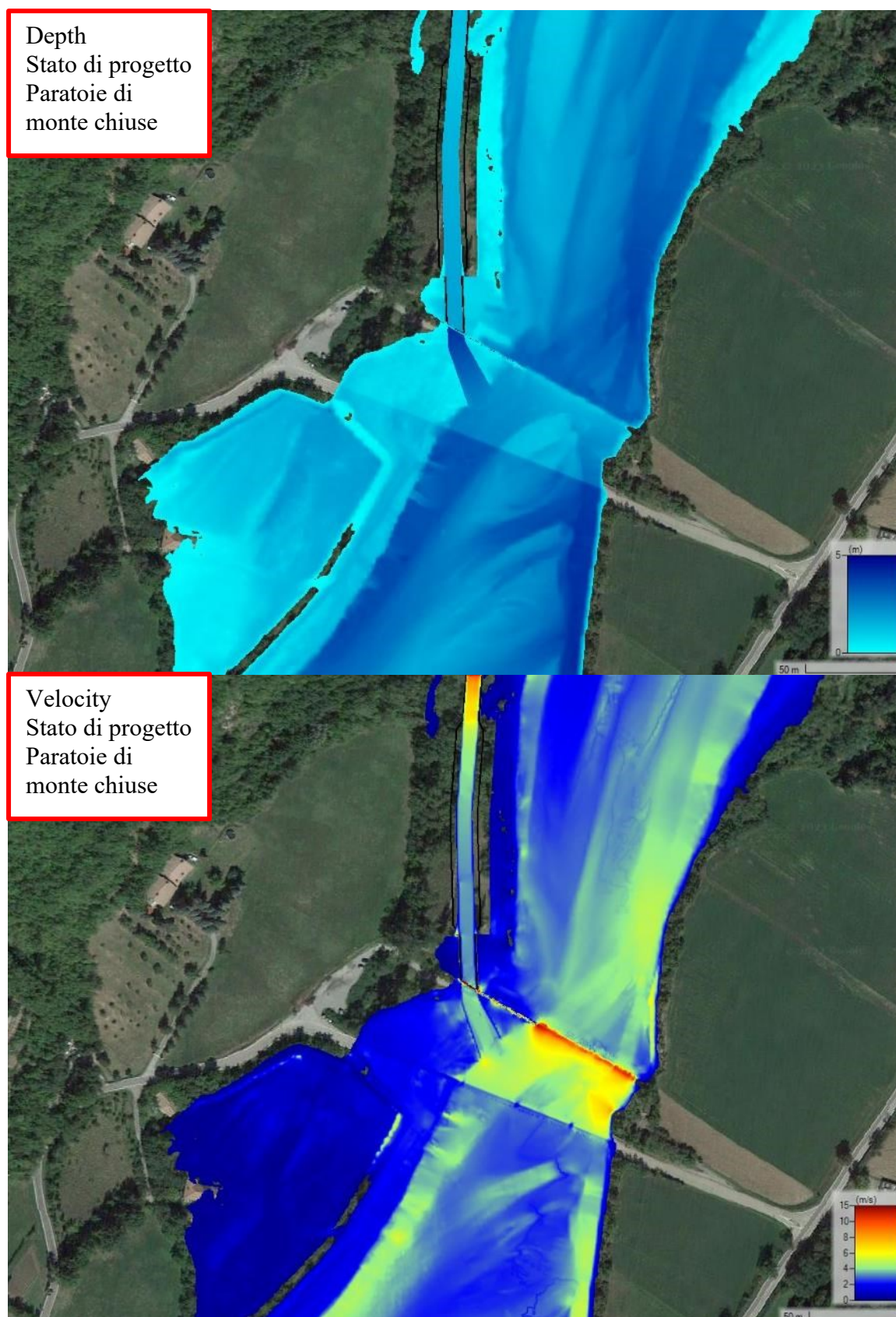


Figura 31: Portata statistica 200 anni, stato di progetto – paratoie di monte chiuse.

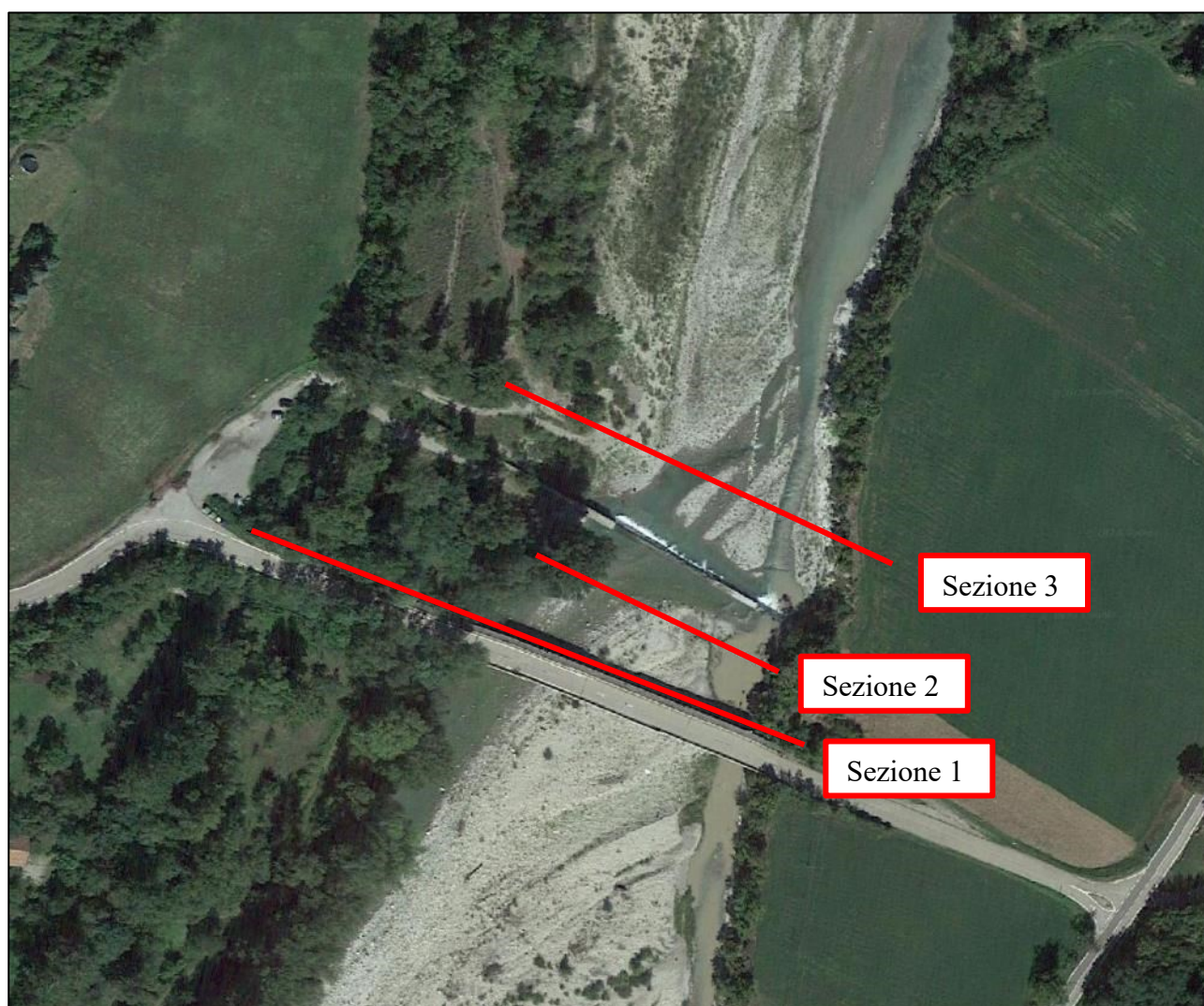
## **2.8 Confronti tra le simulazioni relative allo stato di fatto & stato di progetto**

Al fine di verificare la variazione dell'assetto idraulico nell'area di interesse nelle condizioni post-operam (ovvero in presenza dell'impianto idroelettrico), si sono valutati i tiranti idrometrici e l'andamento delle velocità nell'intorno oggetto di valutazione, ovvero:

- a valle del ponte;
- in corrispondenza del canale di presa dell'impianto in progetto;
- a valle della briglia.

### **2.8.1 Tiranti idrometrici**

Le sezioni trasversali analizzate sono visualizzabili in Figura 32.



*Figura 32: Ubicazione delle sezioni trasversali analizzate.*



In Tabella 5 sono riportate le differenze massime, minime e medie tra i valori dei tiranti idrometrici caratterizzanti lo stato di fatto e lo stato di progetto (sia in condizione di paratoie a monte dell'impianto aperte, sia chiuse).

Per tutte le simulazioni idrauliche effettuate e per tutte le sezioni trasversali analizzate, si denota:

- **un abbassamento generale del tirante idrometrico nelle condizioni post operam;**
- **una diminuzione dell'abbassamento del tirante idrometrico nella configurazione di paratoie a monte dell'impianto chiuse rispetto alla configurazione in cui sono aperte (visualizzabile esclusivamente nei casi in cui si sono considerate le paratoie chiuse, ovvero le simulazioni con tempo di ritorno pari a 20; 200 anni, in cui si considera che l'impianto per ragioni di sicurezza rimanga chiuso).**

Sezione 1 - Sezione di valle del ponte					
Descrizione	Paratoie di monte	Differenza Max [m]	Differenza Min [m]	Differenza Media [m]	Descrizione
274 giorni (Q=1.51 m³/s)	Aperte	0.013	0.002	0.01	Abbassamento del tirante idrometrico nella configurazione post operam
91 giorni (Q=10.90 m³/s)	Aperte	0.06	0.003	0.04	
30 giorni (Q=26.80 m³/s)	Aperte	0.12	0.001	0.08	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Aperte	0.22	0.03	0.13	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Chiuse	0.07	0.003	0.03	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Aperte	0.19	0.01	0.09	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Chiuse	0.10	0.01	0.05	
Sezione 2 - Sezione in corrispondenza della presa dell'impianto idroelettrico in progetto					
Descrizione	Paratoie di monte	Differenza Max [m]	Differenza Min [m]	Differenza Media [m]	Descrizione
274 giorni (Q=1.51 m³/s)	Aperte	0.23	0.001	0.02	Abbassamento del tirante idrometrico
91 giorni	Aperte	0.30	0.001	0.07	

(Q=10.90 m³/s)					nella configurazione post operam
30 giorni (Q=26.80 m³/s)	Aperte	0.24	0.002	0.09	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Aperte	0.43	0.07	0.17	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Chiuse	0.04	0.01	0.03	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Aperte	0.37	0.10	0.17	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Chiuse	0.07	0.03	0.05	
Sezione 3 - Sezione a valle della briglia					
Descrizione	Paratoie di monte	Differenza Max [m]	Differenza Min [m]	Differenza Media [m]	Descrizione
274 giorni (Q=1.51 m³/s)	Aperte	0.04	0.007	0.03	Abbassamento del tirante idrometrico nella configurazione post operam
91 giorni (Q=10.90 m³/s)	Aperte	0.09	0.04	0.07	
30 giorni (Q=26.80 m³/s)	Aperte	0.14	0.12	0.13	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Aperte	0.25	0.05	0.23	
20 anni (Q=536.77 m³/s)	Chiuse	0.03	0.001	0.03	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Aperte	0.25	0.15	0.23	
200 anni (Q=825.96 m³/s)	Chiuse	0.05	0.001	0.05	

Tabella 5: Differenza massima e minima tra stato di fatto & stato di progetto per le due sezioni trasversali analizzate (sezione immediatamente a valle del ponte e sezione in corrispondenza della presa dell'impianto idroelettrico in progetto) – Tiranti idrometrici.

Nelle figure seguenti è possibile visualizzare l'andamento dei tiranti idrometrici per le tre sezioni trasversali analizzate, relative alla portata presente in alveo per 30 giorni l'anno (Q=26.80 m<sup>3</sup>/s). La



rappresentazione grafica di tutte le sezioni trasversali indagate è riportata in allegato alla presente relazione (Allegato 03).

All'interno delle figure è possibile visualizzare:

- in blu i tiranti idrometrici inerenti alle simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto);
- in azzurro i tiranti idrometrici inerenti alle simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto);
- in marrone il DTM implementato (denominato "Terrain") per le simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto);
- in verde il DTM implementato (denominato "Terrain\_SDP") per le simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto).

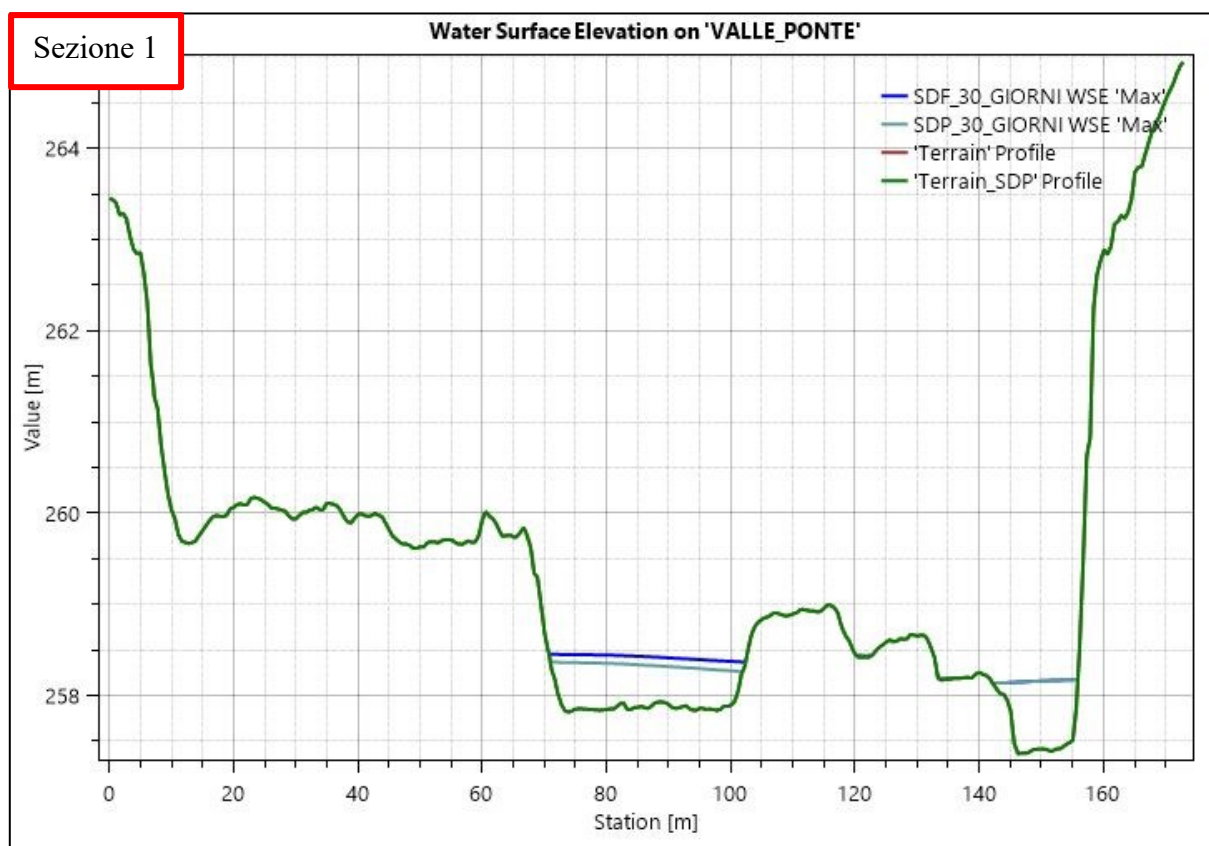


Figura 33: Sezione trasversale immediatamente a valle del ponte (sezione 1), portata presente in alveo per 30 giorni l'anno.

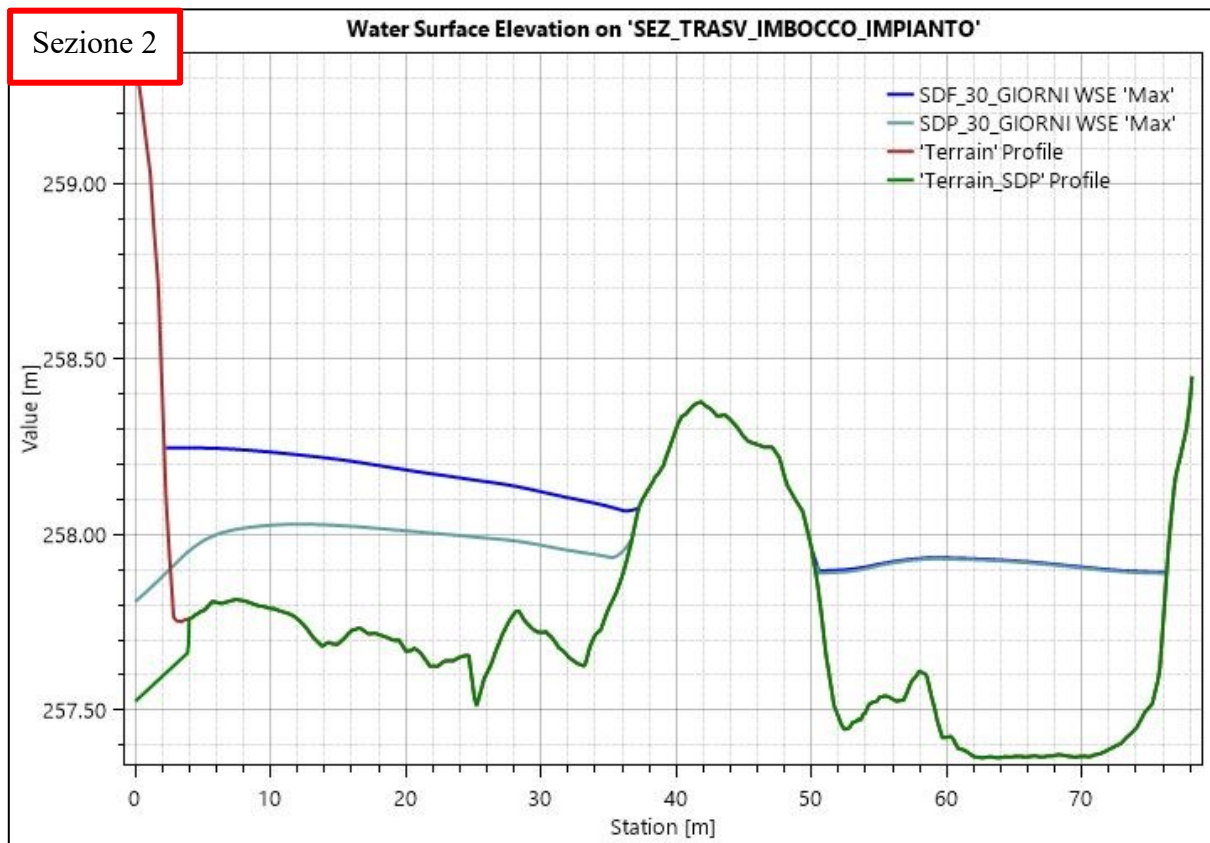


Figura 34: Sezione trasversale in corrispondenza del canale di presa del canale in progetto (sezione 2), portata presente in alveo per 30 giorni l'anno.

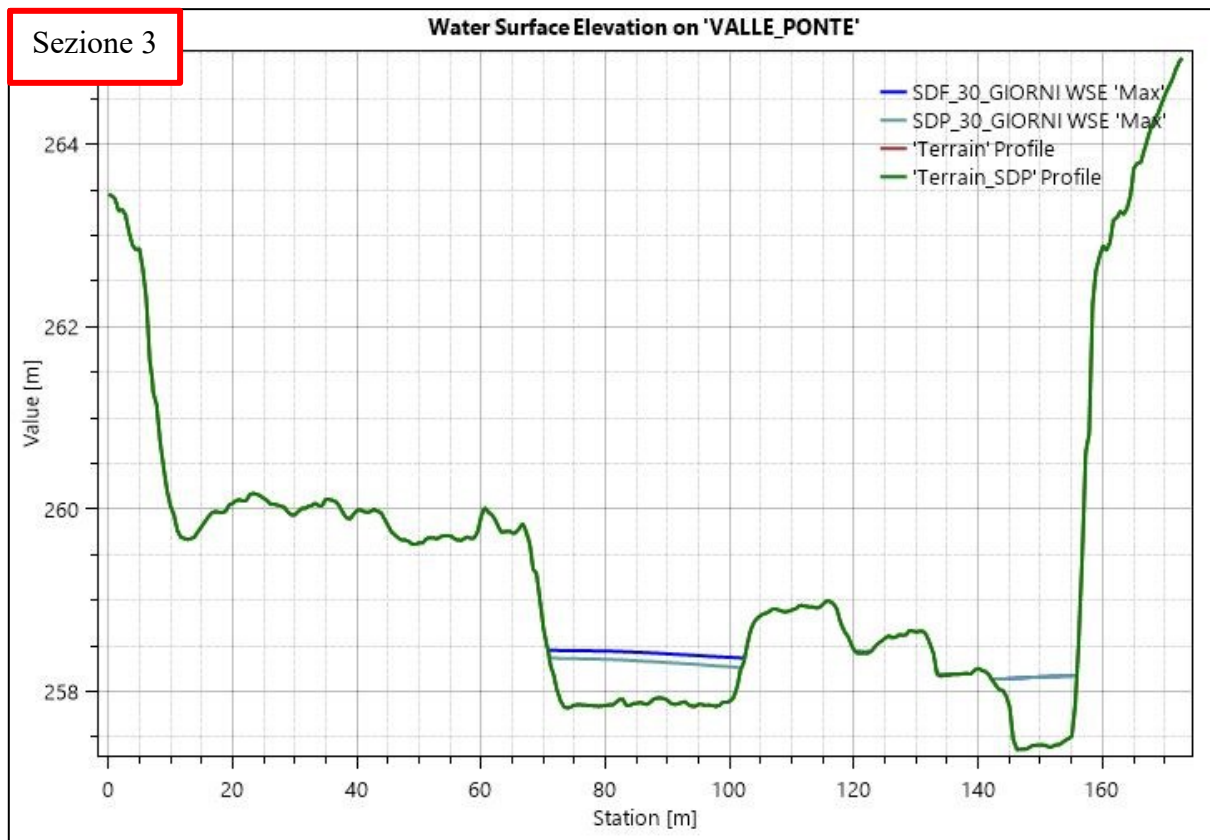


Figura 35: Sezione trasversale a valle della briglia (sezione 3), portata presente in alveo per 30 giorni l'anno.

## 2.8.2 Campo delle velocità

In merito alle modifiche relative al campo delle velocità, si sono analizzate:

- **Velocità longitudinale:** le sezioni longitudinali visualizzabili in Figura 36;
- **Velocità trasversale:** la sezione trasversale Sezione 1 visualizzabile in Figura 32, per i ragionamenti relativi all'influenza dell'impianto in progetto nei confronti dell'idrometro e del ponte di Cedogno.

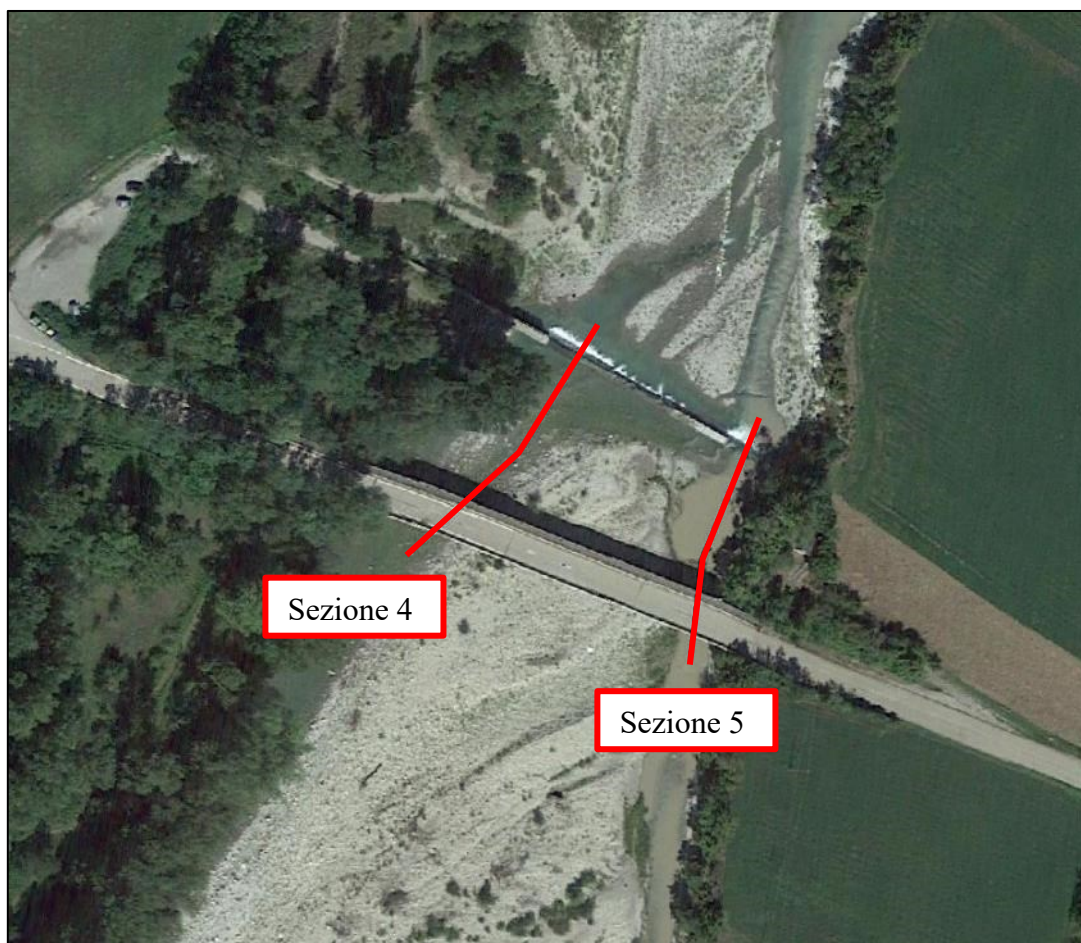


Figura 36: Ubicazione delle sezioni longitudinali analizzate.

### **Velocità longitudinale:**

In Figura 37 è possibile visualizzare l'andamento delle velocità per le due sezioni longitudinali analizzate (sezione 4, ovvero il profilo in sinistra idraulica e la sezione 5, ovvero il profilo in destra idraulica), per la portata presente in alveo per 30 giorni l'anno ( $Q=26.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ): in blu viene riportato l'andamento delle velocità relative alla simulazione idraulica inerente allo stato di fatto, in azzurro invece l'andamento inerente allo stato di progetto.

Gli andamenti delle velocità per tutte le simulazioni idrauliche effettuate sono visualizzabili in allegato alla presente relazione (Allegato 04).



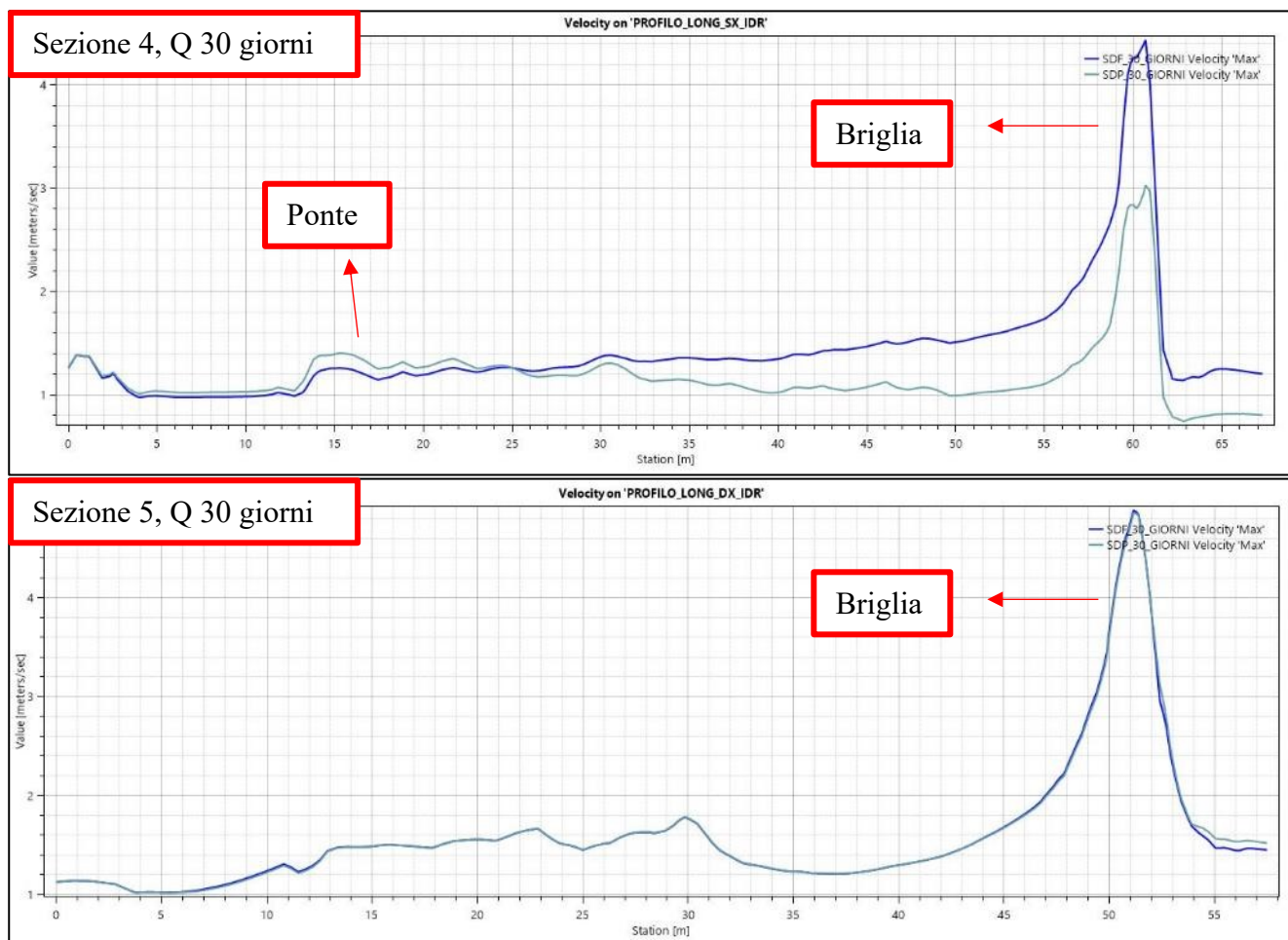


Figura 37: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata presente in alveo per 30 giorni l'anno.

La maggior variazione di velocità la si ha nel profilo di richiamo vicino all'impianto in progetto, ovvero in sinistra idraulica (Sezione 4), dove nel confronto effettuato si segnala:

- un aumento iniziale delle velocità immediatamente a valle del ponte, nelle condizioni post operam;
- una diminuzione delle velocità in corrispondenza del canale di presa e della briglia, nelle condizioni post operam;
- una diminuzione dell'abbassamento delle velocità nella configurazione di paratoie a monte dell'impianto chiuse rispetto alla configurazione in cui sono aperte (visualizzabile esclusivamente nei casi in cui si sono considerate le paratoie chiuse, ovvero le simulazioni con tempo di ritorno pari a 20; 200 anni, in cui si considera che l'impianto per ragioni di sicurezza rimanga chiuso).

Si riporta in Tabella 6 i valori delle velocità (aumentati e diminuiti nello stato di progetto) rispetto alla sezione 4, in corrispondenza del ponte e della briglia.

Differenza delle velocità nel confronto tra stato di fatto e stato di progetto				
Sezione considerata	Simulazione considerata	Paratoie di monte	Aumento (+) della velocità in corrispondenza del ponte [m/s]	Diminuzione (-) della velocità in corrispondenza della briglia [m/s]
Sezione 4	200 anni (Q=825.96 m <sup>3</sup> /s)	Aperte	+ 0.34	- 1.01
Sezione 4	200 anni (Q=825.96 m <sup>3</sup> /s)	Chiuse	+ 0.14	- 1.09
Sezione 4	20 anni (Q=536.77 m <sup>3</sup> /s)	Aperte	+ 0.39	- 2.95
Sezione 4	20 anni (Q=536.77 m <sup>3</sup> /s)	Chiuse	+ 0.10	- 2.60
Sezione 4	30 giorni (Q=26.80 m <sup>3</sup> /s)	Aperte	+ 0.15	- 2.01
Sezione 4	91 giorni (Q=10.90 m <sup>3</sup> /s)	Aperte	+ 0.09	- 1.43
Sezione 4	274 giorni (Q=1.51 m <sup>3</sup> /s)	Aperte	+ 0.02	- 0.46

Tabella 6: Differenza delle velocità nelle simulazioni effettuate in corrispondenza del ponte (aumento della velocità) e della briglia (diminuzione di velocità).

### **Velocità trasversale:**

La variazione trasversale del campo delle velocità nei pressi del ponte è visualizzabile invece nelle figure riportate in allegato alla presente relazione (Allegato 05), riferite alla Sezione 1 visualizzabile in Figura 32. In Figura 38 è possibile visualizzare l'andamento delle velocità per la sezione trasversale analizzata relativa alla portata presente in alveo per 30 giorni l'anno (Q=26.80 m<sup>3</sup>/s).

All'interno della figura è possibile visualizzare:

- in blu il campo delle velocità inerente alla simulazione idraulica ante operam (stato di fatto);
- in azzurro il campo delle velocità inerente alla simulazione idraulica post operam (stato di progetto);

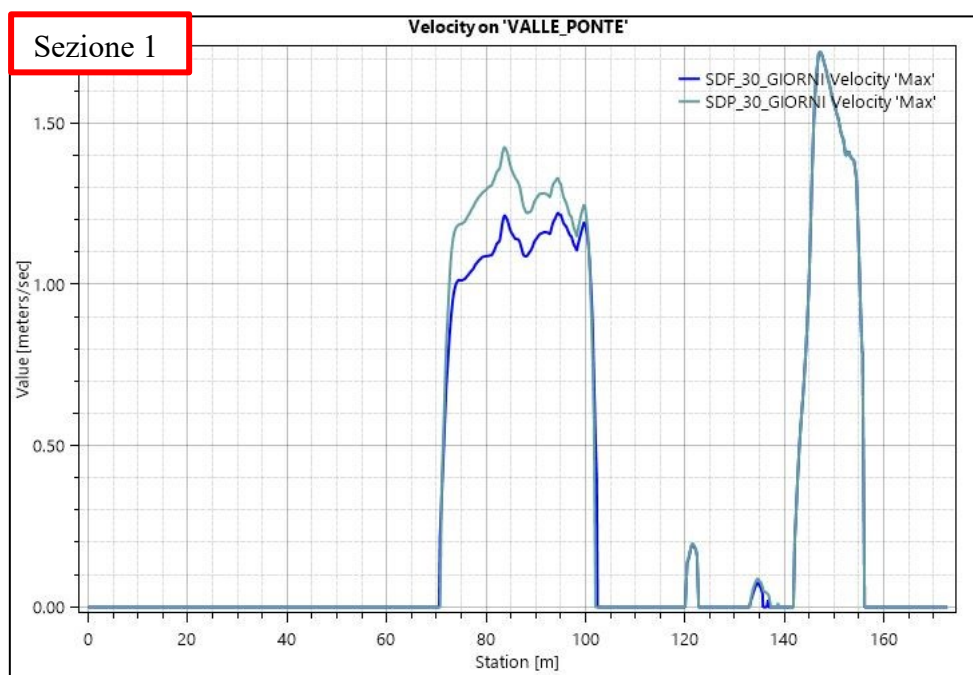


Figura 38: Sezione trasversale immediatamente a valle del ponte, portata presente in alveo per 30 giorni.

In Tabella 7 si riportano le differenze massime e medie dei valori di velocità riscontrati lungo la sezione trasversale a valle del ponte, per tutte le simulazioni idrauliche condotte.

Velocità riscontrate in corrispondenza della sezione a valle del ponte (sezione 1)			
Simulazione considerata	Paratoie di monte	Aumento delle velocità, diff max [m/s]	Aumento delle velocità, diff media [m/s]
200 anni ( $Q=825.96 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Aperte	0.69	0.16
200 anni ( $Q=825.96 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Chiuse	0.36	0.06
20 anni ( $Q=536.77 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Aperte	0.65	0.13
20 anni ( $Q=536.77 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Chiuse	0.25	0.03
30 giorni ( $Q=26.80 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Aperte	0.22	0.09
91 giorni ( $Q=10.90 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Aperte	0.14	0.05
274 giorni ( $Q=1.51 \text{ m}^3/\text{s}$ )	Aperte	0.06	0.01

Tabella 7: Velocità riscontrate in corrispondenza della sezione trasversale a valle del ponte.



## 2.9 Conclusioni legate alla modellazione bidimensionale

Visti i risultati delle simulazioni idrauliche esposte nei paragrafi precedenti si può concludere che la condizione post operam comporta nell'assetto idraulico una variazione locale immediatamente a monte dell'opera di presa e della briglia esistente, dove si riscontra:

- *un abbassamento del tirante idrometrico in alveo fino ad un valore medio massimo di 23 cm (e puntuale pari a 43 cm) in corrispondenza della sezione analizzata relativa alla presa dell'impianto idroelettrico in progetto (sezione di imbocco) nella simulazione idraulica con tempo di ritorno pari a 20 anni, paratoie a monte dell'impianto aperte. Quanto riportato risulta visualizzabile all'interno della Tabella 5, le sezioni analizzate sono evidenziate in Figura 32;*
- *un aumento iniziale delle velocità in corrispondenza del ponte (ovvero un aumento massimo pari a 0.34 m/s riscontrabile nella simulazione idraulica con tempo di ritorno di 200 anni e con le paratoie a monte dell'impianto idroelettrico aperte) ed una diminuzione delle velocità a valle del ponte in corrispondenza del canale di presa (posto circa 25 m a valle del ponte) e della briglia (posta circa 43 m a valle del ponte), in particolare in corrispondenza della briglia si ha una diminuzione massima delle velocità pari a 2.95 m/s riscontrabili nella simulazione idraulica con tempo di ritorno di 20 anni e paratoie a monte dell'impianto idroelettrico aperte. Quanto riportato risulta visualizzabile all'interno della Tabella 6, le sezioni analizzate sono evidenziate in Figura 36;*
- *una diminuzione dell'abbassamento dei tiranti idrometrici e delle velocità nella configurazione di paratoie a monte dell'impianto chiuse rispetto alla configurazione in cui sono aperte (visualizzabile esclusivamente nei casi in cui si sono considerate le paratoie chiuse, ovvero le simulazioni con tempo di ritorno pari a 20; 200 anni, dove l'impianto per ragioni di sicurezza rimane chiuso). Quanto riportato risulta visualizzabile all'interno della Tabella 5 per quanto riguarda i tiranti idrometrici e delle Tabella 6; Tabella 7 per quanto riguarda il campo delle velocità.*

I risultati così ottenuti hanno permesso quindi di valutare le possibili interferenze dell'impianto in progetto con:

- il ponte di Cedogno;
- l'idrometro presente in corrispondenza del suddetto ponte.

### **3. VALUTAZIONI LEGATE ALL'INTERFERENZA DELL'IMPIANTO IN PROGETTO CON L'IDROMETRO E CON L'INFRASTRUTTURA STRADALE (PONTE DI CEDOGNO)**

Visto quanto riportato nel Capitolo precedente, in corrispondenza del ponte si osserva:

- una diminuzione dei tiranti idrometrici nello stato di progetto fino ad un valore medio massimo di 13 cm (e puntuale pari a 22 cm) nella simulazione idraulica effettuata con tempo di ritorno pari a 20 anni, con paratoie a monte dell'impianto idroelettrico aperte;
- un aumento delle velocità fino ad un valore massimo pari a 0.69 m/s (e medio pari a 0.16 m/s) nella simulazione idraulica con tempo di ritorno di 200 anni, con paratoie a monte dell'impianto idroelettrico aperte.

Le differenze dei tiranti idrometrici e delle velocità riscontrati tra stato di fatto e stato di progetto nell'area localizzata del ponte e dell'idrometro **risultano accettabili**. Tali differenze massime sono state riscontrate nel caso di portate con tempo di ritorno di 20 anni (per quanto riguarda i tiranti idrometrici) e di 200 anni (per quanto riguarda le velocità) con paratoie aperte, anche se il caso **non** potrà realizzarsi in quanto l'impianto per tali portate rimane chiuso, non turbinando portata.

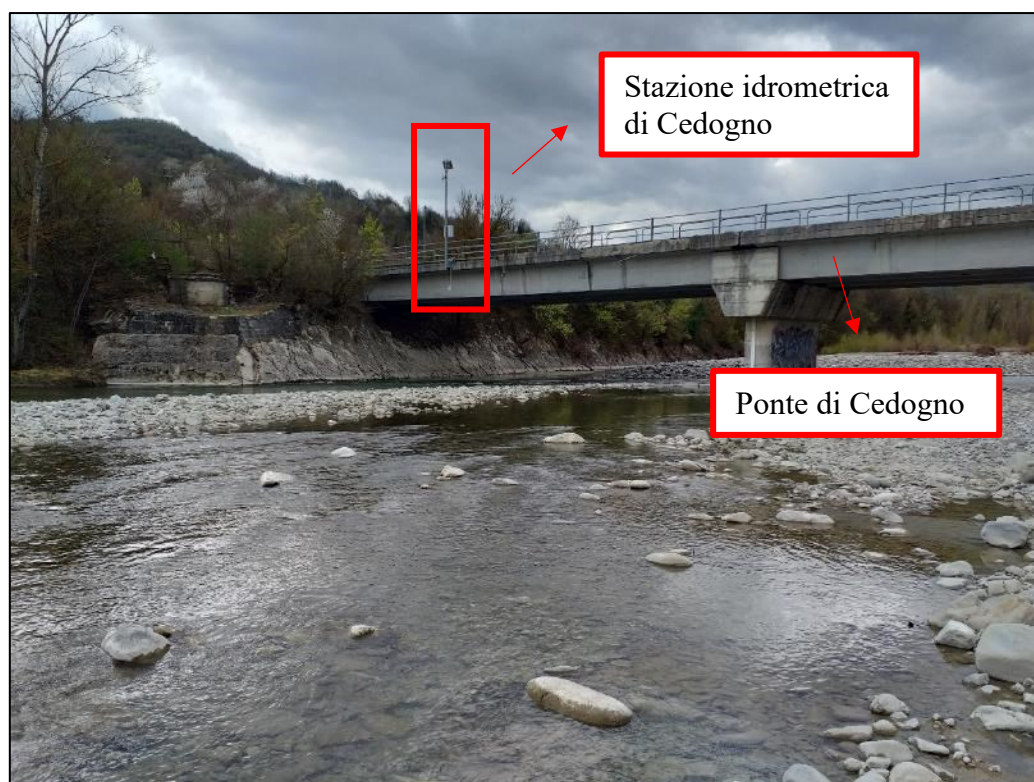
Infatti nel caso di tempo di ritorno pari a 20; 200 anni e paratoie chiuse le differenze sia in termini di tirante idrometrico che di velocità sono **trascurabili** e dovute solo al fatto che è presente il canale di carico che sottrae parte del volume di piena.

Pertanto, si conclude che tali differenze **non** andranno ad inficiare sul funzionamento della stazione idrometrica, né sull'infrastruttura stradale relativa al ponte di Cedogno. La realizzazione di una soglia a valle del ponte (per stabilizzare il fondo ed escludere i processi di erosione retrogressivi dannosi alla stabilità delle pile) come da richieste effettuate dagli Enti **non è necessaria**, per via dell'esigua differenza nei tiranti e nelle velocità caratterizzanti lo stato di fatto e lo stato di progetto, riscontrati nelle simulazioni idrauliche.

Si segnala inoltre che nel progetto è prevista una difesa spondale a valle del ponte fino alla briglia esistente, esclusivamente in corrispondenza della presa (in sinistra idraulica), come visualizzabile in Figura 39.



*Figura 39: Difesa spondale in progetto, a valle del ponte di Cedogno.*



*Figura 40: Inquadramento fotografico relativo alla stazione idrometrica ed all'infrastruttura stradale.*



#### **4. GARANZIA DEL RISPETTO DEL DMV**

Il Deflusso Minimo Vitale, ovvero:

- DMV estivo pari a  $0.86 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- DMV invernale pari a  $1.06 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

viene garantito dal PLC generale che gestisce l'intera opera.

Il PLC regola l'intera opera dando priorità al mantenimento del livello necessario per garantire il DMV.

In caso di mancanza di acqua tale per cui il livello dell'acqua a monte della briglia non garantisca il DMV, le paratoie frontali di ingresso canale risulteranno chiuse totalmente.

Il PLC, attraverso il sensore di livello radar posto a monte della briglia, regola la geometria di apertura delle turbine facendo passare la quantità di acqua esatta per mantenere l'acqua al livello costante di 258.00 m s.l.m..

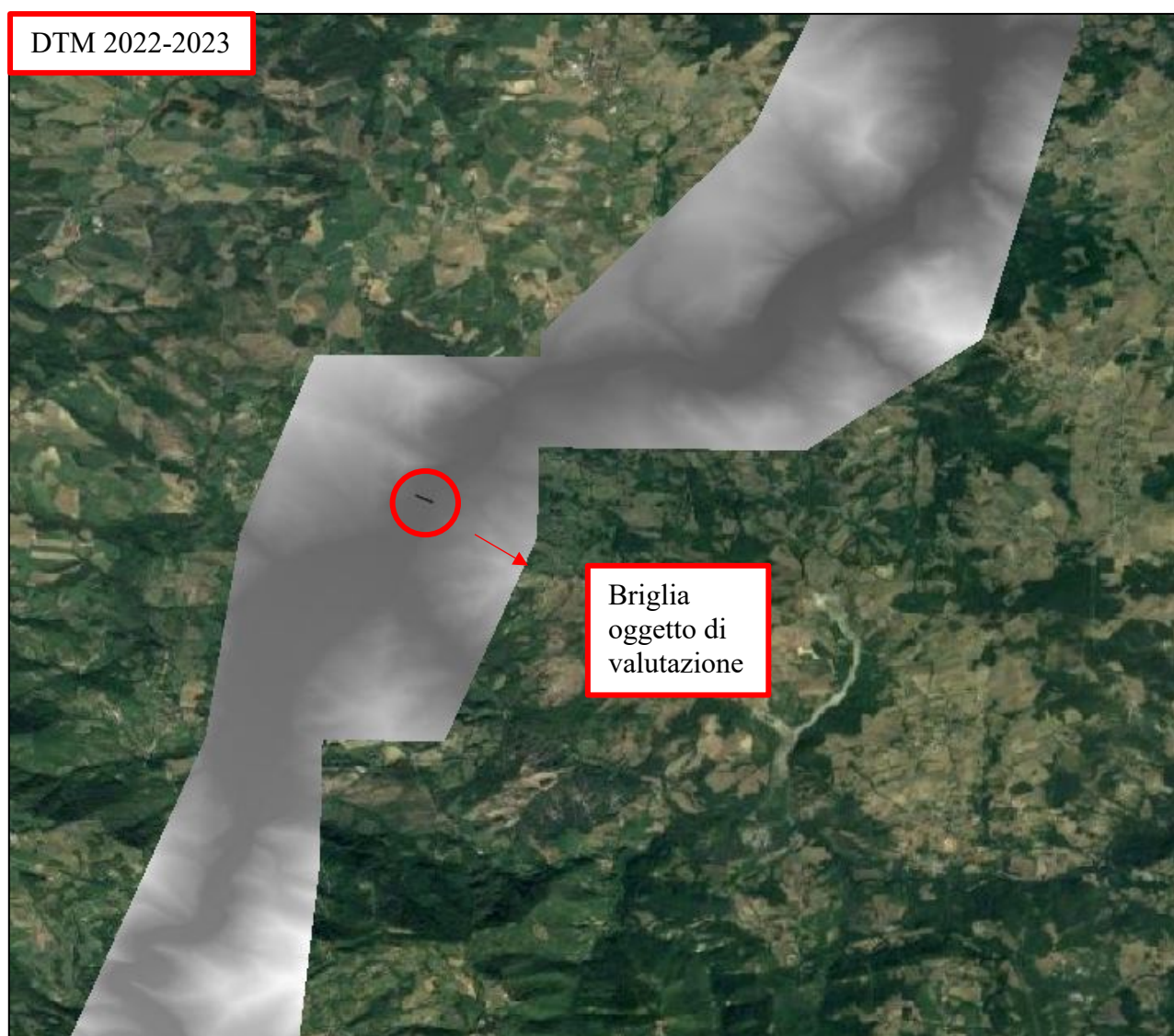
Viene così garantito il DMV verso la scala di risalita dei pesci e verso la soglia ribassata presente in destra idraulica della briglia oggetto di analisi.

Per permettere una verifica immediata del rispetto del DMV sarà installata un'asta idrometrica in prossimità degli ingressi delle due soglie di DMV

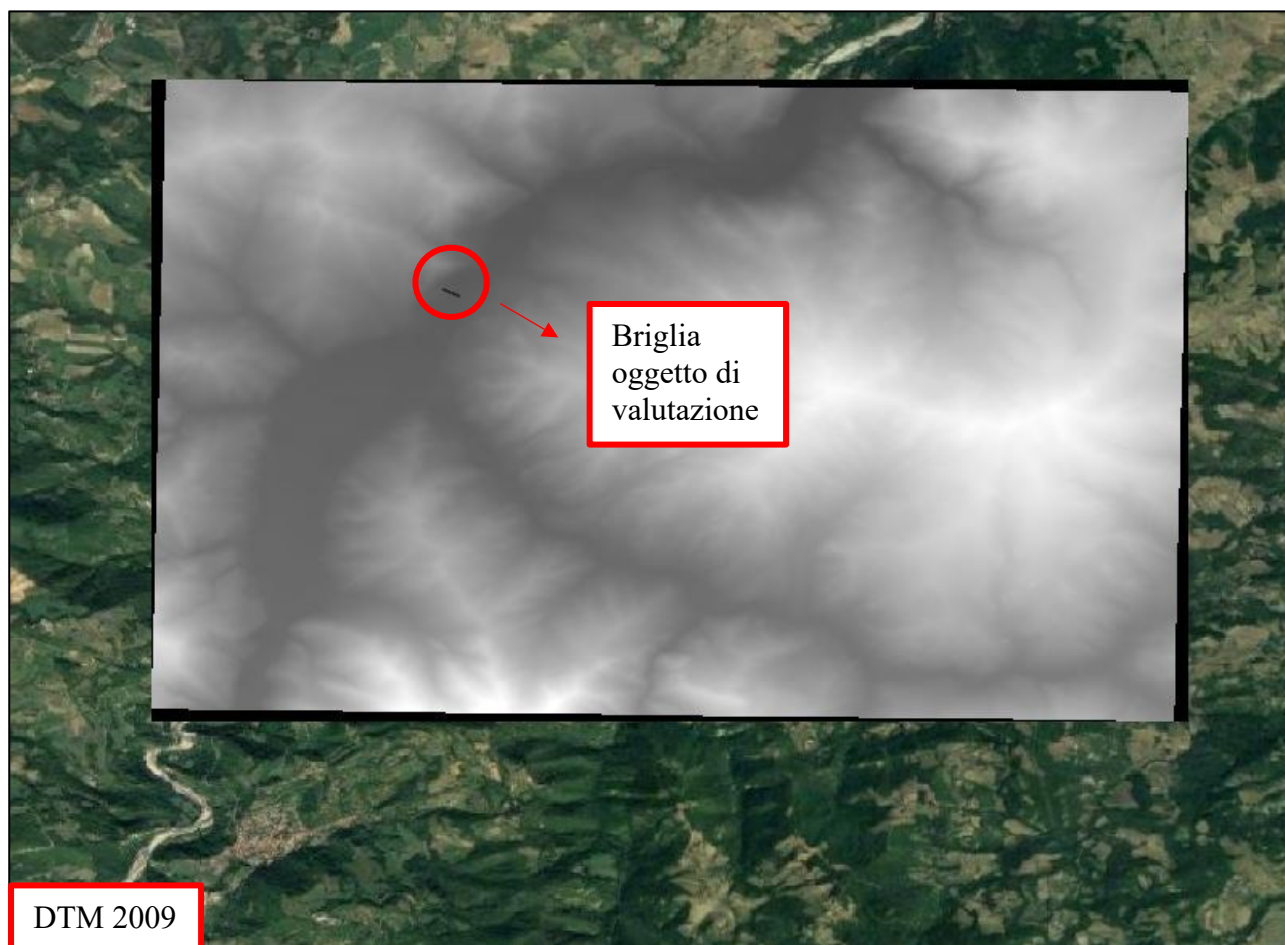
## 5. VALUTAZIONI LEGATE AL TRASPORTO SOLIDO

Per effettuare le considerazioni in merito al trasporto solido richieste per stimare la frequenza di interventi in alveo per rimuovere i sedimenti che si andranno ad accumulare a monte dell'opera di presa, sono state eseguite delle analisi morfologiche utilizzando i due modelli digitali del terreno (DTM) messi a disposizione dalla regione Emilia-Romagna, ovvero:

- **DTM con cella 0.5x0.5 m** (implementato nella modellazione bidimensionale esposta nei capitoli precedenti), commissionato dalla regione ed eseguito attraverso una campagna di riprese aeree e Lidar effettuate nel corso del **2022-2023**. Il seguente DTM è visualizzabile in Figura 41;
- **DTM con cella 5x5 m** scaricato dal Geoportale della regione Emilia-Romagna, aggiornato sulla base del rilievo Lidar effettuato nel **2009**. Il seguente DTM è visualizzabile in Figura 42.



*Figura 41: DTM regione Emilia-Romagna, campagna di riprese Lidar effettuata nel 2022.*



*Figura 42: DTM regione Emilia-Romagna, campagna di riprese Lidar effettuata nel 2009.*

Una volta caricati i due DTM all'interno del software Qgis è stato possibile effettuare un ritaglio di sezioni trasversali di interesse caratterizzanti l'alveo del torrente Enza (tramite il plugin "Terrain profile"), visualizzabili in Figura 43.

Una volta note le sezioni trasversali di interesse, tramite software Autocad è stato possibile ricavare le aree soggette a sedimentazione ed erosione sulla base del confronto tra il DTM meno recente (ovvero quello del 2009) e quello eseguito relativo nelle annate 2022-2023.

Le distanze tra sezioni, le aree ed i volumi sono visualizzabili in Tabella 8, informazioni riportate anche nelle Tavole 10A, 10B allegate alla presente relazione.



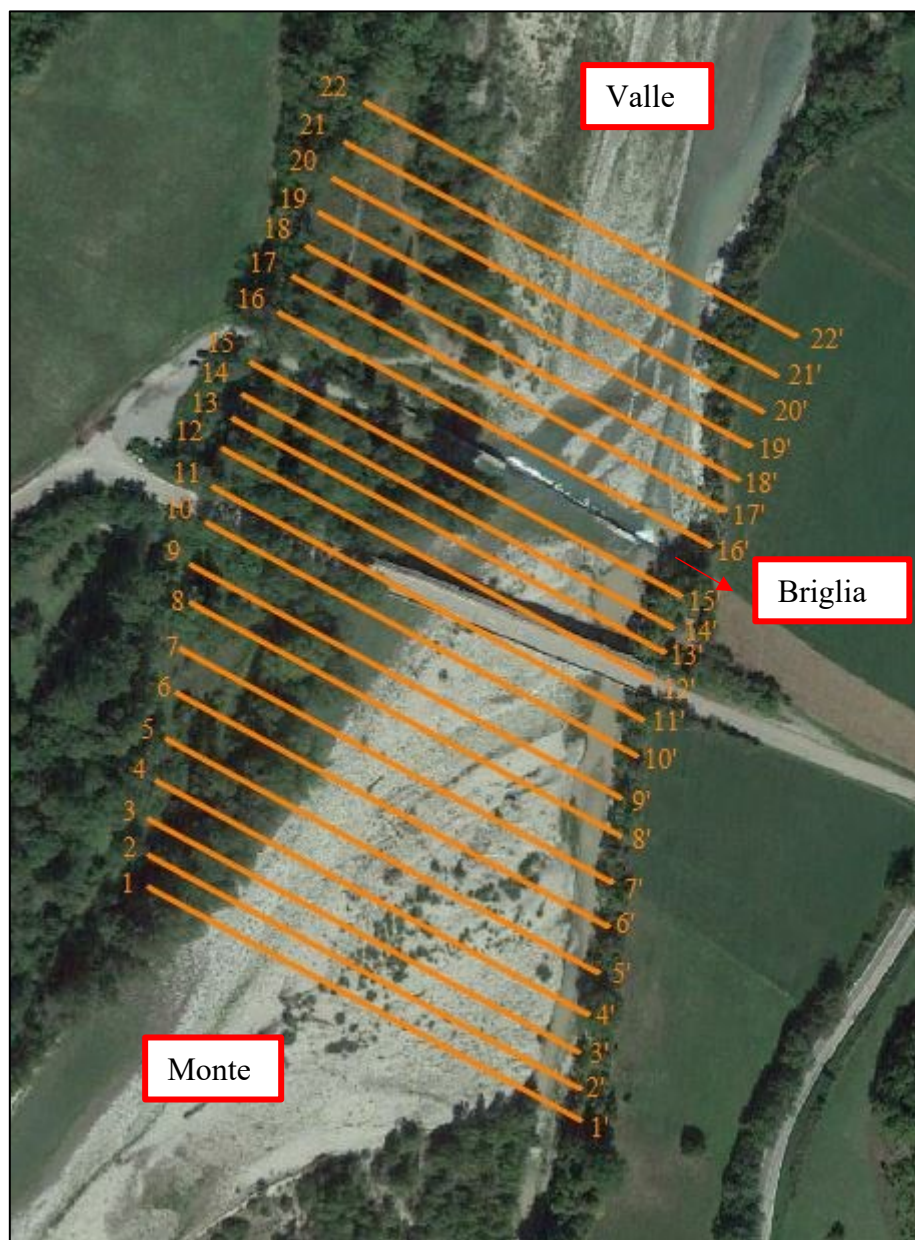


Figura 43: Ubicazione delle sezioni trasversali considerate per i ragionamenti in merito al trasporto solido.

ID SEZIONI	Distanza tra sezioni [m]	Area media sedimento [m <sup>2</sup> ]	Area media erosione [m <sup>2</sup> ]	W sedimento [m <sup>3</sup> ]	W erosione [m <sup>3</sup> ]
Sezione 1-1'/2-2'	8.67	9	94	78	815
Sezione 2-2'/3-3'	9.77	8	94	78	913
Sezione 3-3'/4-4'	11.81	8	96	89	1128
Sezione 4-4'/5-5'	13.28	9	105	113	1394
Sezione 5-5'/6-6'	14.53	7	120	101	1736
Sezione 6-6'/7-7'	12.83	7	138	84	1770

Sezione 7-7'/8-8'	13.74	10	164	130	2246
Sezione 8-8'/9-9'	11.08	13	171	144	1895
Sezione 9-9'/10-10'	13.83	17	147	235	2026
Sezione 10-10'/11-11'	10.88	23	100	250	1082
Sezione 11-11'/12-12'	12.05	38	50	458	602
Sezione 12-12'/13-13'	9.93	69	22	680	213
Sezione 13-13'/14-14'	7.80	101	14	788	105
Sezione 14-14'/15-15'	9.81	120	9	1177	88
Briglia	-	-	-	-	-
Sezione 16-16'/17-17'	12.10	49	50	587	599
Sezione 17-17'/18-18'	10.78	76	35	819	377
Sezione 18-18'/19-19'	10.73	91	28	976	300
Sezione 19-19'/20-20'	11.52	104	22	1198	253
Sezione 20-20'/21-21'	11.98	134	14	1605	162
Sezione 21-21'/22-22'	13.82	170	6	2342	76

Tabella 8: Volumi di sedimentazione e di erosione verificatisi nel periodo di analisi (2009-2022).

Quanto ottenuto viene riassunto in Tabella 9.

	Tratto di asta indagato [m]	W sedimento [m <sup>3</sup> ]	W erosione [m <sup>3</sup> ]
Monte briglia	160.00	4405	16013
Valle briglia	71.00	7527	1767

Tabella 9: Volumi sedimentati/erosi a monte/valle della briglia.

Visto che nell'arco temporale analizzato (circa 14 anni) il torrente nel tratto indagato ha depositato circa 5000 m<sup>3</sup> a monte della briglia e 7500 m<sup>3</sup> a valle, considerando lo stesso andamento nei prossimi 10 anni si ipotizza che ci saranno gli stessi ordini di grandezza da rimuovere e/o mantenere in alveo per l'efficienza dell'impianto in progetto. Si propone comunque di monitorare con rilievi topografici il tratto indagato con tempi proposti nel piano di monitoraggio.

## **6. ALLEGATI**

- Allegato 01: Tavola 10A "Sezioni trasversali per quantificazione del trasporto solido – Monte briglia"
- Allegato 02: Tavola 10B "Sezioni trasversali per quantificazione del trasporto solido – Valle briglia"
- Allegato 03: Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Tiranti idrometrici
- Allegato 04: Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Valori di velocità – Profili longitudinali
- Allegato 05: Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Valori di velocità – Sezione trasversale immediatamente a valle del ponte



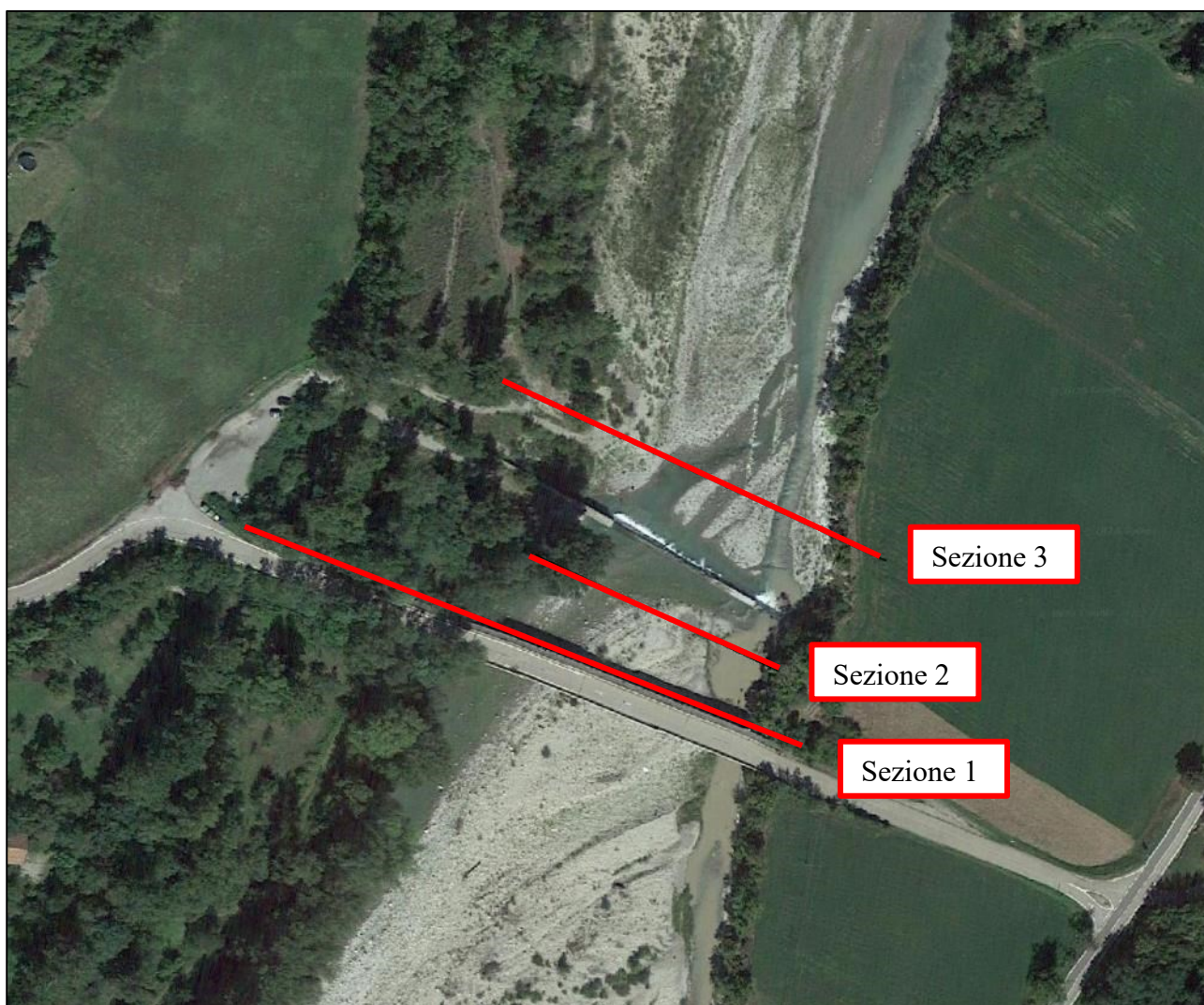
### ALLEGATO 03

#### Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Tiranti idrometrici

##### LEGENDA RELATIVA ALLE IMMAGINI:

- in **blu** i tiranti idrometrici inerenti alle simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto)
- in **azzurro** i tiranti idrometrici inerenti alle simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto)
- in **marrone** il DTM implementato (denominato "Terrain") per le simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto)
- in **verde** il DTM implementato (denominato "Terrain\_SDP") per le simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto)

##### POSIZIONE DELLE SEZIONI ANALIZZATE:



- **Portata storica media 274 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

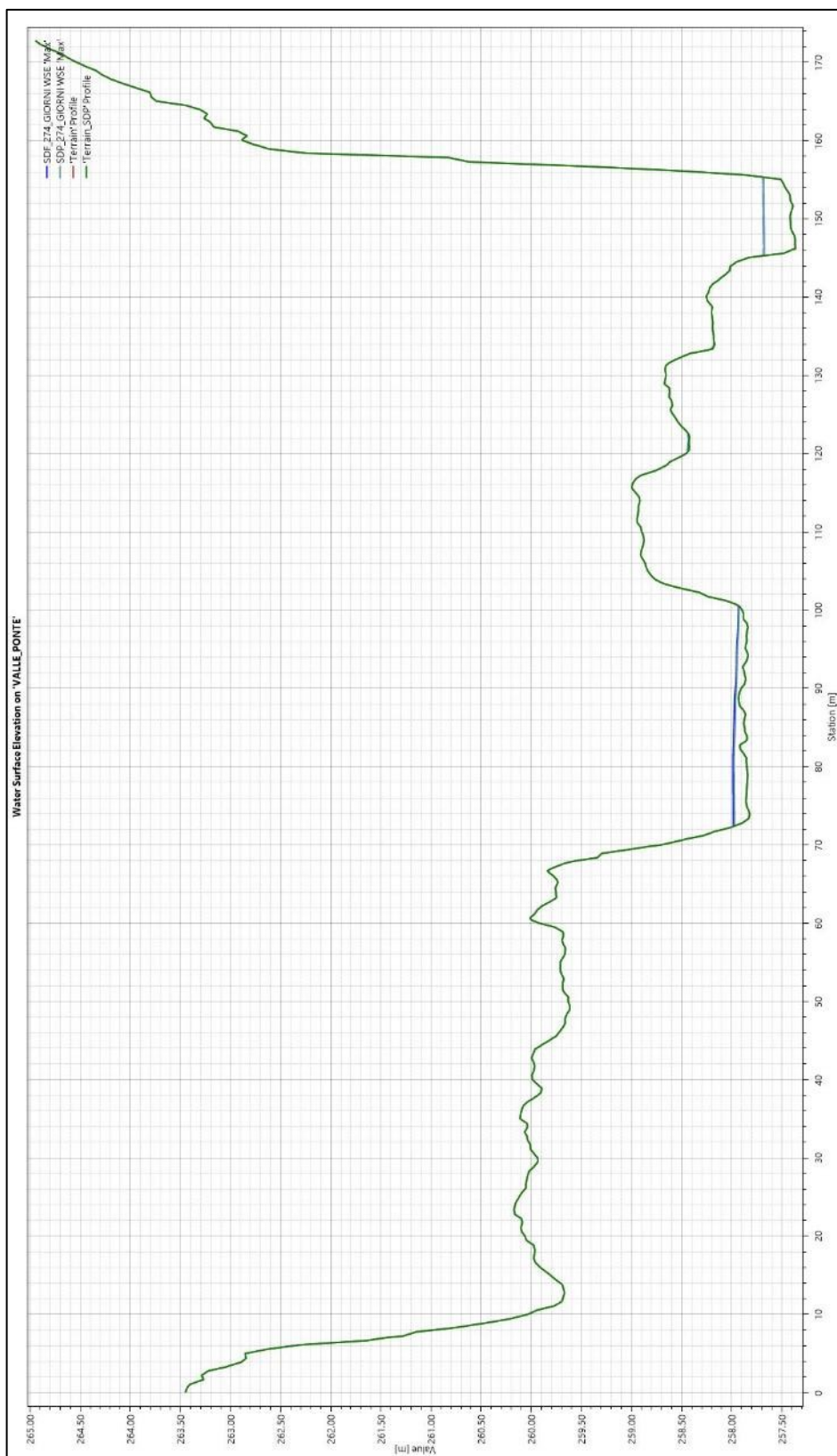


Figura 44: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata media presente in alveo per 274 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata storica media 274 giorni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2)**

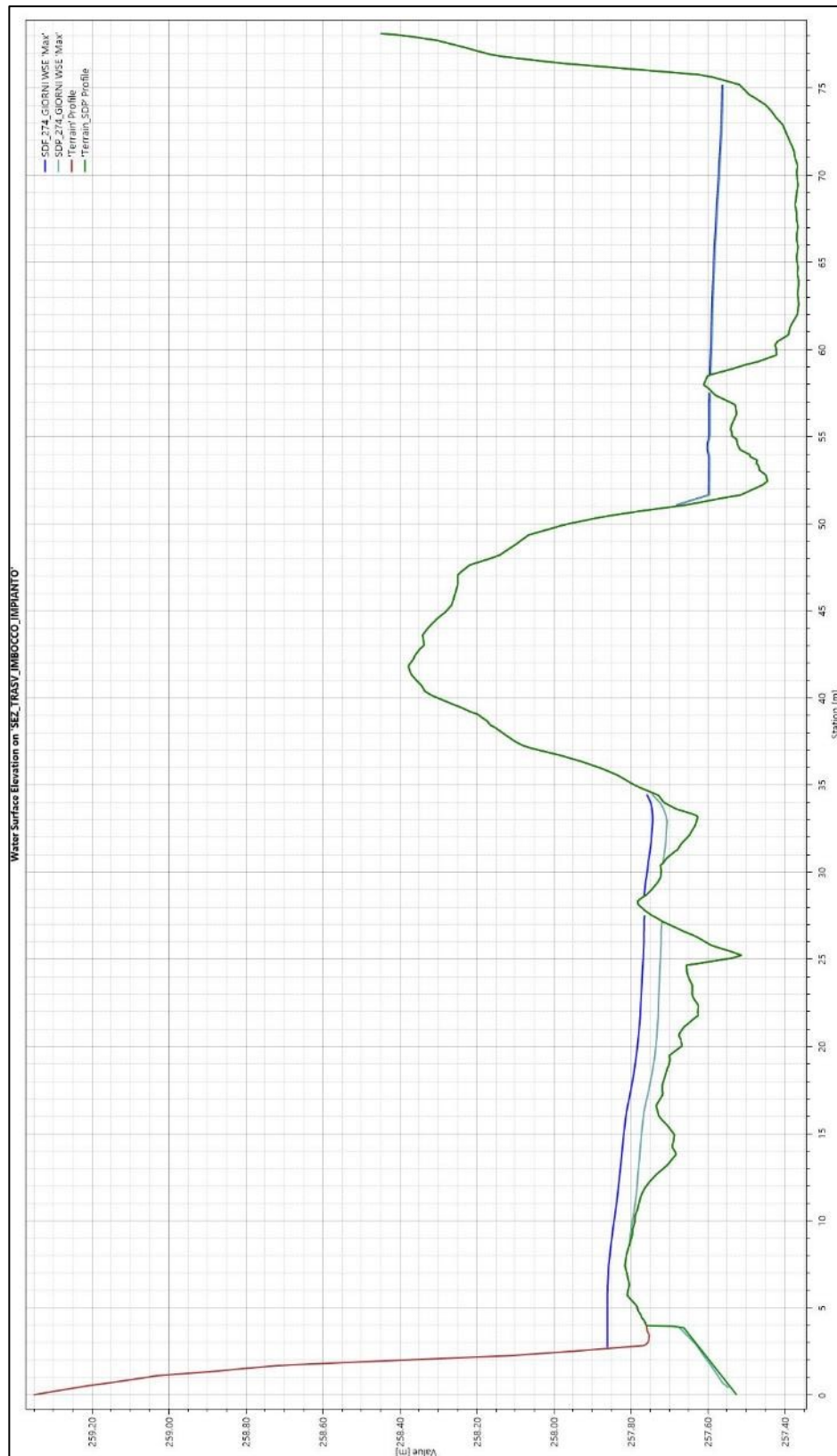


Figura 45: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata media presente in alveo per 274 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).



- Portata storica media 274 giorni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3)**

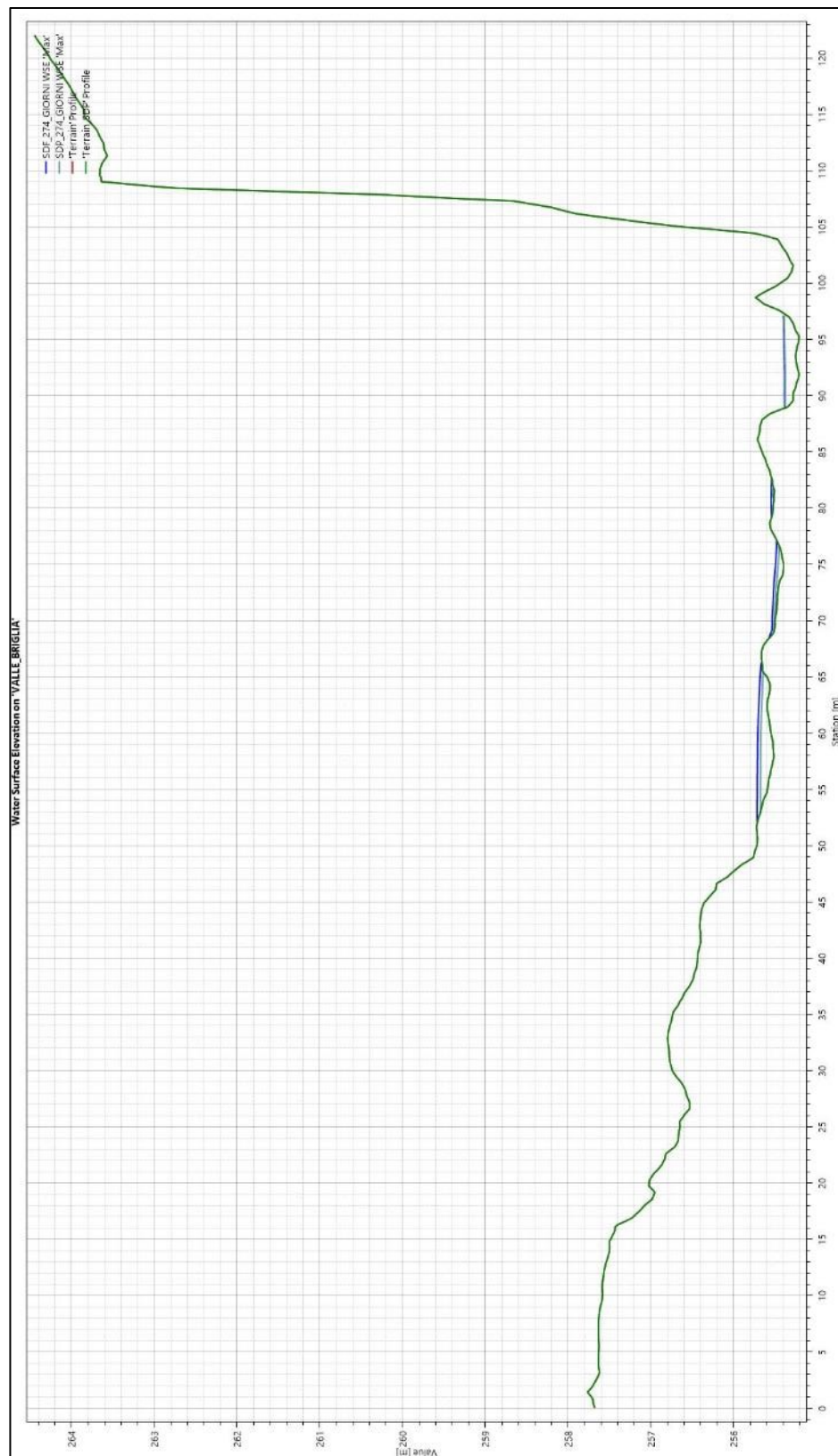


Figura 46: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata media presente in alveo per 274 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata storica media 91 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

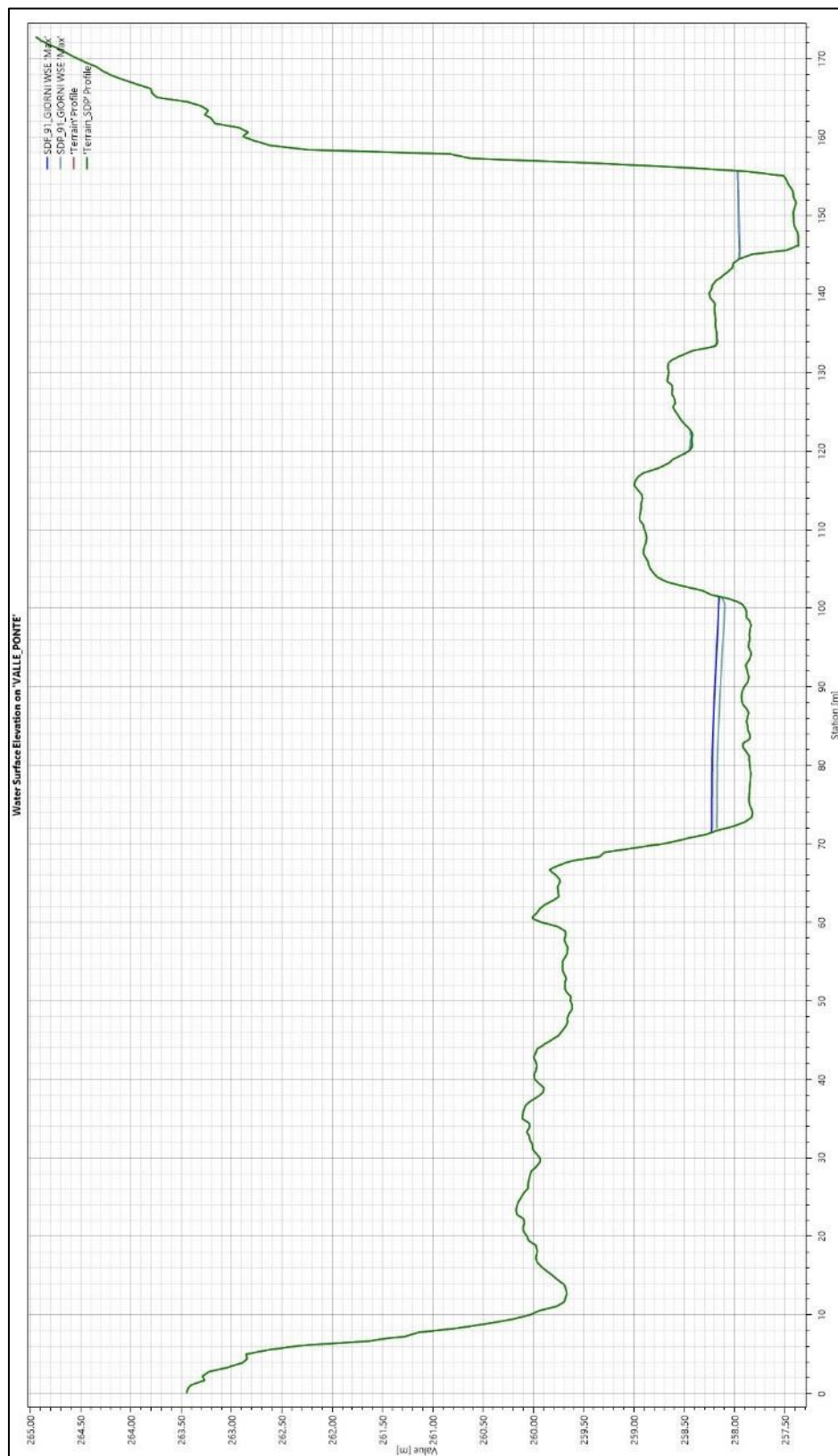


Figura 47: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata media presente in alveo per 91 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata storica media 91 giorni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2)**

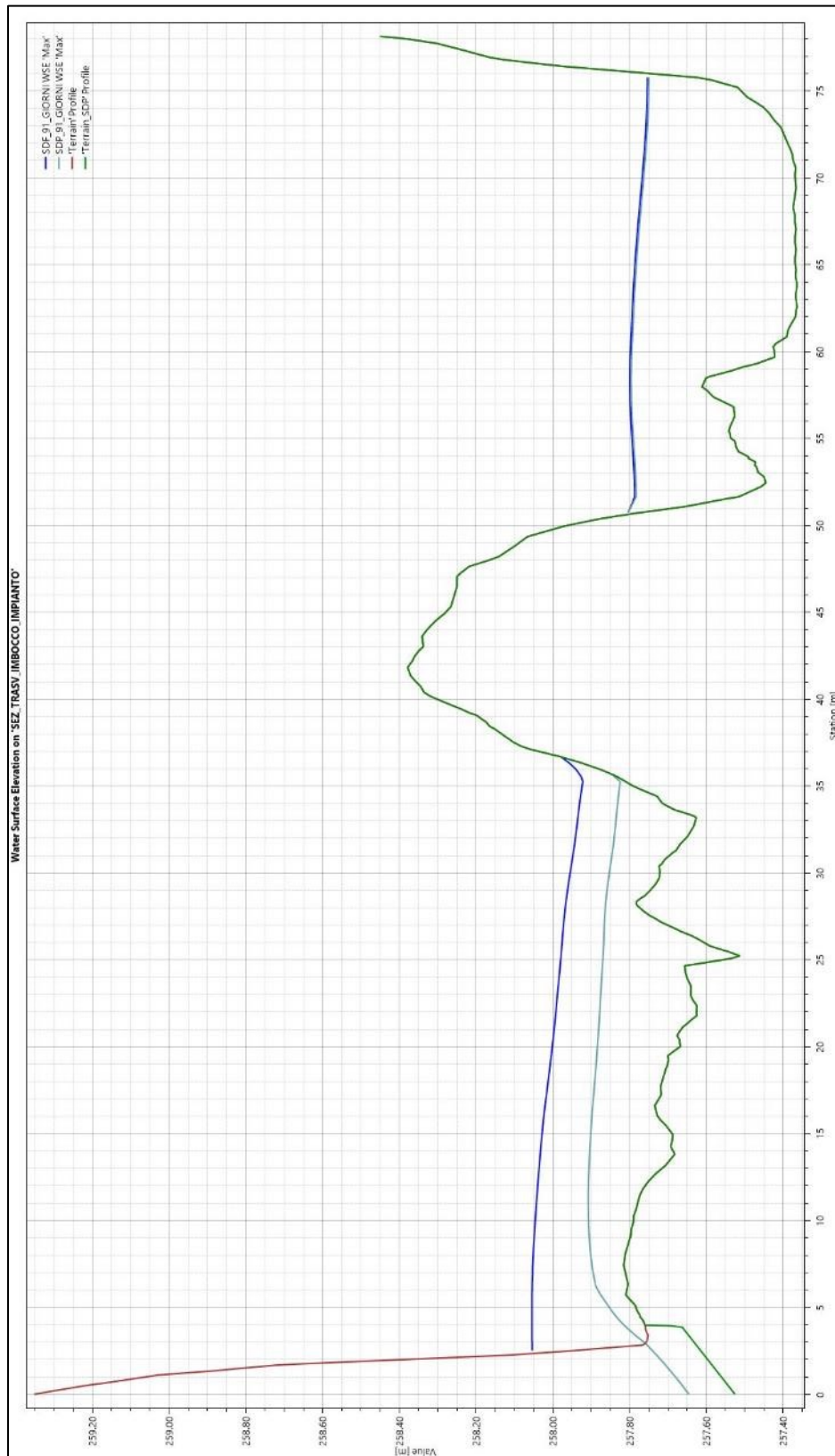


Figura 48: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata media presente in alveo per 91 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).



- Portata storica media 91 giorni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3)**

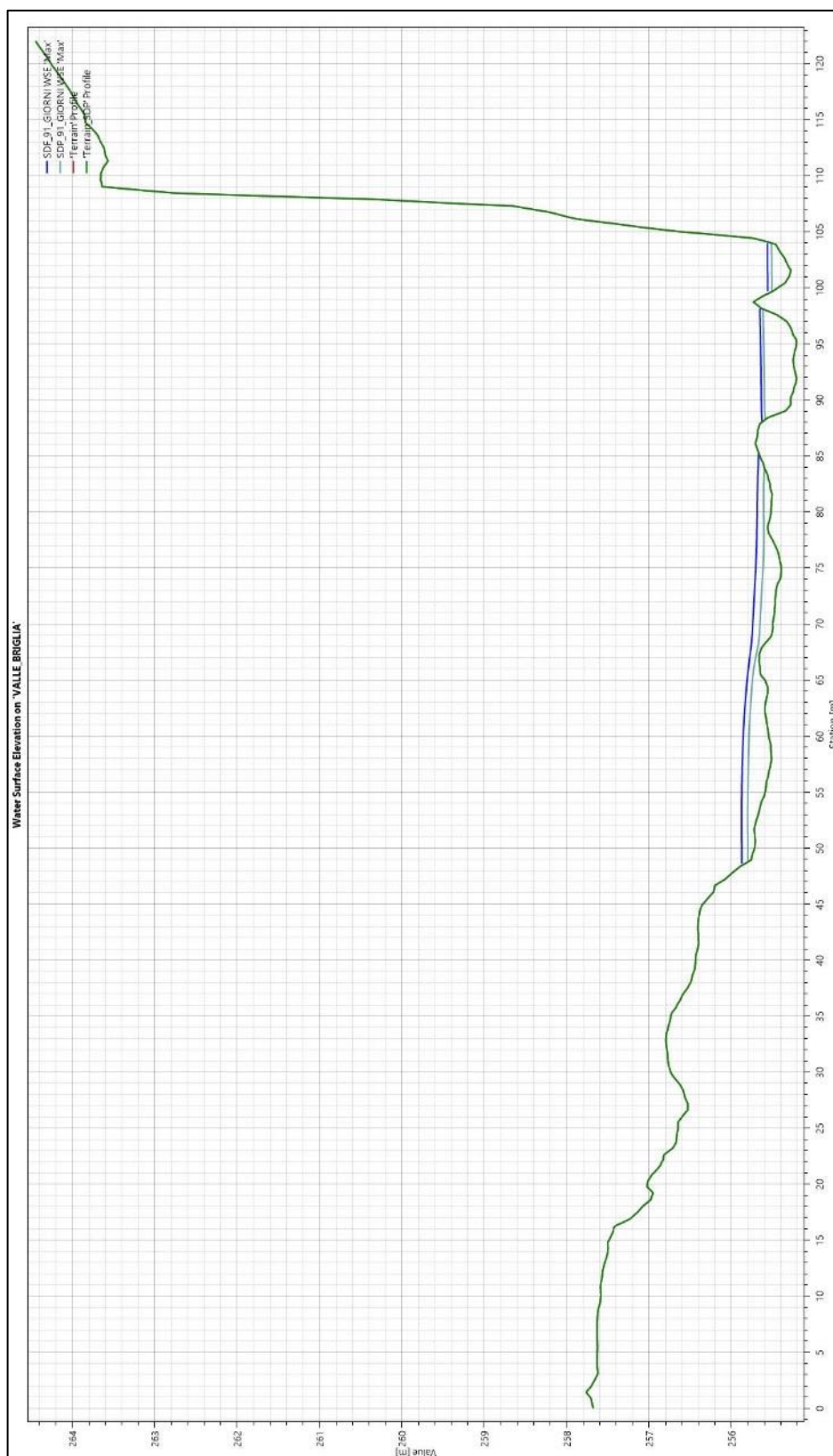


Figura 49: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata media presente in alveo per 91 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata storica media 30 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

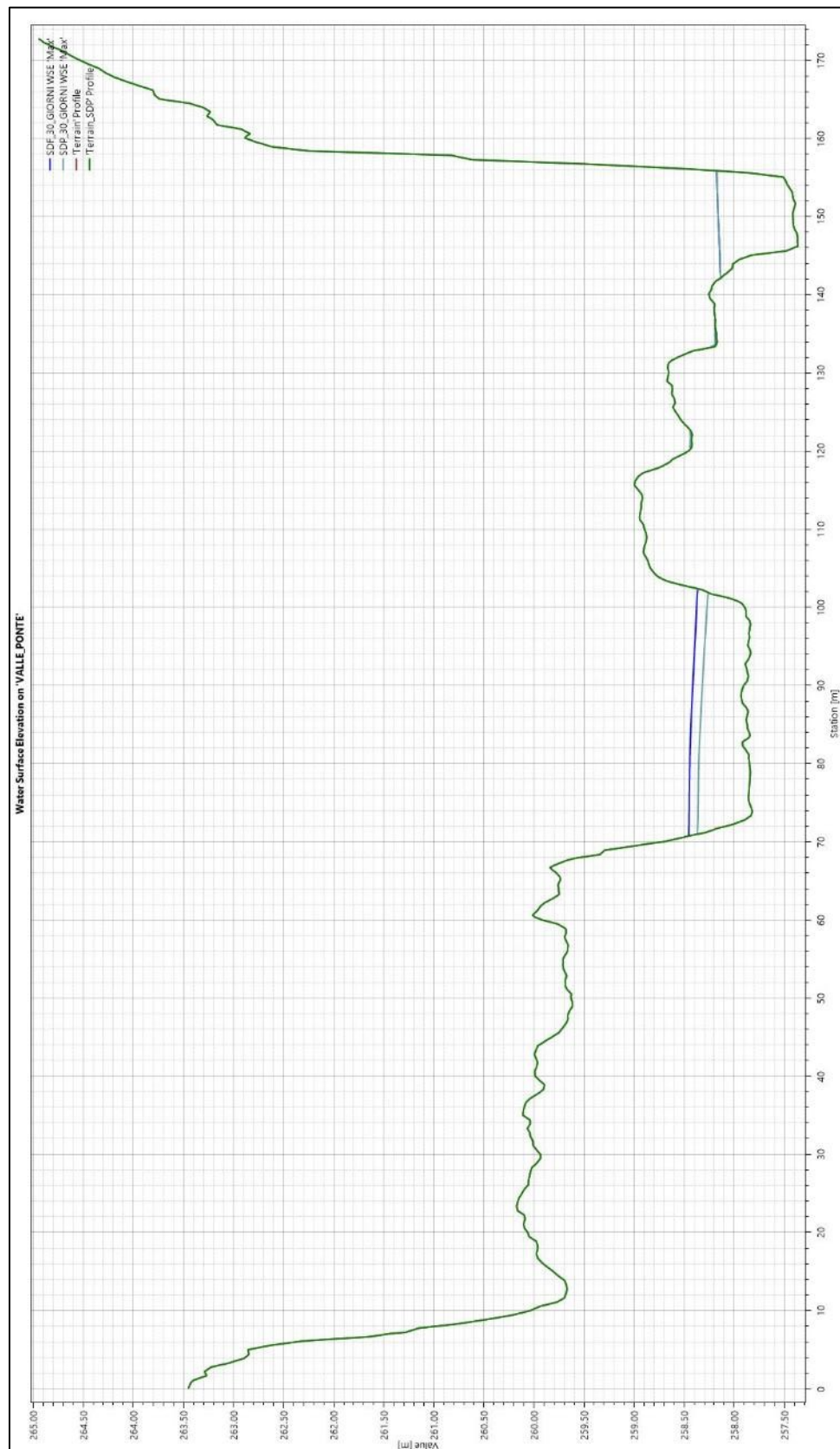


Figura 50: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata media presente in alveo per 30 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata storica media 30 giorni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2)**

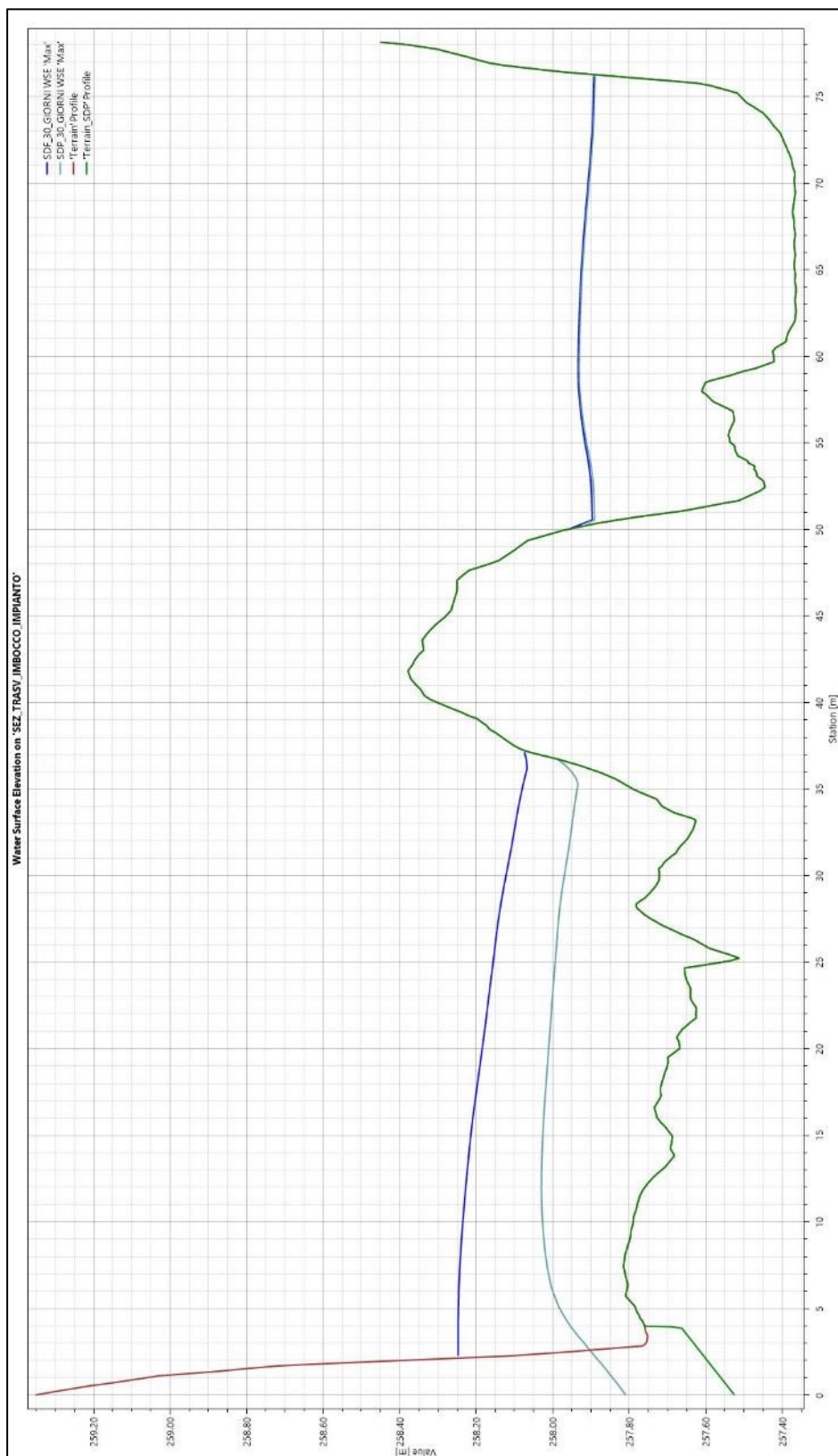


Figura 51: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata media presente in alveo per 30 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).



- Portata storica media 30 giorni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3)**

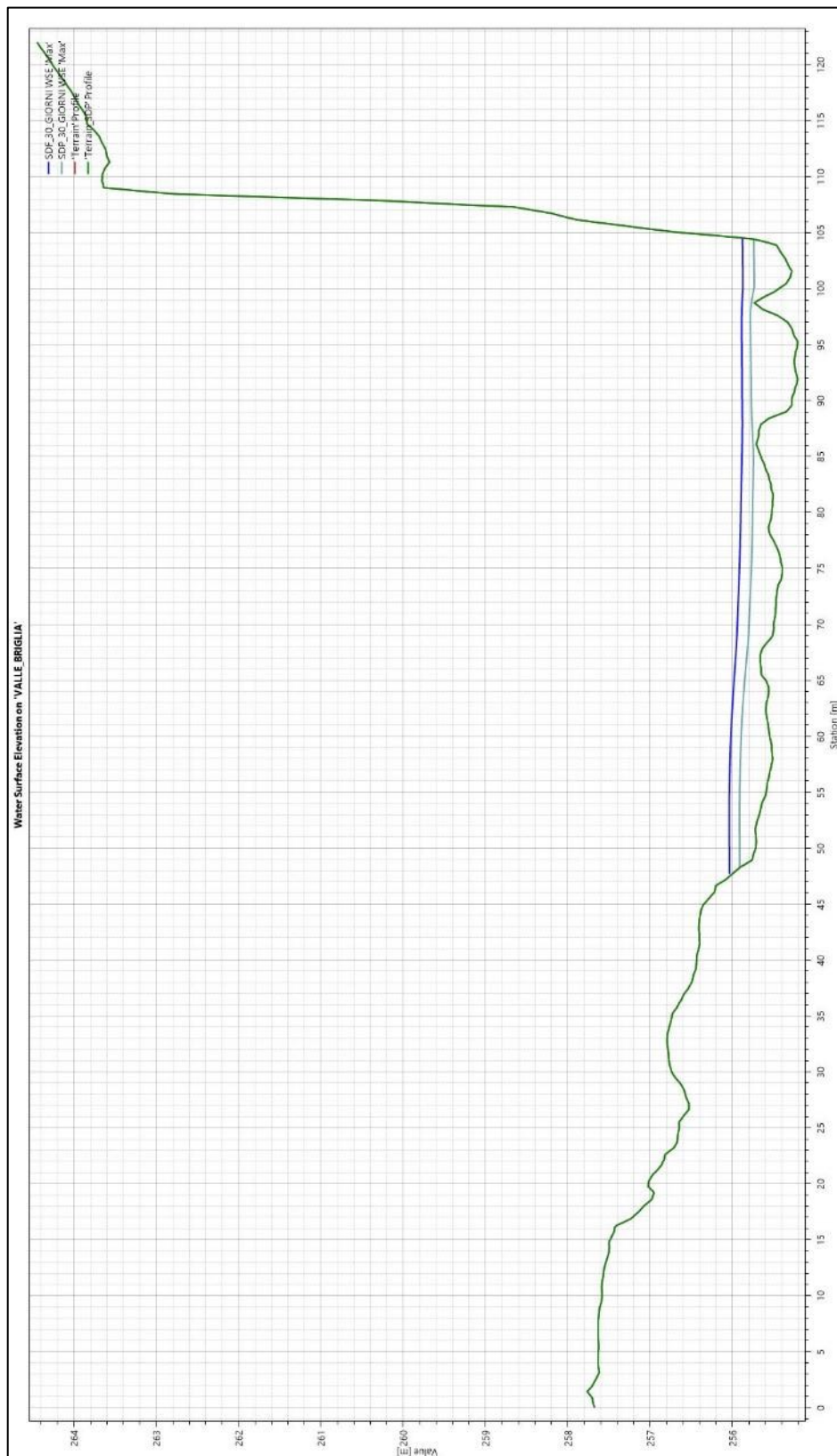


Figura 52: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata media presente in alveo per 30 giorni l'anno (fonte dati: curva di durata delle portate presente sugli Annali Idrologici, periodo di osservazione: 2016-2021).

- **Portata statistica 20 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

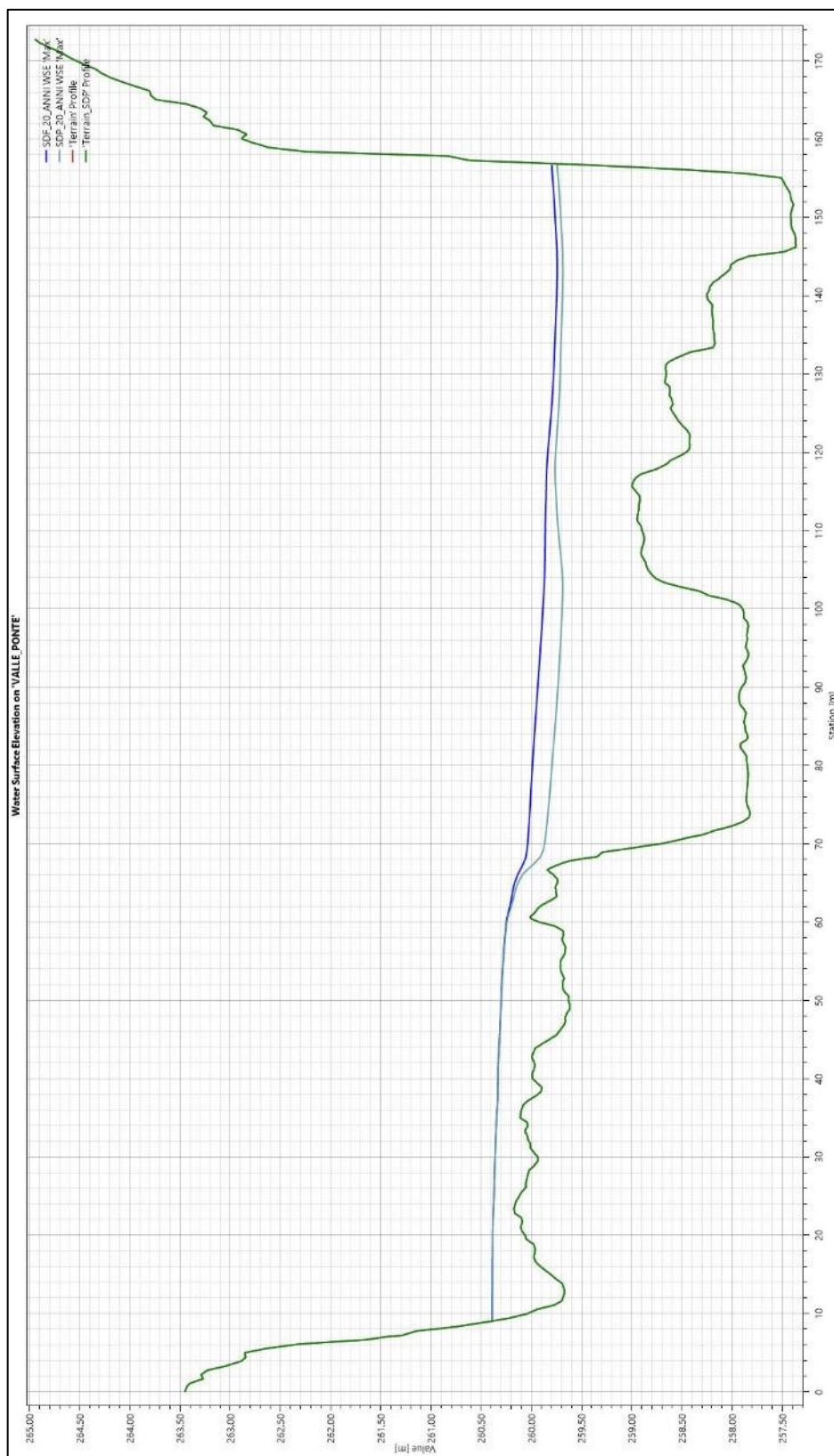


Figura 53: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: “Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell’evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all’aggiornamento dell’idrologia di piena del torrente Enza”).

- **Portata statistica 20 anni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

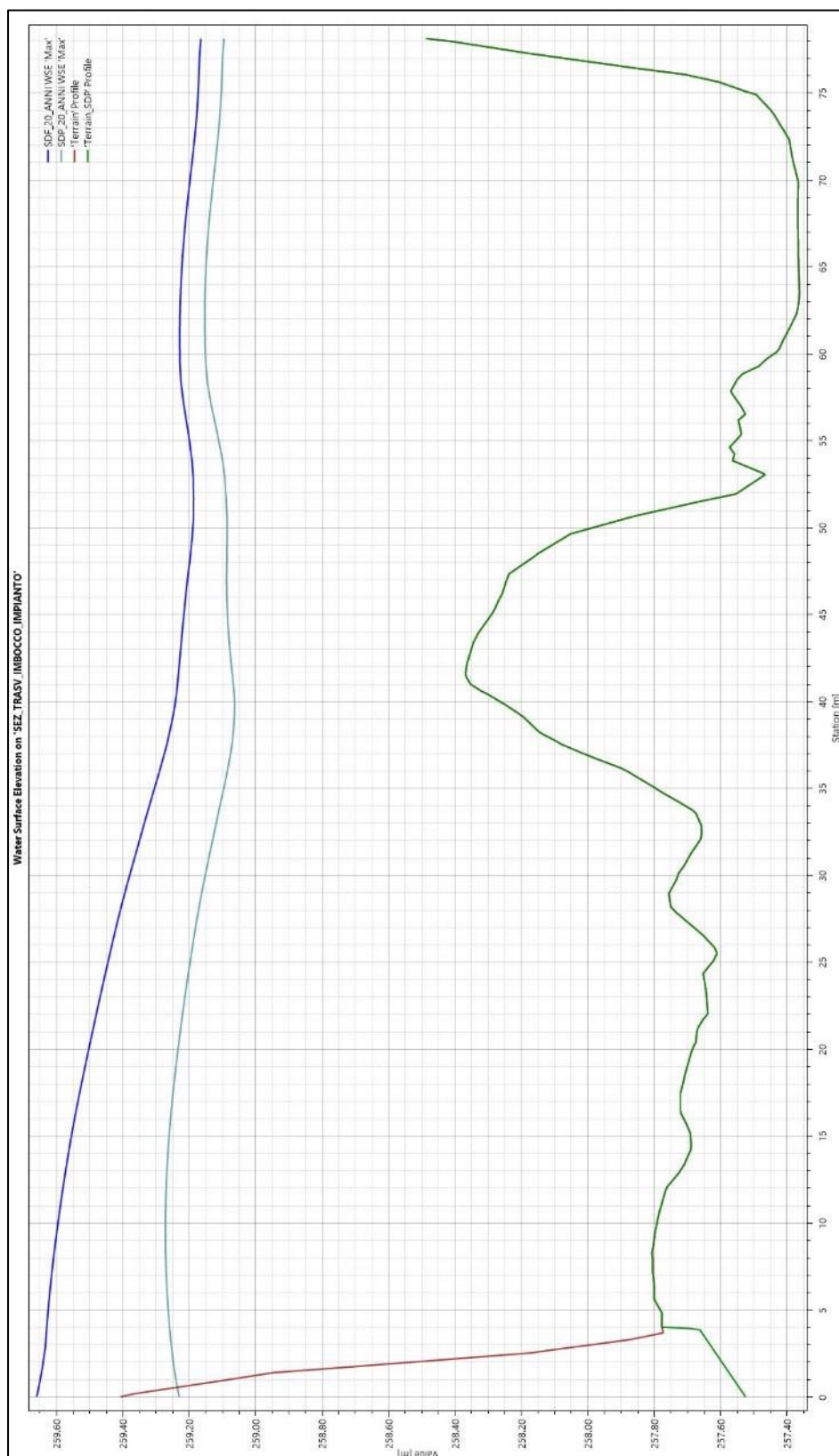


Figura 54: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza").



- **Portata statistica 20 anni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

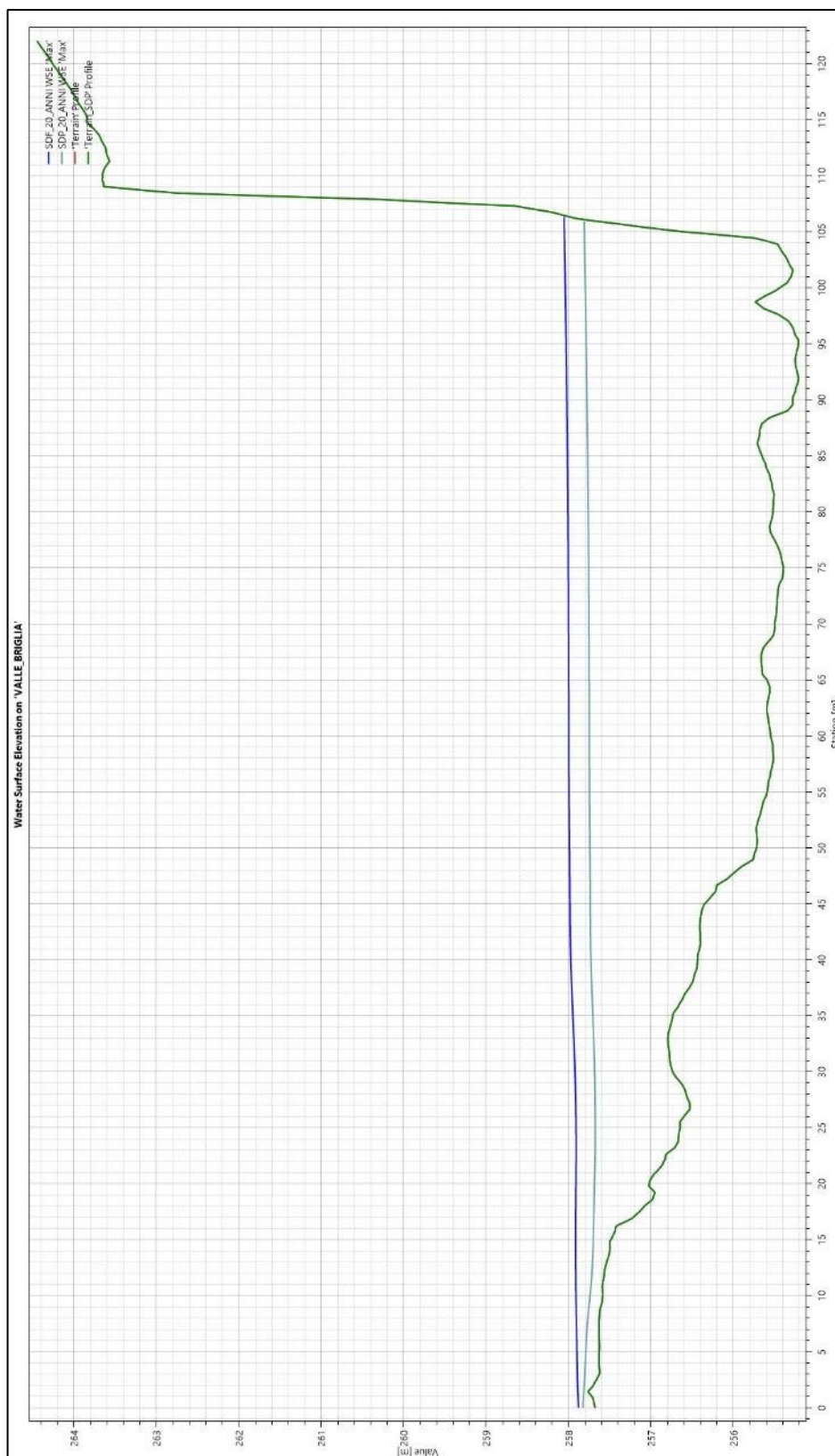


Figura 55: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza").

- **Portata statistica 20 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno**  
**(Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

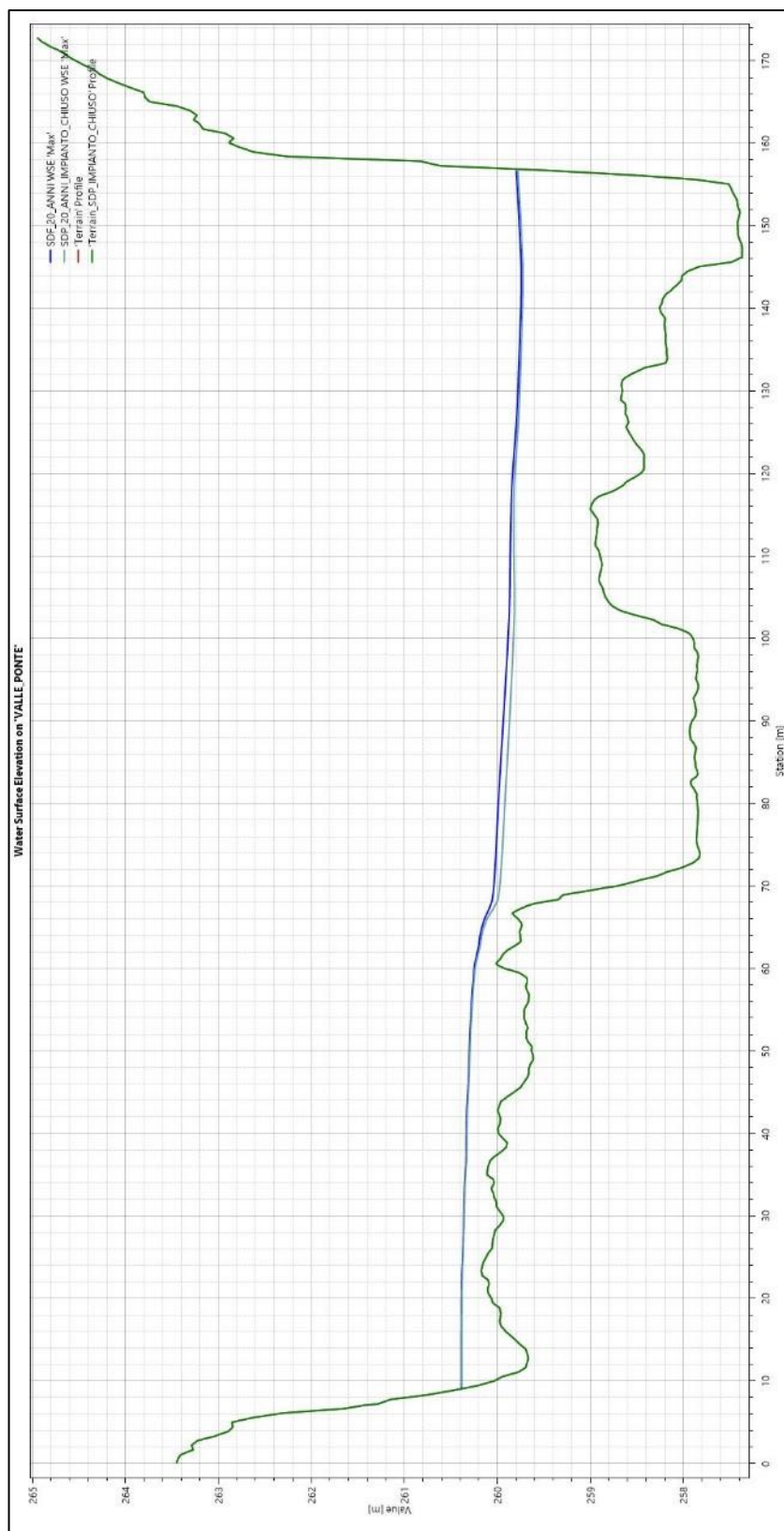


Figura 56: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuse.

- **Portata statistica 20 anni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

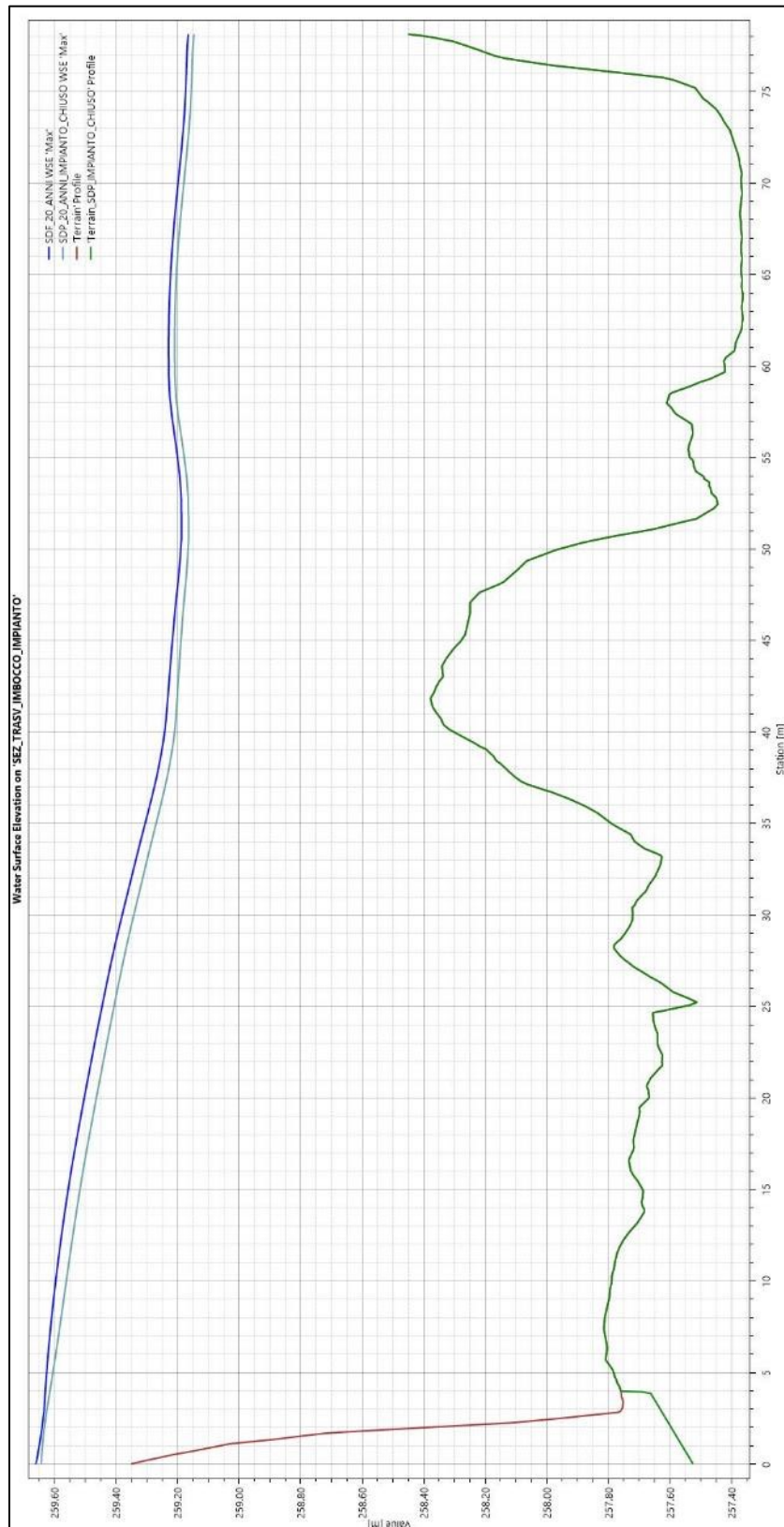


Figura 57: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuse.



- **Portata statistica 20 anni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

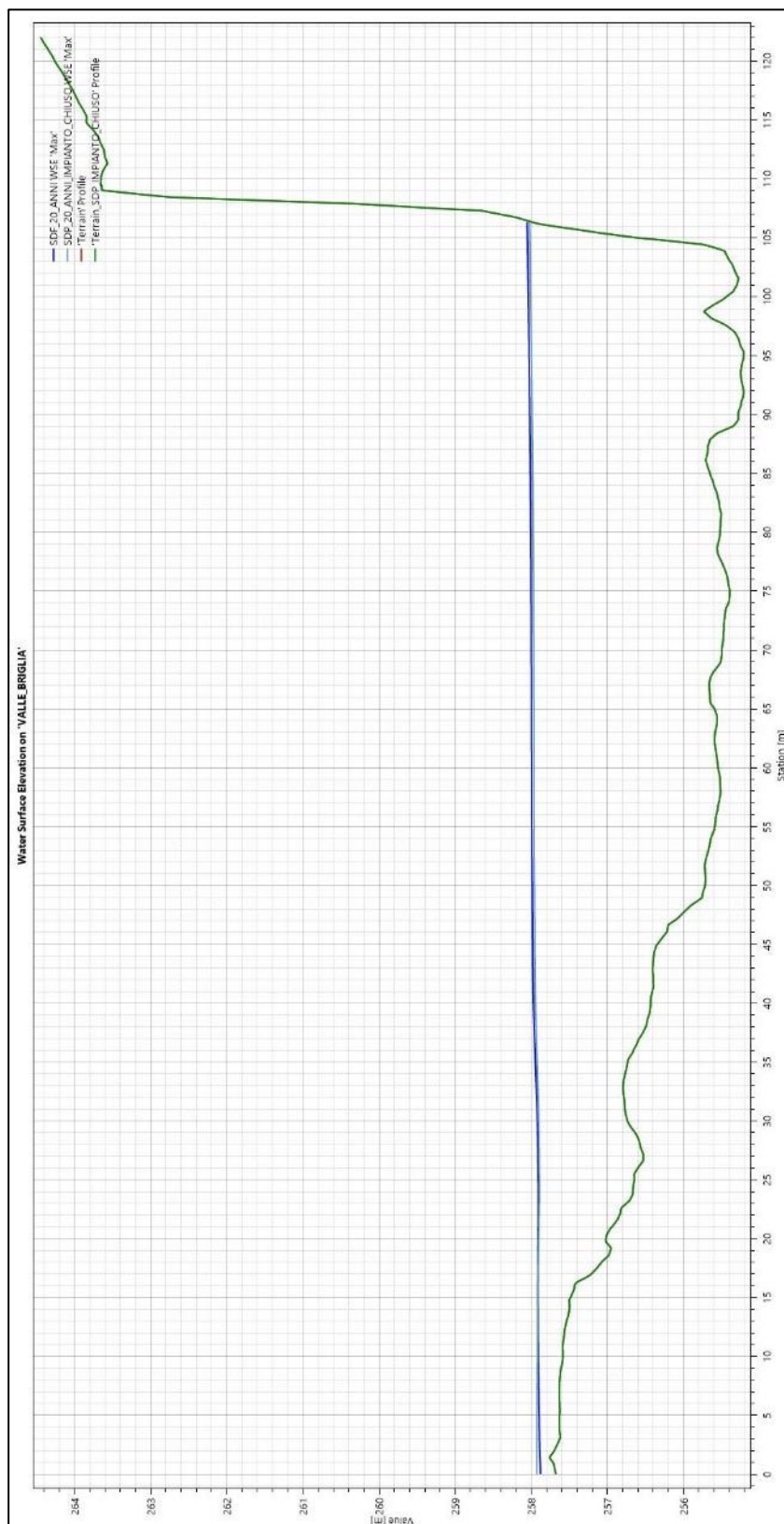


Figura 58: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuise.

- **Portata statistica 200 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

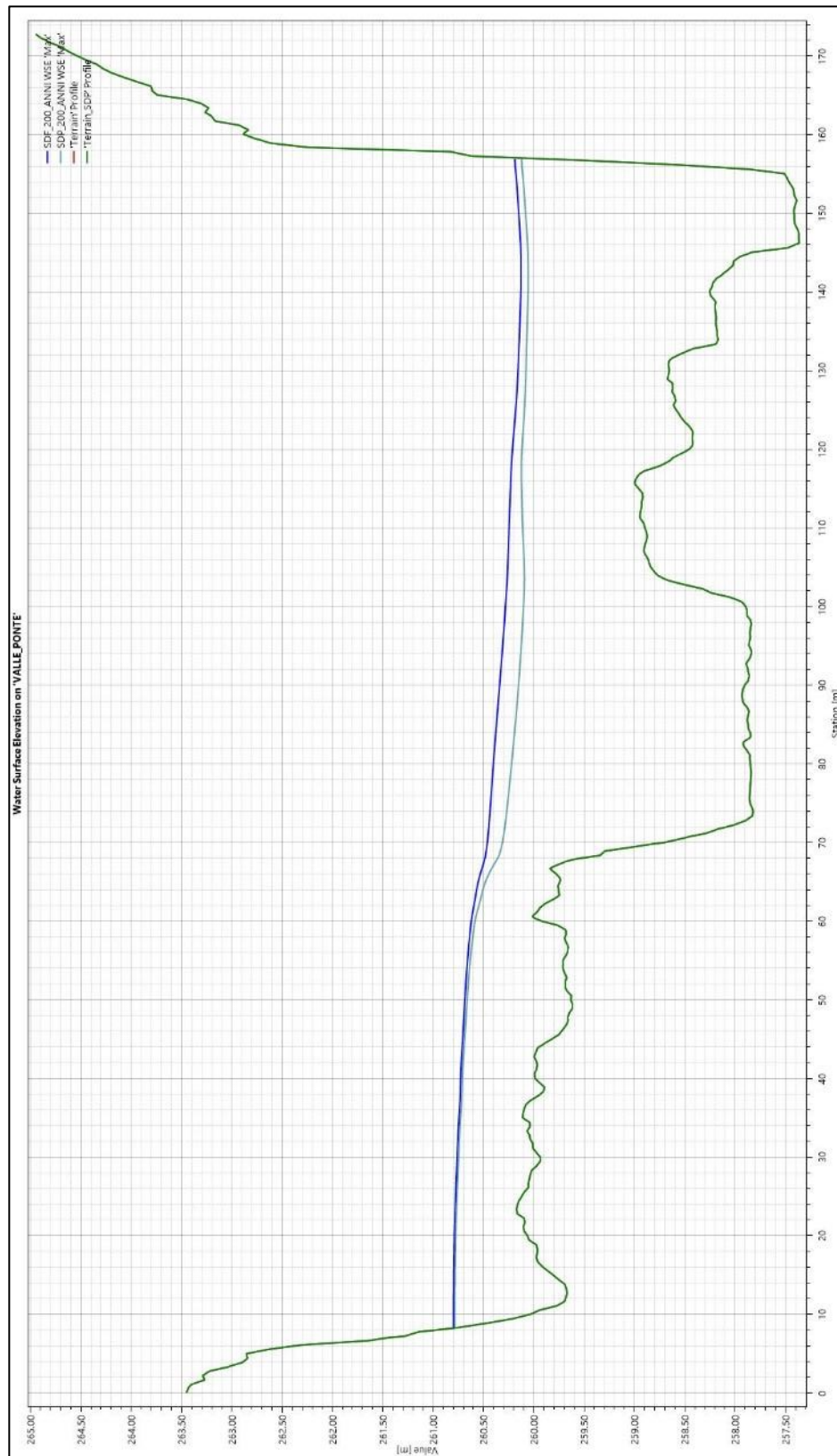


Figura 59: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte aperte.

- **Portata statistica 200 anni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

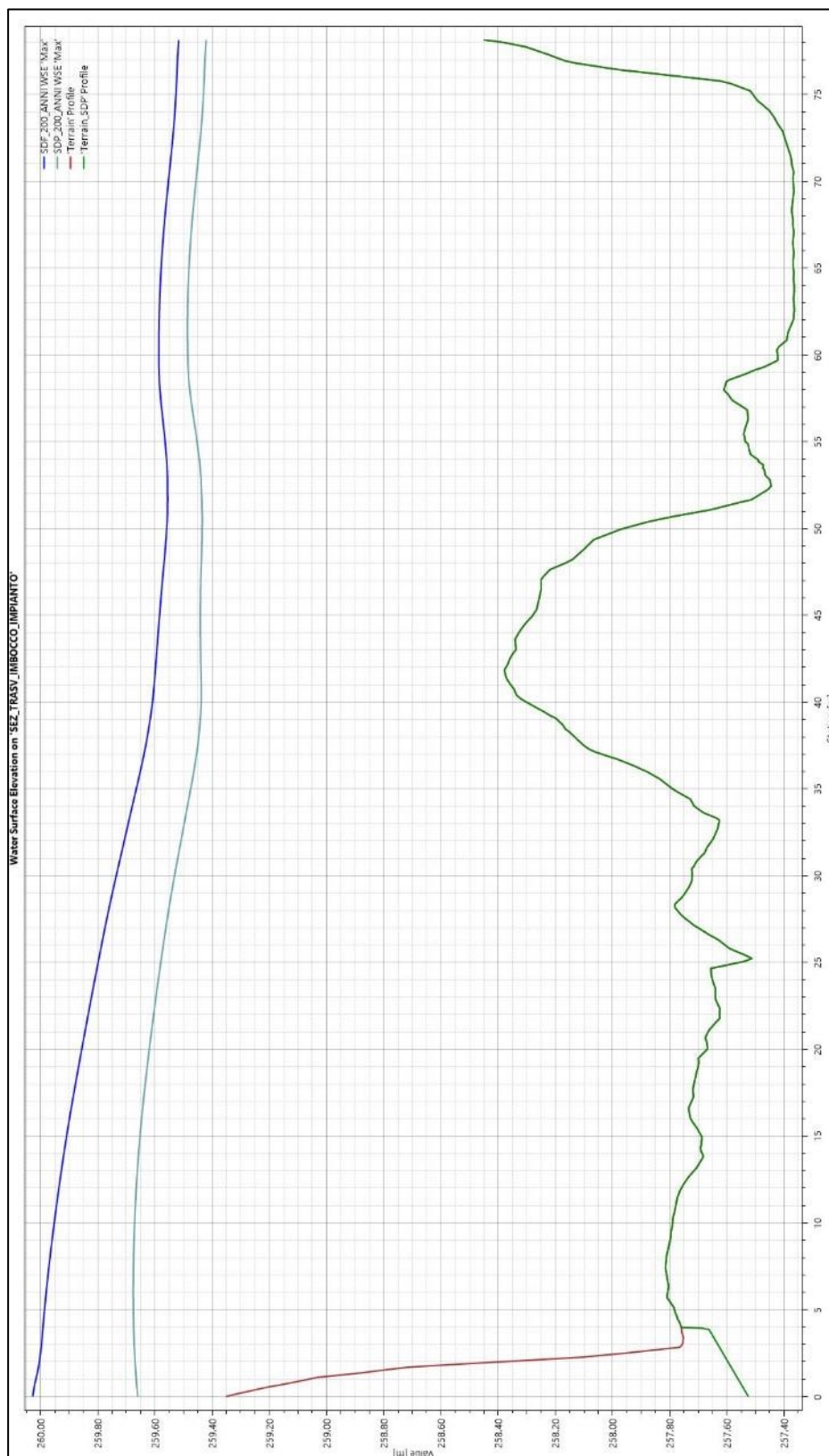


Figura 60: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte aperte.



- **Portata statistica 200 anni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

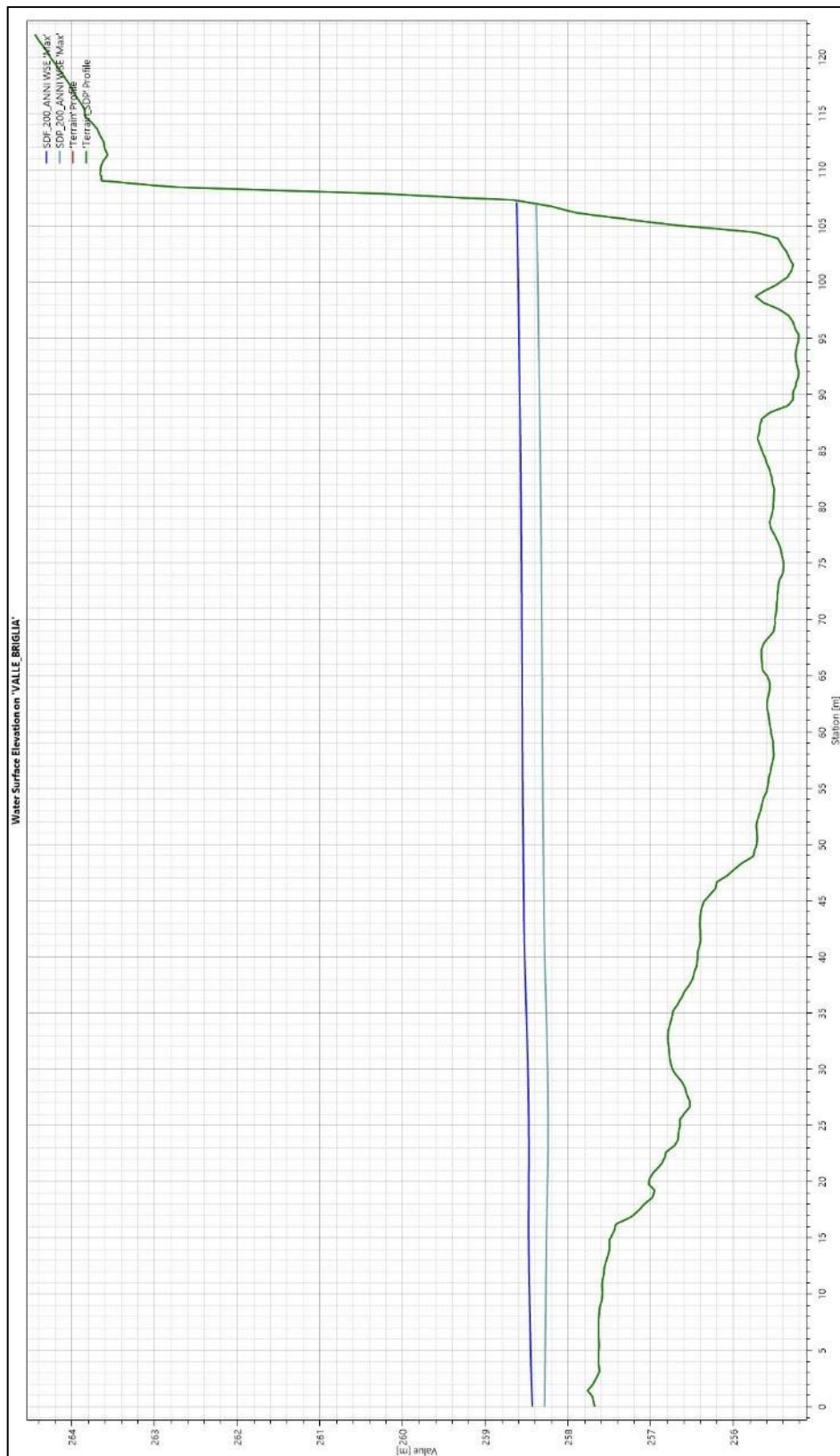


Figura 61: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte aperte.

- **Portata statistica 200 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

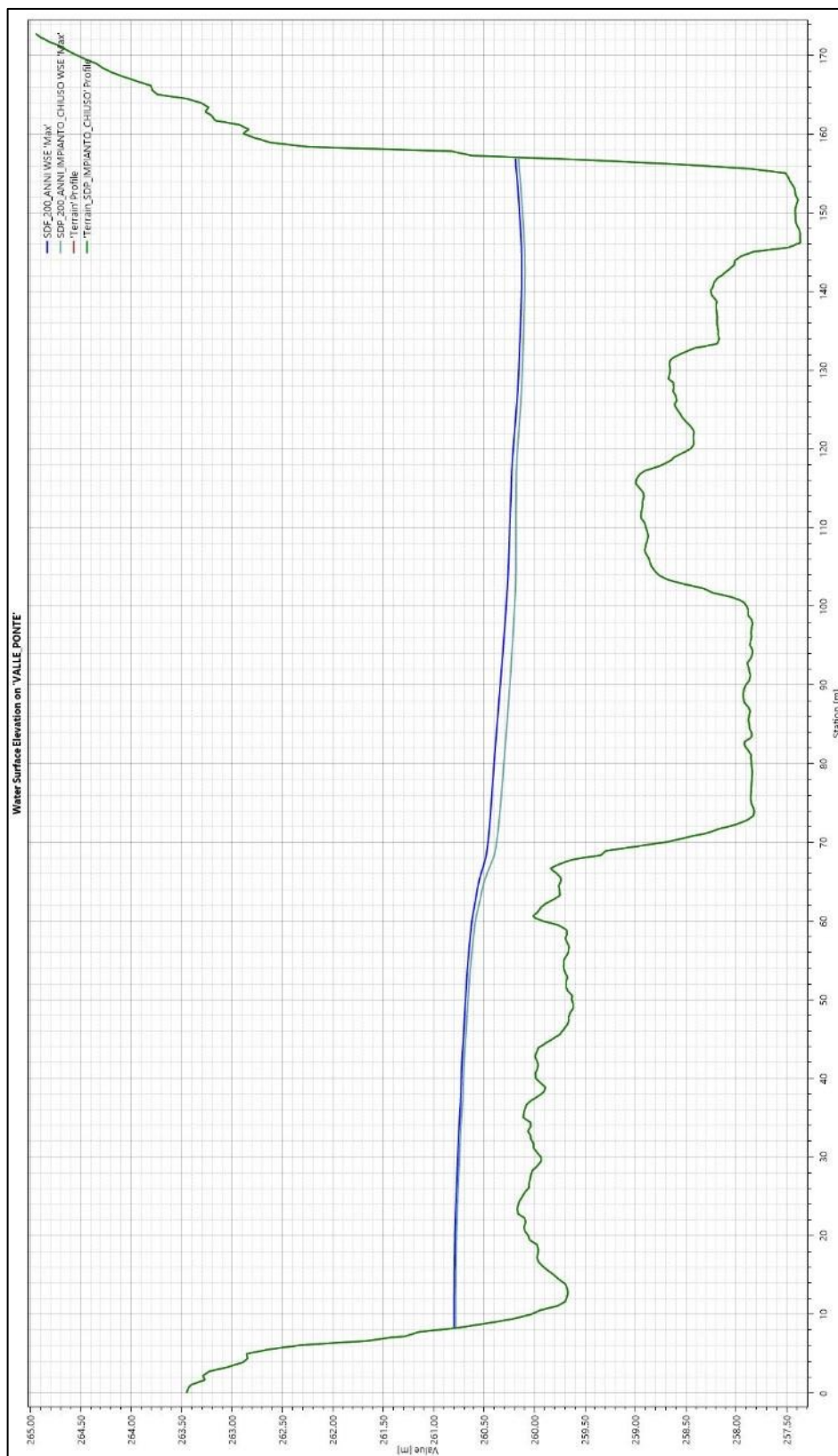


Figura 62: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle del ponte: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuse.

- **Portata statistica 200 anni – Sezione in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico (Sezione 2) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

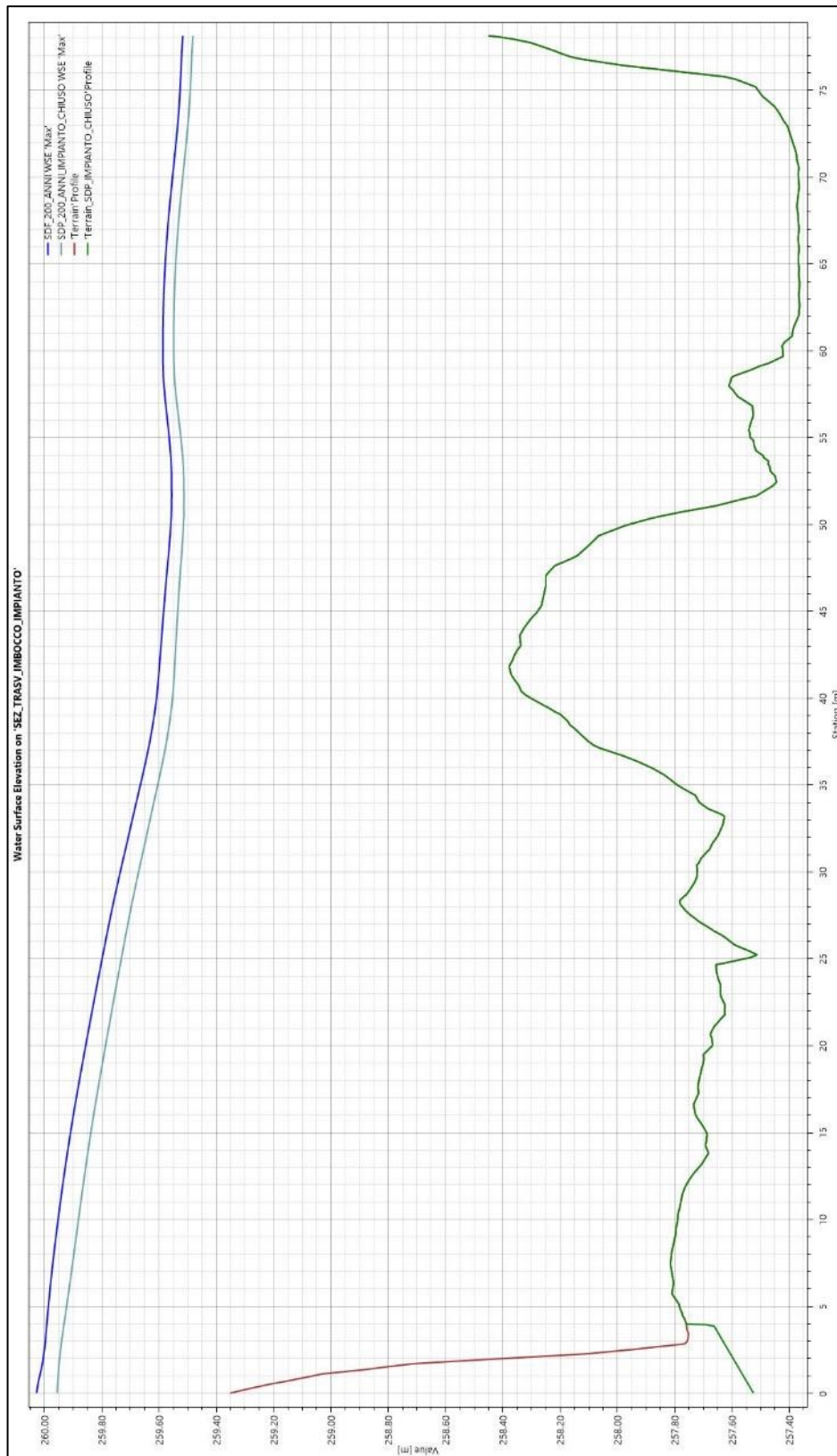


Figura 63: Confronto stato di fatto – stato di progetto in corrispondenza del canale di presa dell'impianto idroelettrico: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuse.



- Portata statistica 200 anni – Sezione a valle della briglia (Sezione 3) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

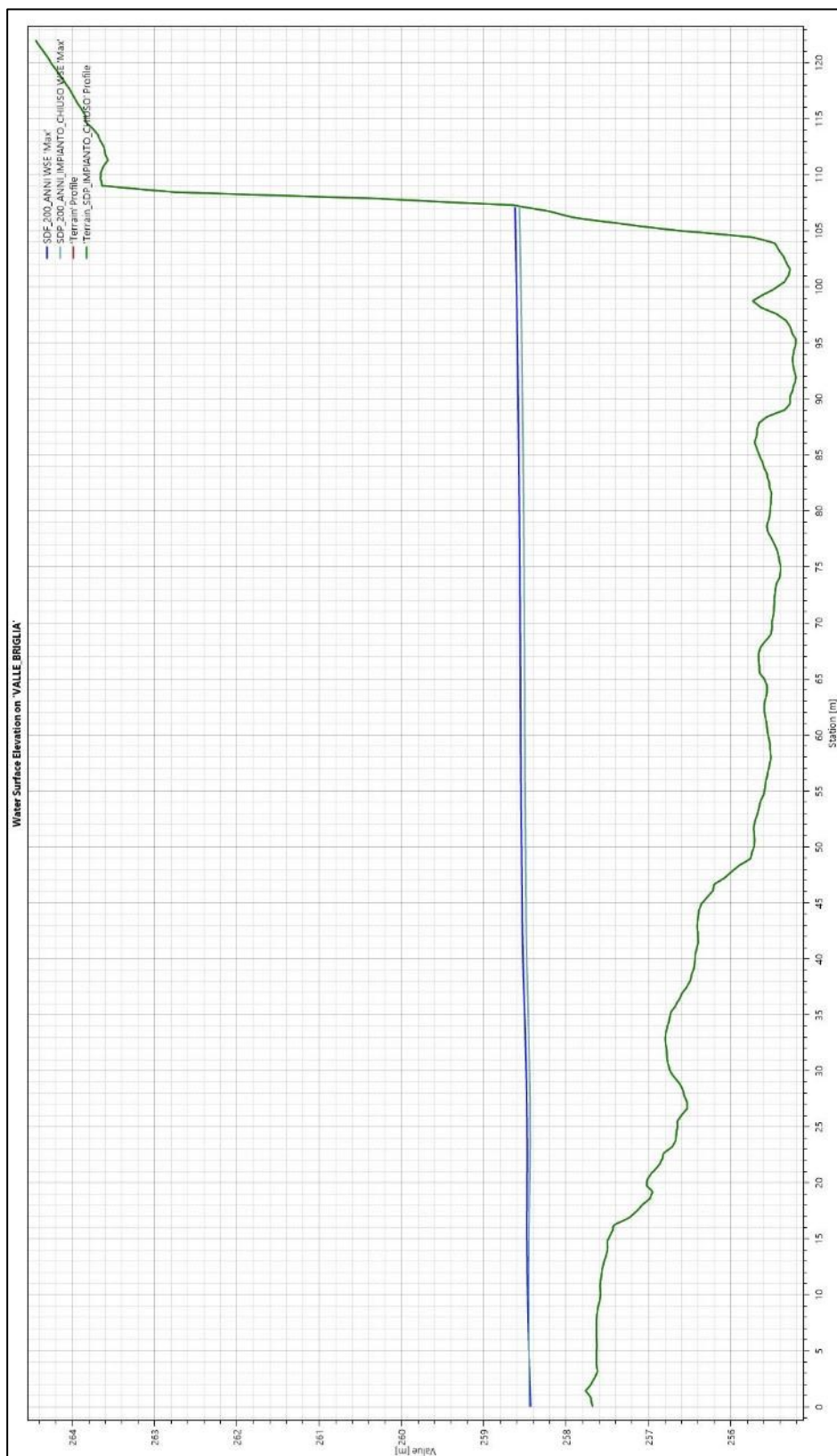


Figura 64: Confronto stato di fatto – stato di progetto a valle della briglia: Portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni (fonte dati: "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza") – Paratoie di monte chiuise.

## **ALLEGATO 04**

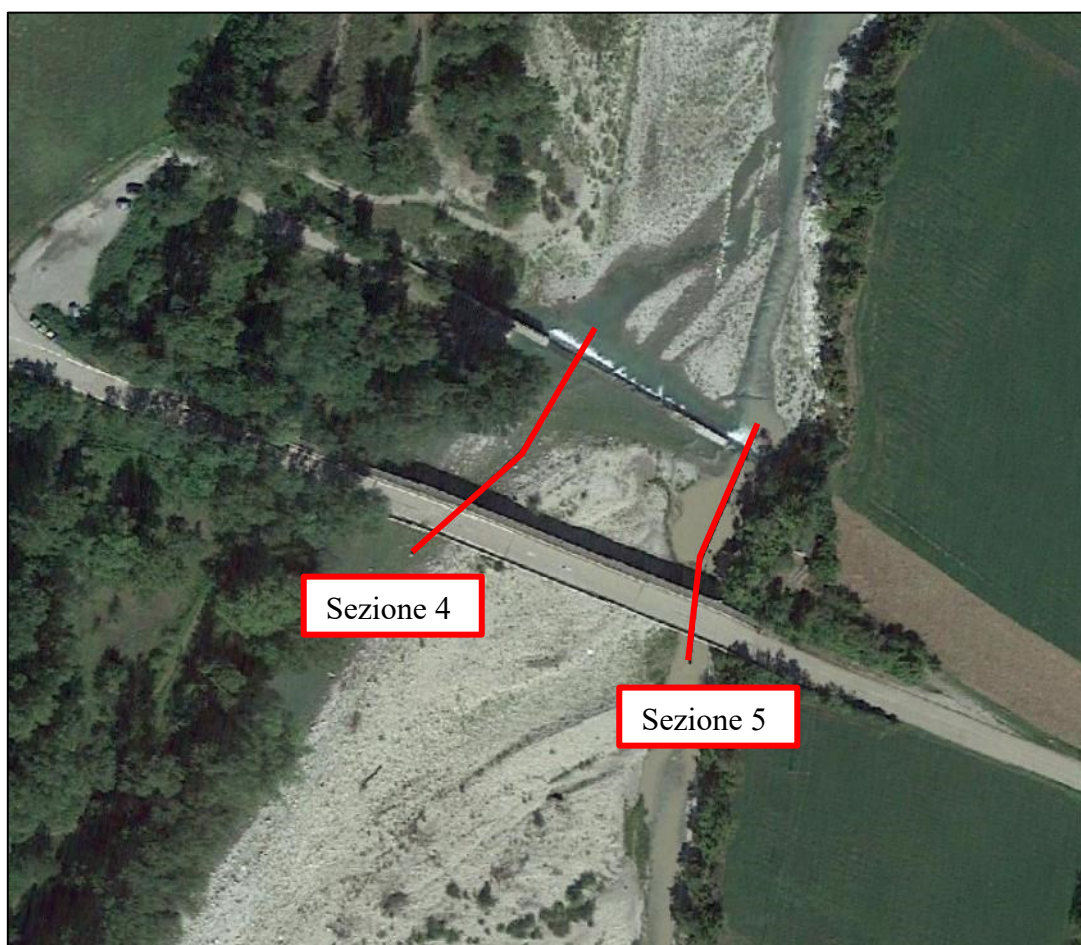
### **Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Valori di velocità**

#### **Profili longitudinali**

#### **LEGENDA RELATIVA ALLE IMMAGINI:**

- in **blu** i valori di velocità inerenti alle simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto)
- in **azzurro** i valori di velocità inerenti alle simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto)

#### **POSIZIONE DELLE SEZIONI ANALIZZATE:**



- **Portata presente in alveo per 274 giorni l'anno ( $Q=1.51 \text{ m}^3/\text{s}$ ):**

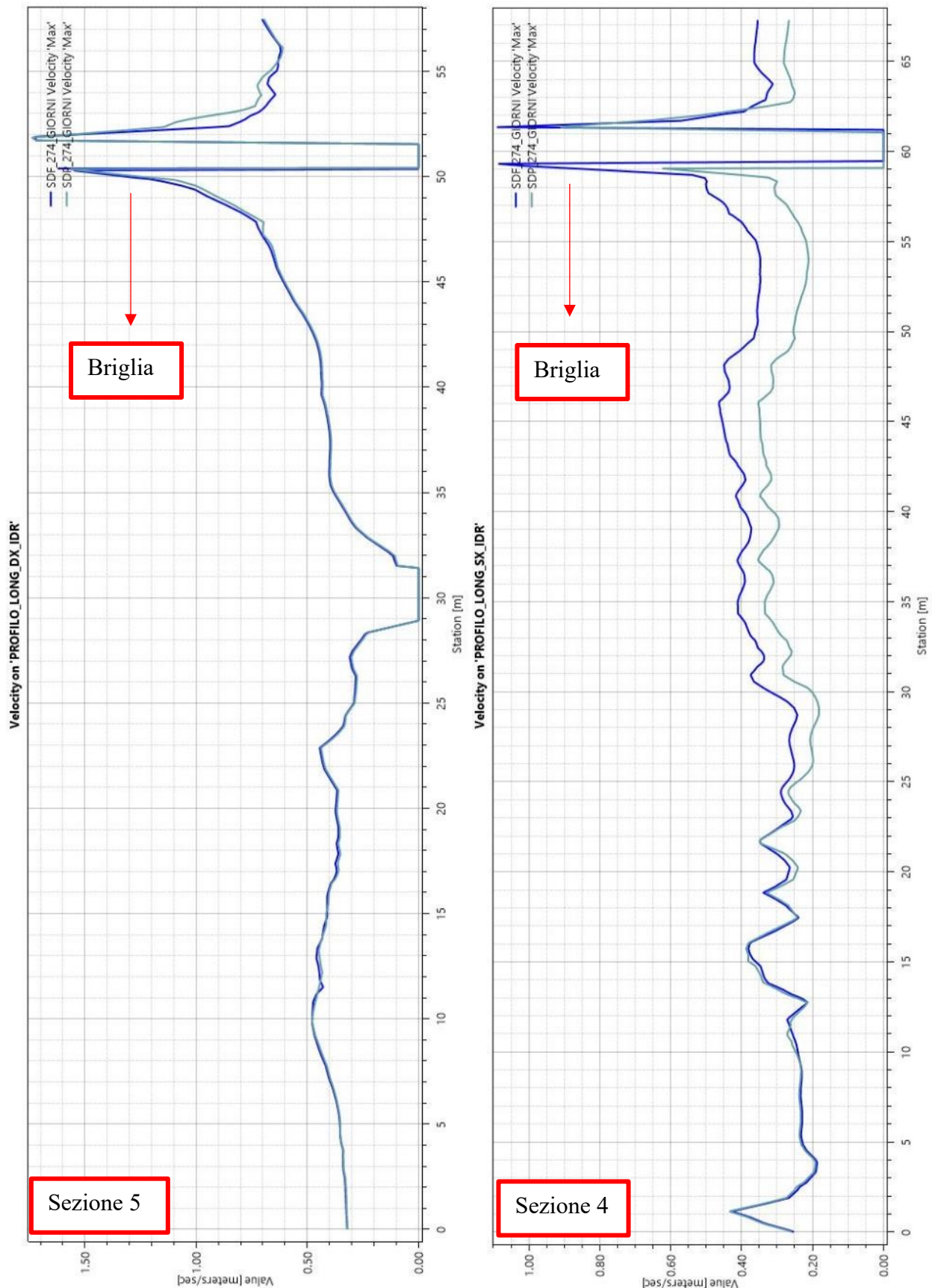


Figura 65: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata presente in alveo per 274 giorni l'anno.



- **Portata presente in alveo per 91 giorni l'anno ( $Q=10.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ):**

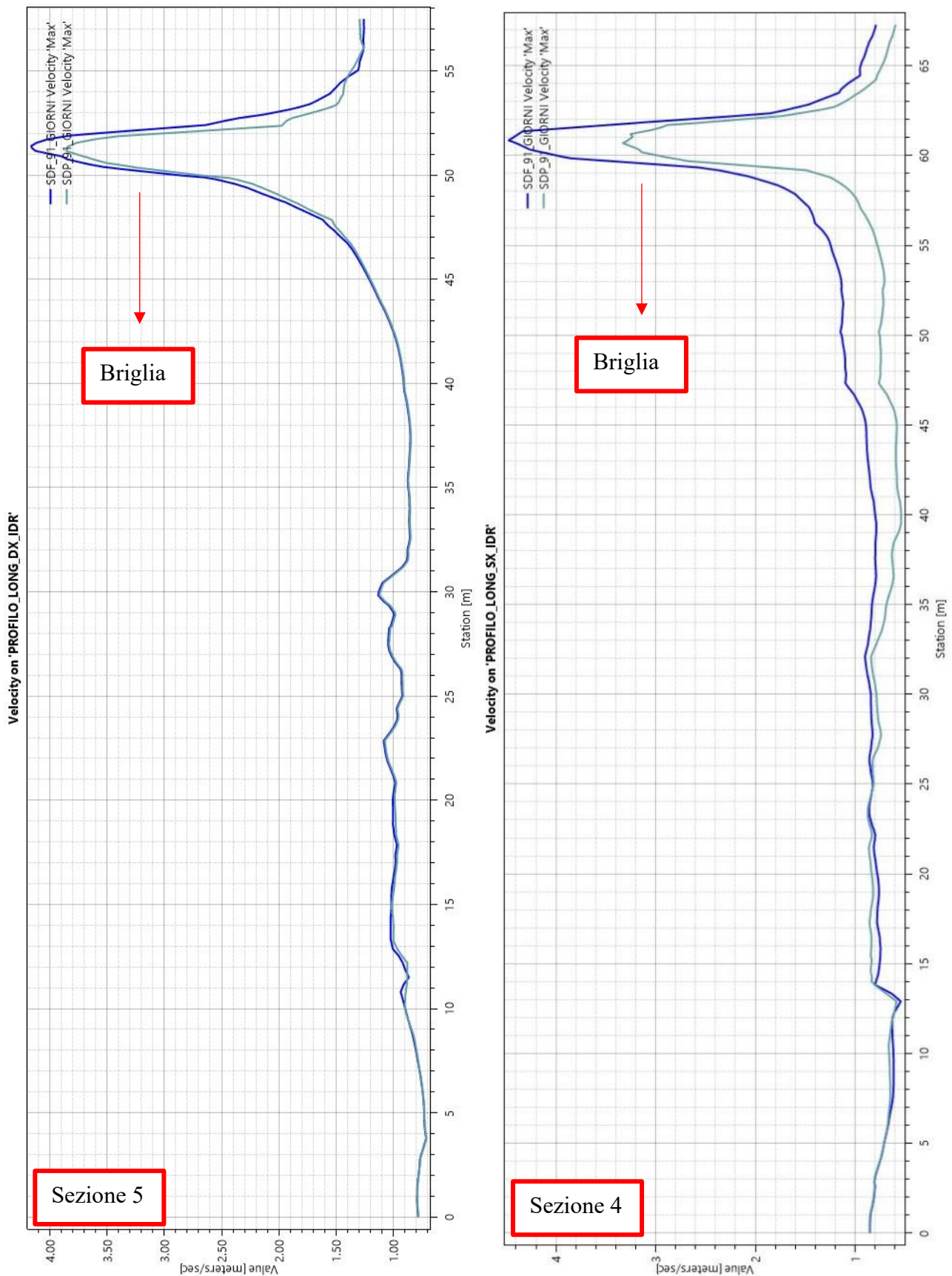


Figura 66: Andamento delle velocità relativi ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata presente in alveo per 91 giorni l'anno.

- **Portata presente in alveo per 30 giorni l'anno ( $Q=26.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ):**

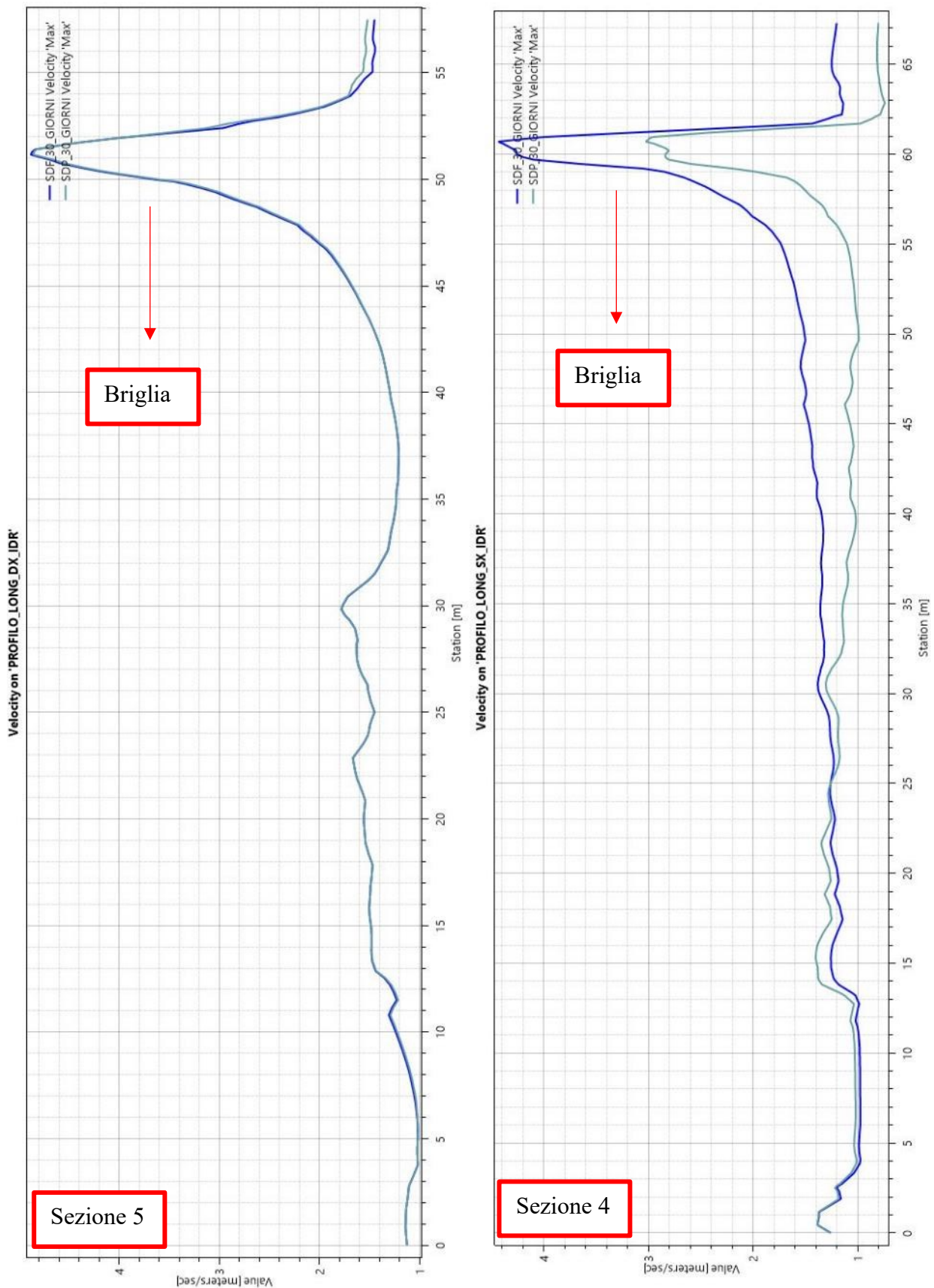


Figura 67: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata presente in alveo per 30 giorni l'anno.

• **Portata statistica 20 anni ( $Q=536.77 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

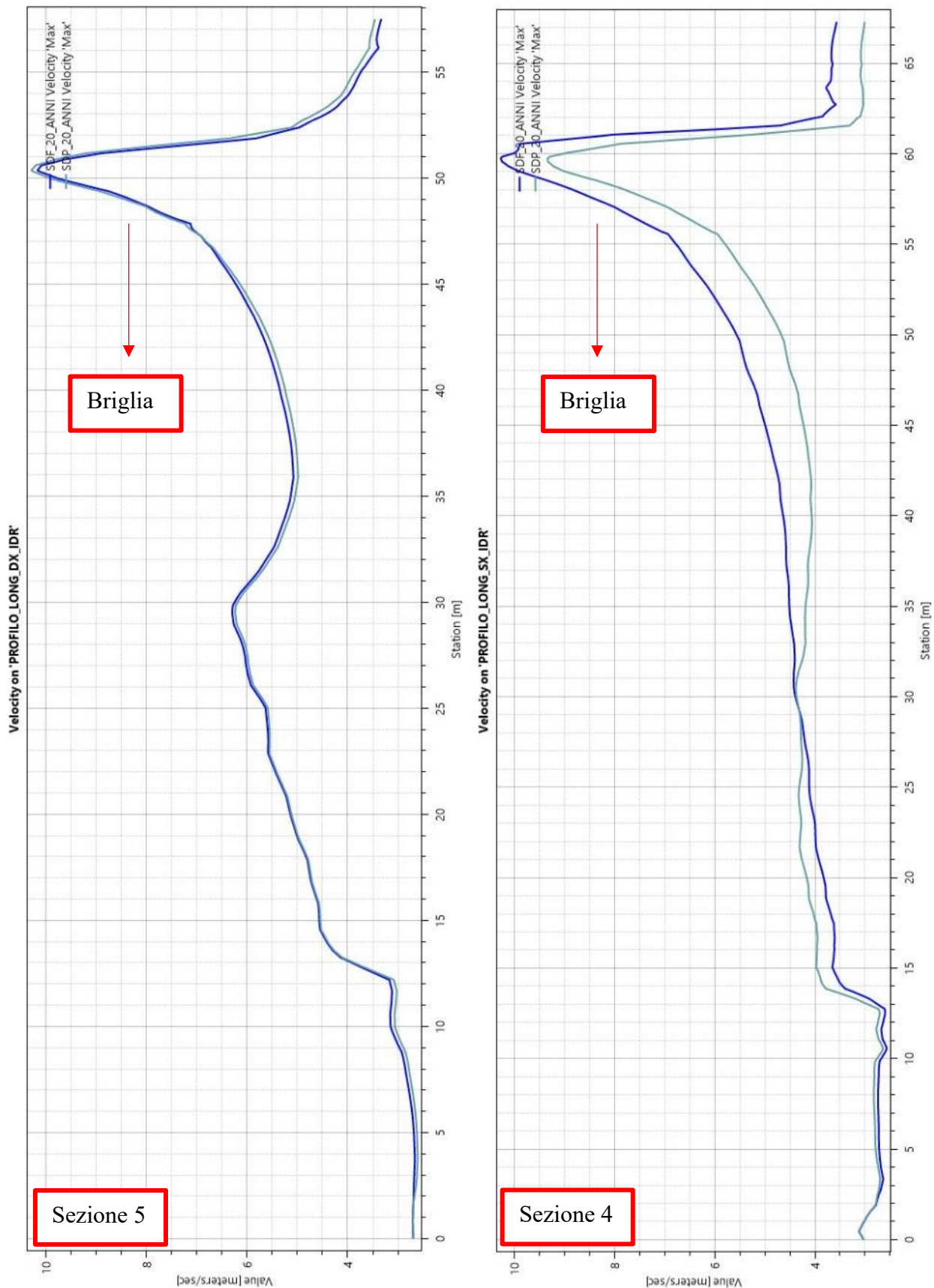


Figura 68: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata statistica di tempo di ritorno 20 anni - Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) aperte.



• **Portata statistica 20 anni ( $Q=536.77 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

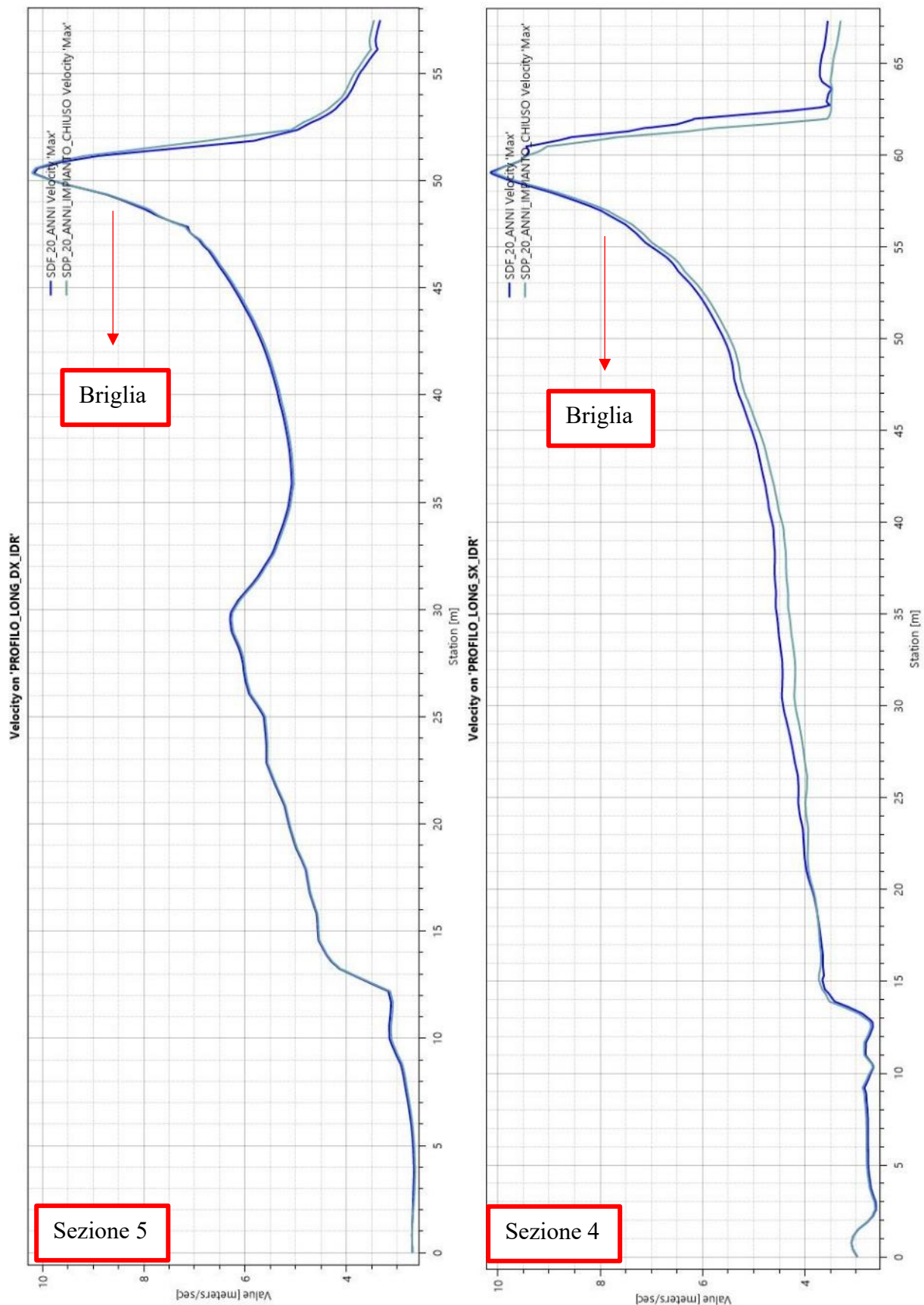


Figura 69: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata statistica di tempo di ritorno 20 anni - Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) chiuse.

- Portata statistica 200 anni ( $Q=825.96 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

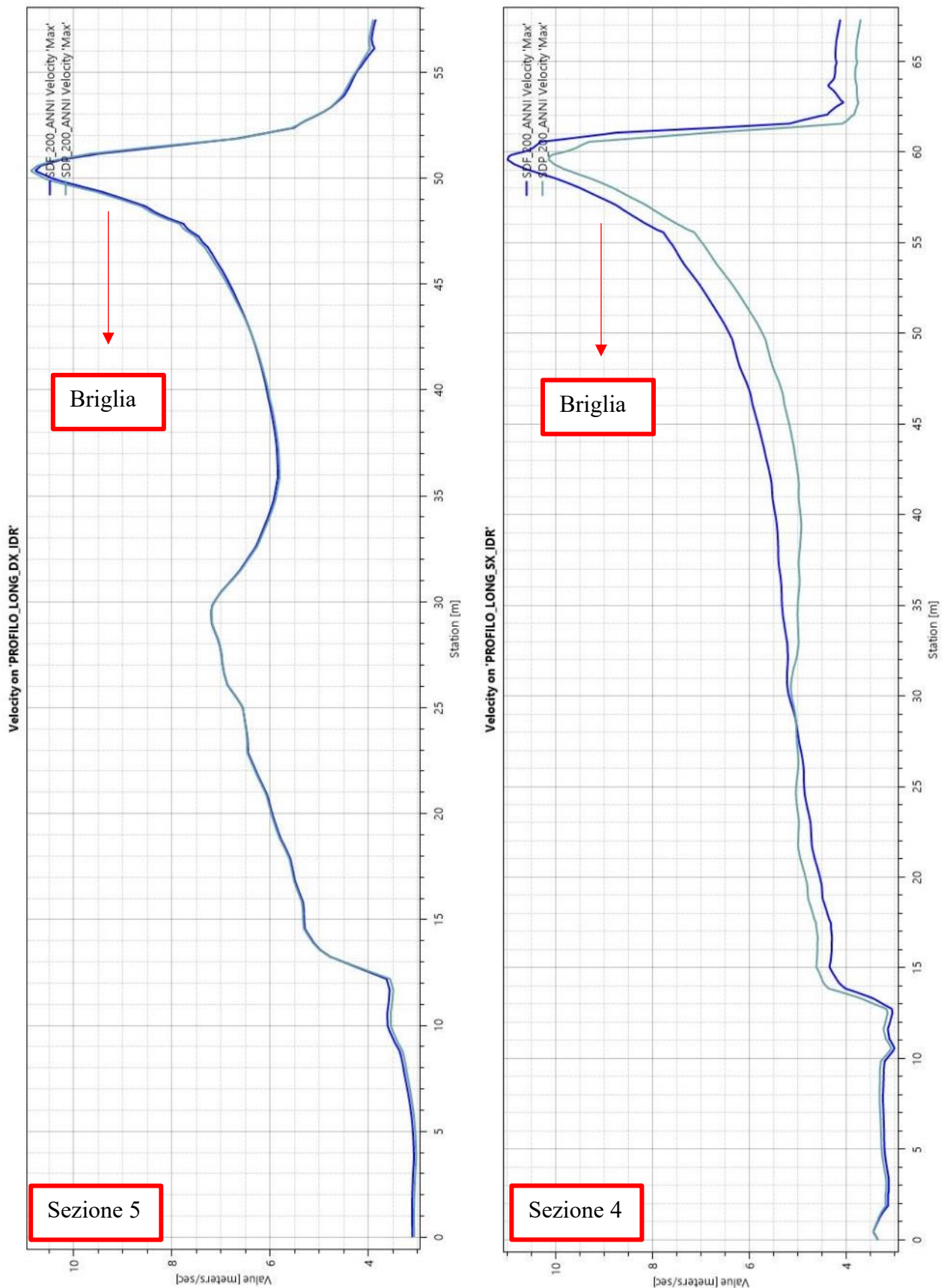


Figura 70: Andamento delle velocità relative ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata statistica di tempo di ritorno 200 anni – Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) aperte.

- Portata statistica 200 anni ( $Q=825.96 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

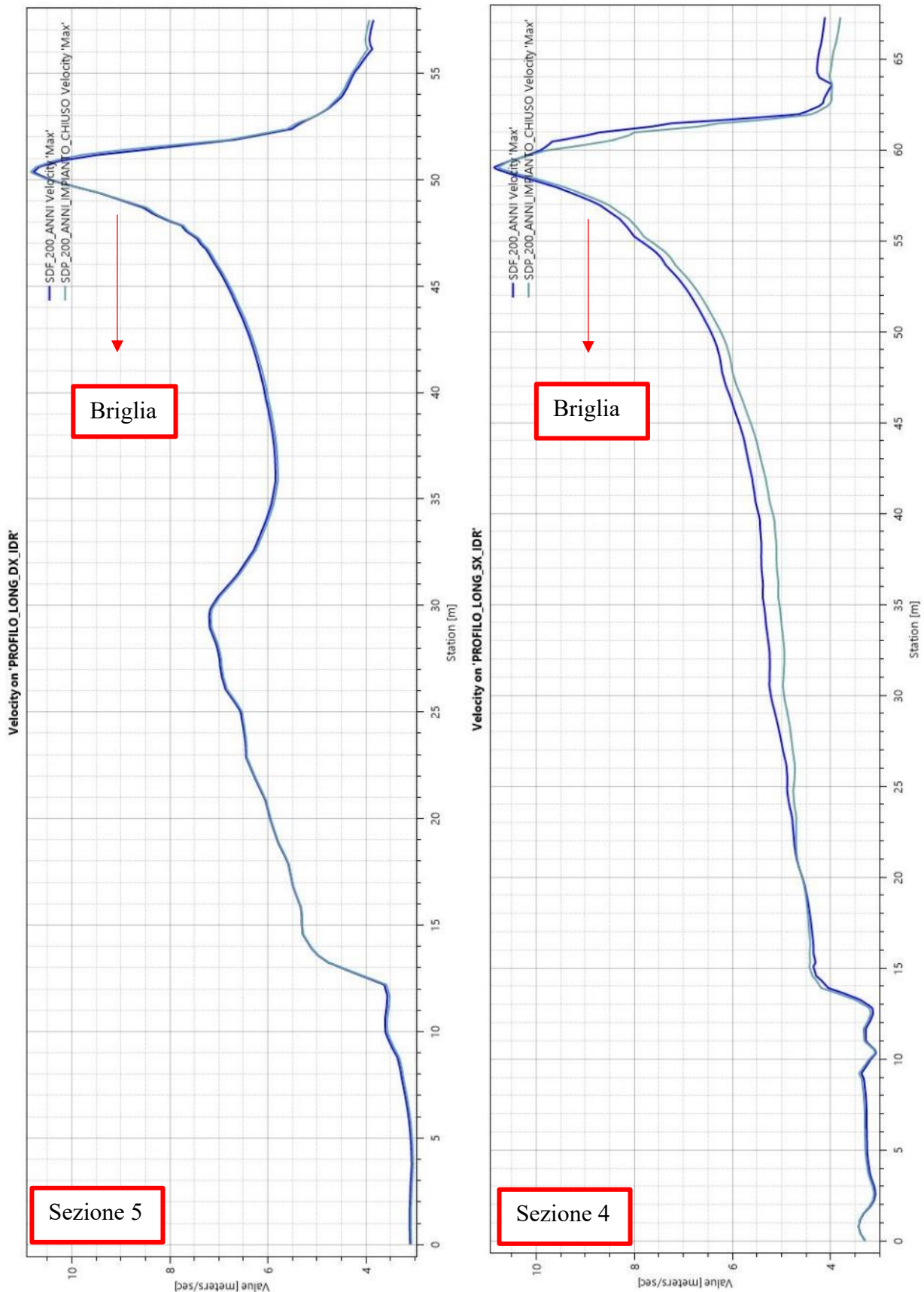


Figura 71: Andamento delle velocità relativi ai profili longitudinali analizzati (dx; sx idraulica), per la portata statistica di tempo di ritorno 200 anni – Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) chiuse.



## ALLEGATO 05

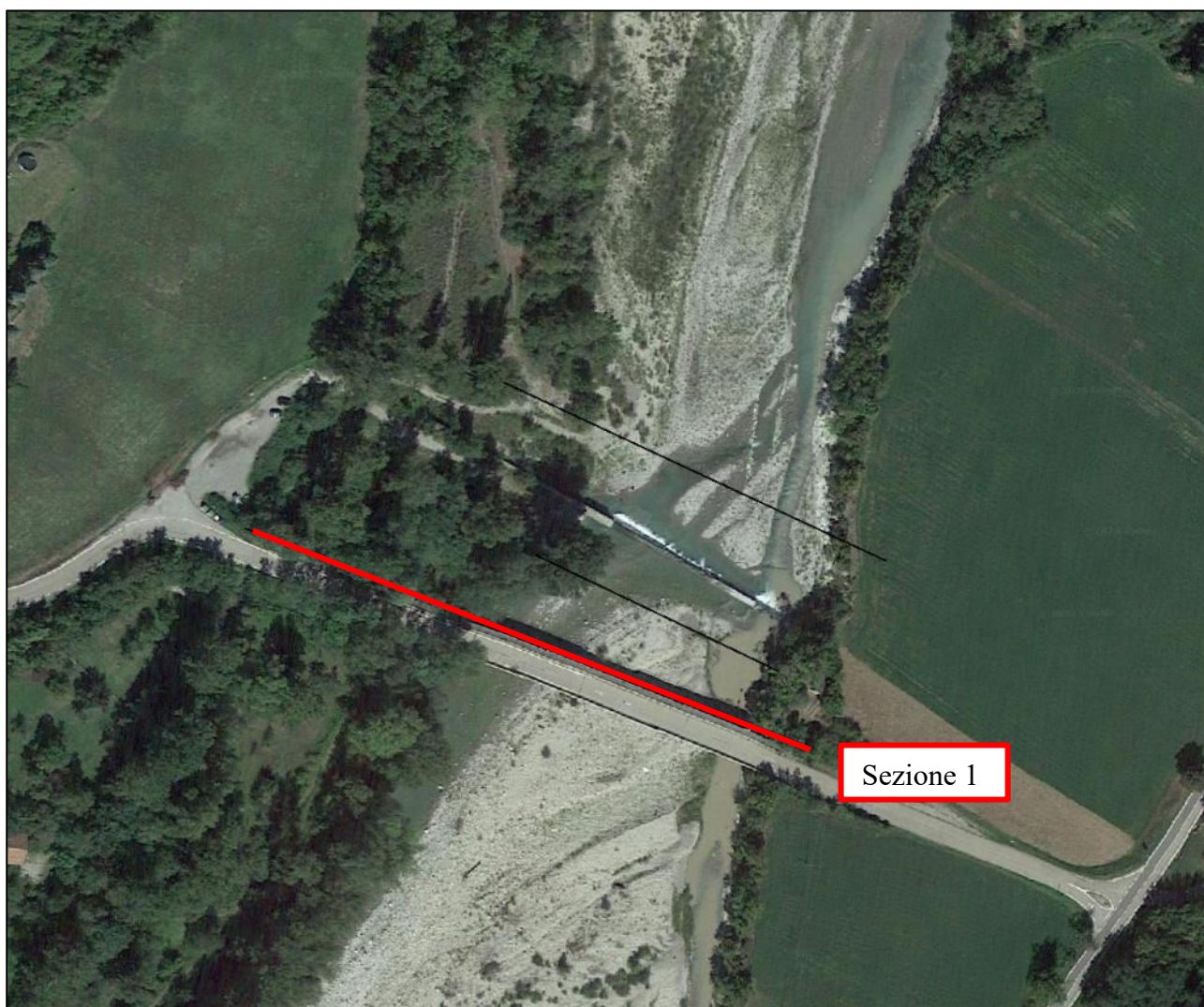
### Confronti tra stato di fatto & stato di progetto – Valori di velocità

#### Sezione trasversale immediatamente a valle del ponte

#### LEGENDA RELATIVA ALLE IMMAGINI:

- in **blu** i valori di velocità inerenti alle simulazioni idrauliche ante operam (stato di fatto)
- in **azzurro** i valori di velocità inerenti alle simulazioni idrauliche post operam (stato di progetto)

#### POSIZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA:



- **Portata storica media 274 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

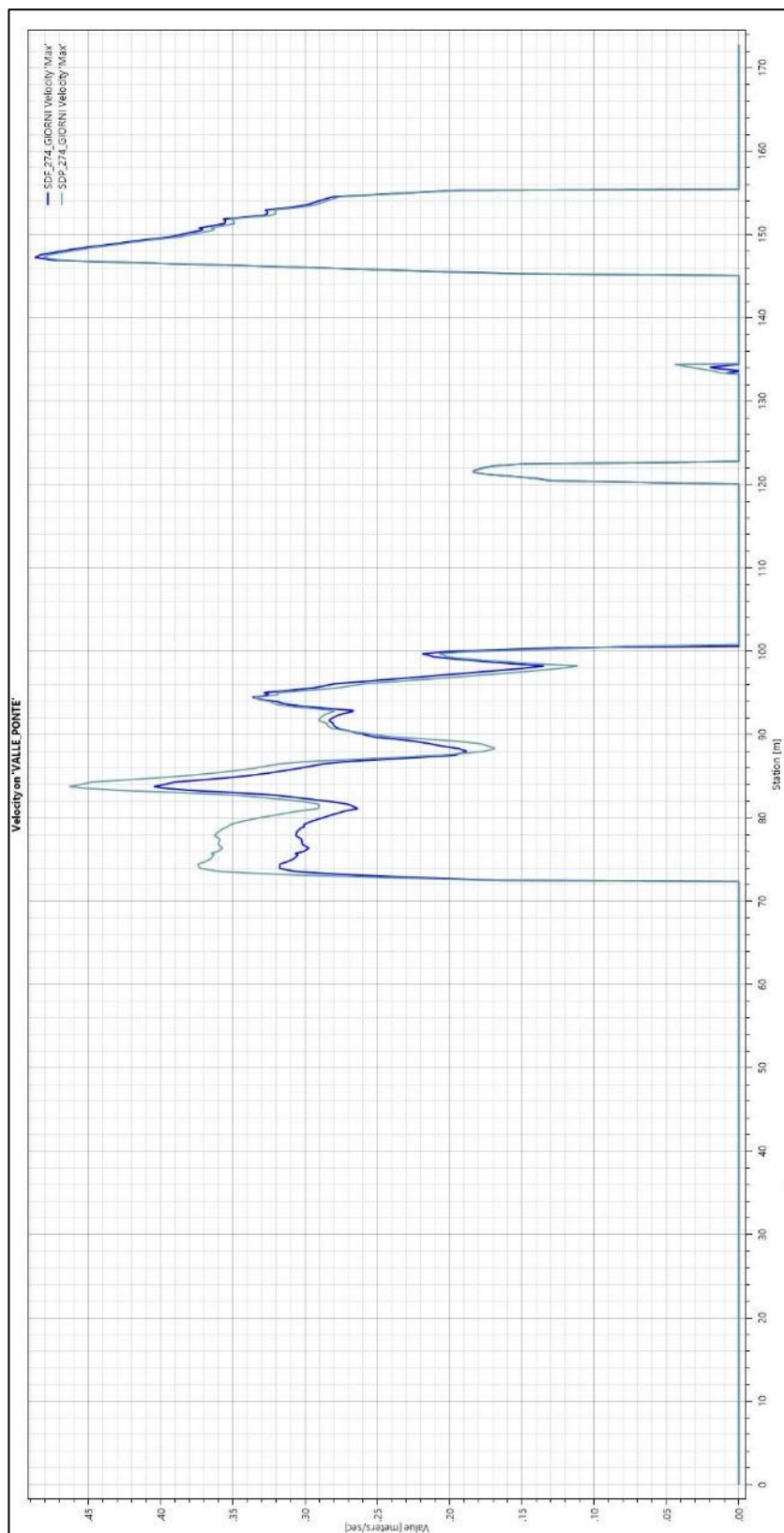


Figura 72: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata presente in alveo per 274 giorni.

- **Portata storica media 91 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

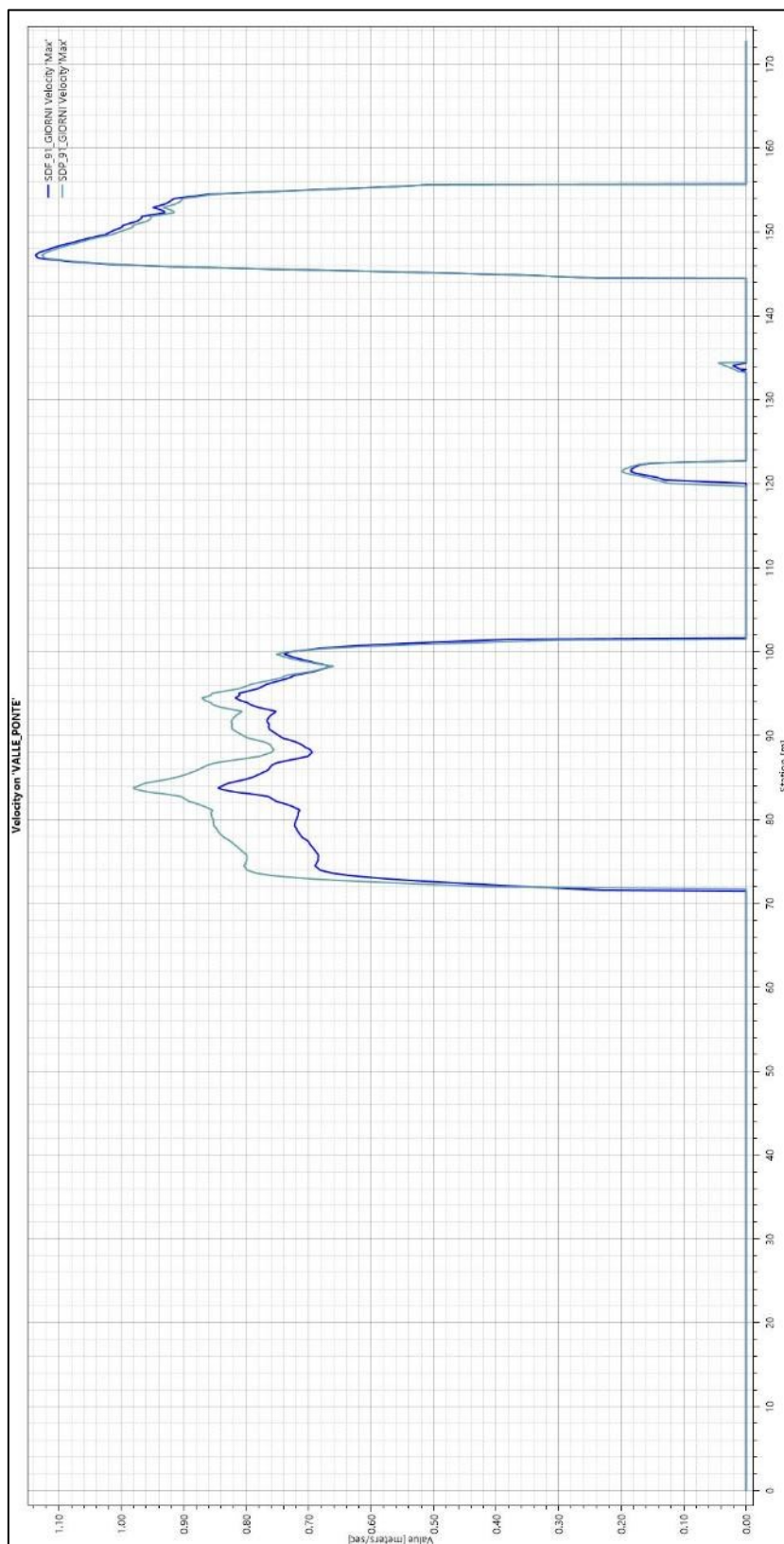


Figura 73: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerante la portata presente in alveo per 91 giorni.



- **Portata storica media 30 giorni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1)**

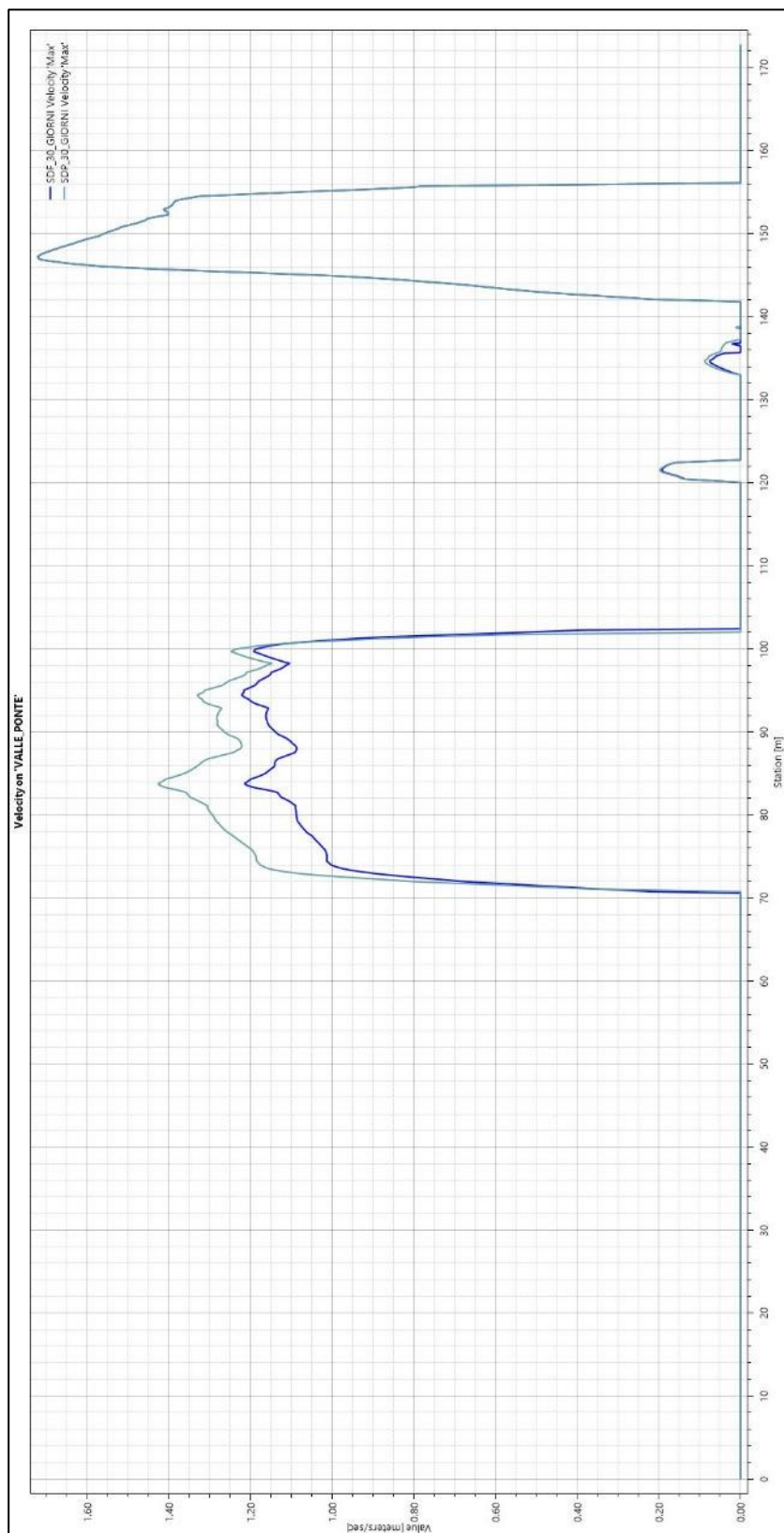


Figura 74: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata presente in alveo per 30 giorni.

- **Portata statistica 20 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno**  
**(Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

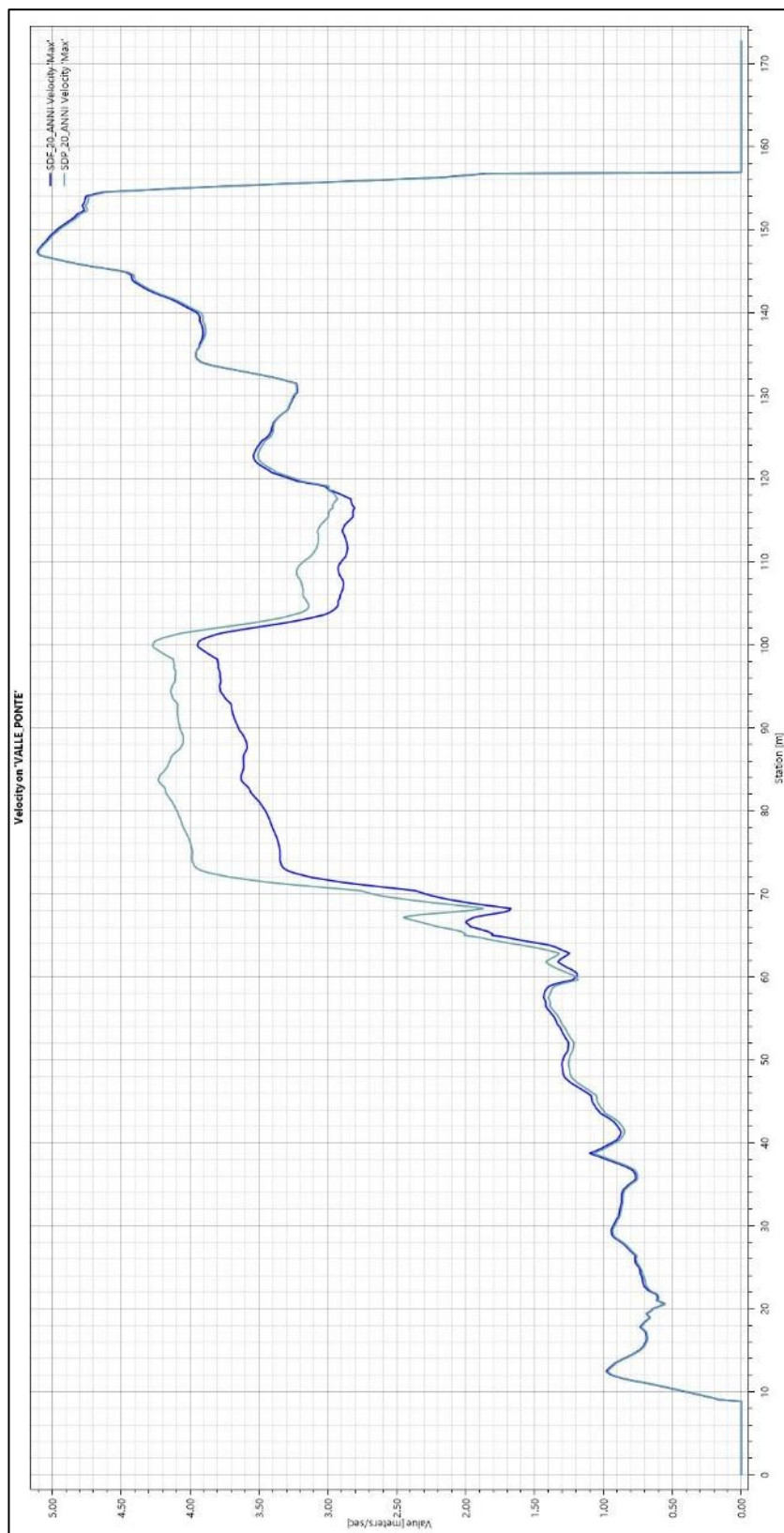


Figura 75: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni.

- **Portata statistica 20 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

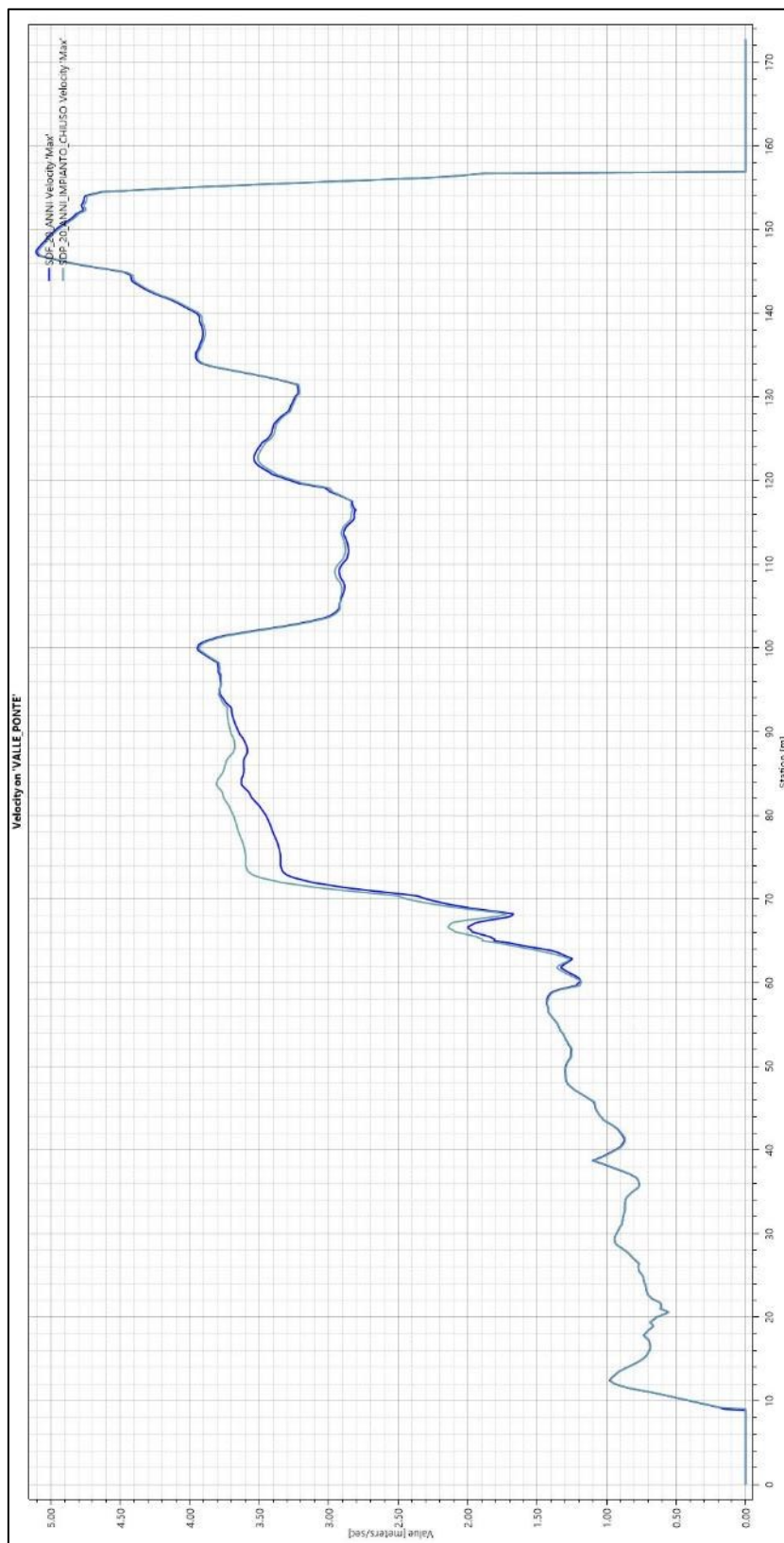


Figura 76: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata statistica di tempo di ritorno pari a 20 anni – Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) chiuse..



- **Portata statistica 200 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE APERTE**

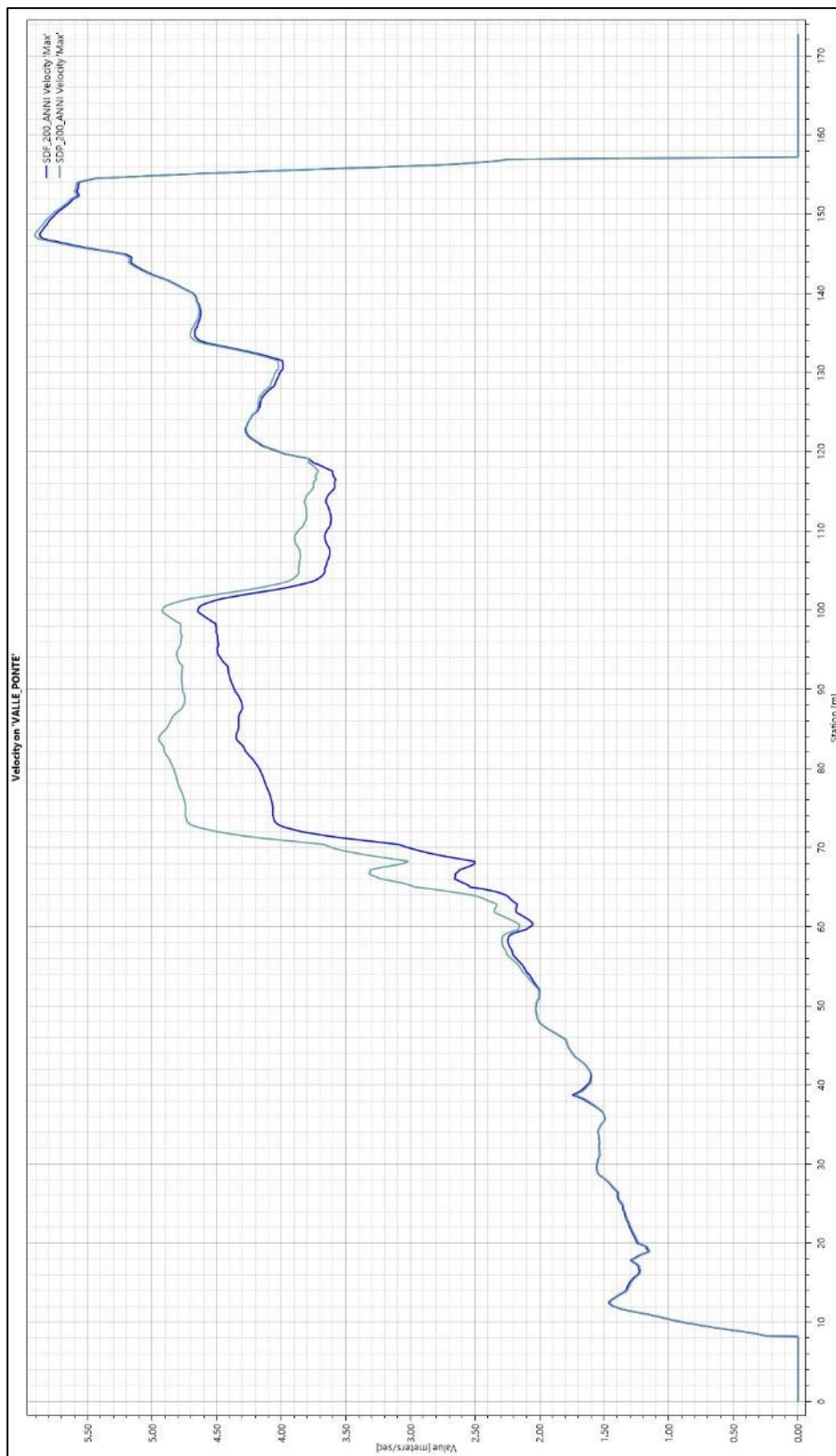


Figura 77: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni – Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) aperte..

- **Portata statistica 200 anni – Sezione immediatamente a valle del ponte di Cedogno (Sezione 1) – PARATOIE DI MONTE CHIUSE**

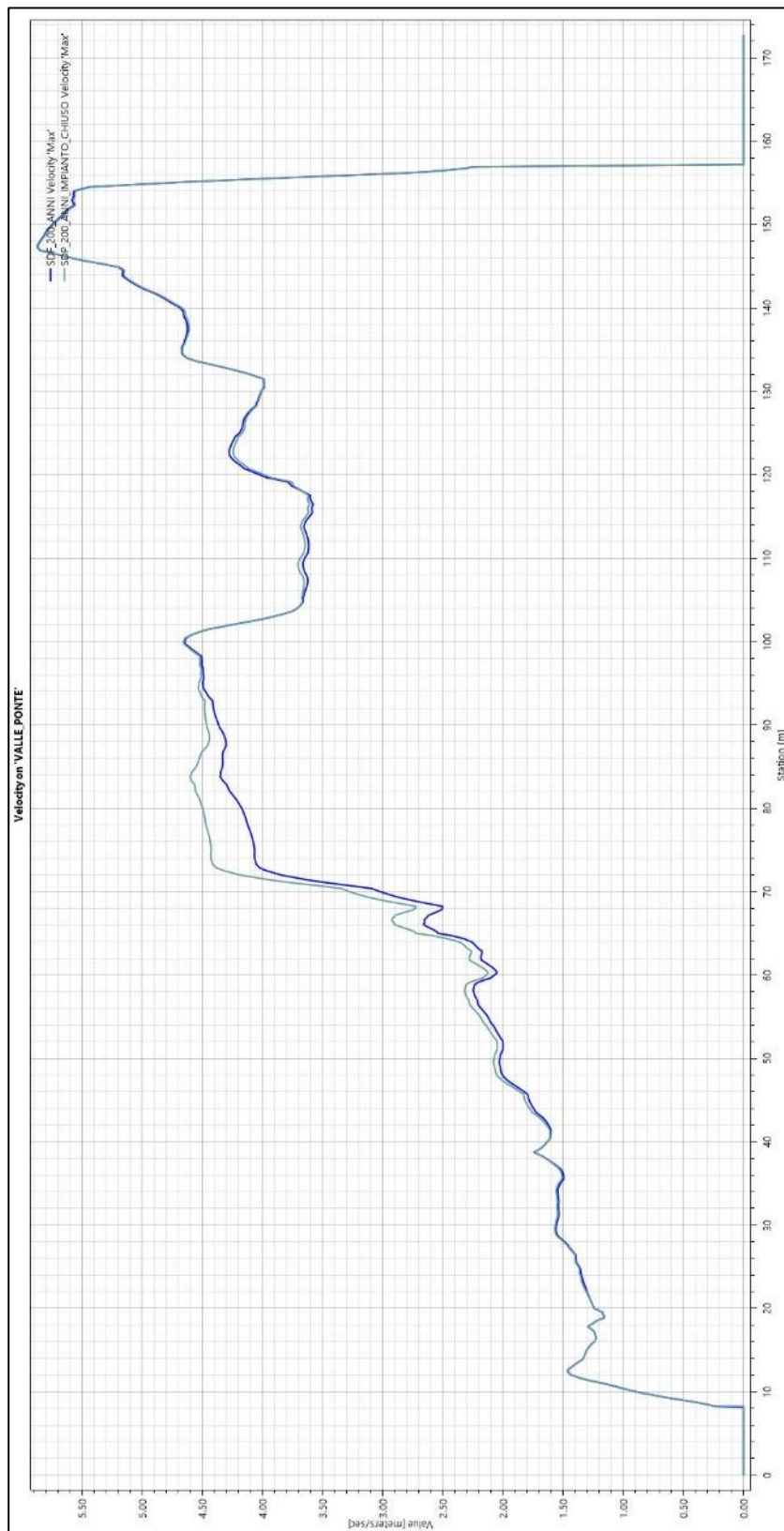


Figura 78: Confronto tra stato di fatto & stato di progetto: andamento delle velocità in corrispondenza della sezione trasversale della briglia, per la simulazione idraulica considerando la portata statistica di tempo di ritorno pari a 200 anni – Paratoie a monte dell'impianto (in corrispondenza della briglia) chiuse.