

**INTERVENTI PREVISTI DAL PROGRAMMA DI ATTUAZIONE DEL PNRR  
MISSIONE 2, COMPONENTE 4, INVESTIMENTO 3.3 "RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO"  
FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – NEXTGENERATIONEU**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA**

**INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER  
ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)**

CODICE ELABORATO:

**PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A**

TITOLO ELABORATO:

**Relazione idraulica**

SCALA	COMMESSA	WBS			CODICE		REVISIONE
-	16299	Fase	Scheda	Opera	Argomento	Tipo. Elab.	Progressivo
		PF	027	IDR	ID	RT	001
							A

**PROGETTAZIONE**

Raggruppamento temporaneo di professionisti

Mandataria



Mandanti



**STAZIONE APPALTANTE**

**Agenzia Interregionale  
per il Fiume Po**  
Strada G. Garibaldi n.75  
43121 Parma (PR)

**Responsabile Unico  
del Procedimento**  
Ing. Mirella Vergnani

**Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche**

Ing. Stefano Luca Possati

**Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione**

Ing. Andrea Piacenti

**Responsabile  
dell'elaborato**

Ing. Rudi Bertagnolli – ingena  
Ing. Federico De Piccoli – ingena

A	07/08/2023	Prima emissione	FC	FDP	S.L.Possati
REV	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

**PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO**

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

**INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER****ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)***Codice elaborato:* **PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A***Titolo elaborato:* **Relazione idraulica**

pag. 1 / 44

<b>PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO</b>	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
<b>INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER</b>	
<b>ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)</b>	
<i>Codice elaborato:</i>	<b>PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A</b>
<i>Titolo elaborato:</i>	<b>Relazione idraulica</b>

pag. 2 / 44

## Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO .....	5
3	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO.....	7
3.1	Costruzione del modello .....	7
3.2	Calibrazione del modello.....	9
3.2.1	Evento novembre 2014.....	10
3.2.2	Evento novembre 2016.....	12
3.2.3	Evento novembre 2019.....	15
3.2.4	Scabrezze.....	17
4	ANALISI DELLO STATO DI FATTO .....	19
5	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	23
5.1	Scelte progettuali .....	23
5.2	Interventi previsti.....	25
5.2.1	Adeguamento del pennello .....	25
5.2.2	Canale .....	27
5.2.3	Scogliera.....	28
5.2.4	Adeguamento argine golenale .....	29
6	ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO .....	30
7	MODIFICHE IDRAULICHE A SEGUITO DEGLI INTERVENTI .....	33
8	ANALISI MORFOLOGICA .....	37
9	Allegati.....	40
Allegato A	Fusi granulometrici campioni.....	41

**PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO**

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

**INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER**

**ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)**

*Codice elaborato:* **PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A**

*Titolo elaborato:* **Relazione idraulica**

pag. 3 / 44

<b>PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO</b>	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
<b>INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER</b>	
<b>ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)</b>	
<i>Codice elaborato:</i>	<b>PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A</b>
<i>Titolo elaborato:</i>	<b>Relazione idraulica</b>
pag. 4 / 44	

## 1           **PREMESSA**

La presente relazione fa riferimento all'intervento 27 previsto all'interno degli interventi finanziati con il programma di attuazione della Misura 2, Componente 4 – Tutela del territorio e della risorsa idrica – ed ha l'obiettivo di affrontare una serie di carenze che si protraggono da tempo in materia di gestione delle risorse idriche e dei rischi idrogeologici, nonché di adottare una serie di misure volte a preservare la biodiversità.

L'intervento, concettualmente definito nella *Scheda di intervento n°27 - INTERVENTO km 406* e ubicato nei comuni di Motta Baluffi, Torricella del Pizzo (CR) e Roccabianca (PR), prevede la riduzione dell'artificialità dell'alveo attraverso l'adeguamento di un'opera di difesa spondale posta in sinistra idraulica, progr. km 405. La lunghezza complessiva del tratto di pennello su cui si prevede di intervenire è pari a circa 320 m.

L'obiettivo specifico dell'intervento è l'incremento della funzionalità ecologica attraverso la riqualificazione di aree umide, l'ampliamento delle superfici forestali e il contrasto alla diffusione delle specie vegetazionali alloctone.

## 2 INQUADRAMENTO

L'intervento relativo alla scheda 27 si colloca nel territorio del Comune di Motta Baluffi (CR), Torricella del Pizzo (CR) e Roccabianca (PR), subito a monte della confluenza Po – Taro. In quest'area il corso del Po risulta unicursale, in relazione alla pregressa regimazione attuata, con sinuosità molto scarsa.



*Figura 1 - Inquadramento dell'area di intervento della scheda 27. In rosse è evidenziata l'area di intervento secondo Piano d'Azione.*

La relazione idraulica oggetto del presente elaborato riguarda l'area situata al confine tra Regione Lombardia e Regione Emilia-Romagna (rappresentata in Figura 2), ove sono situati gli interventi di natura idraulica previsti per questa scheda. All'interno di quest'area è infatti presente una lanca che risulta attualmente chiusa dal pennello presente in sinistra idraulica presso la progressiva chilometrica 405 del fiume. La presenza di tale opera costringe il Po, durante i periodi di magra, ad aggirare l'area seguendo l'alveo di magra, che, come visibile in Figura 2, in questa zona forma un'ansa che si sviluppa verso meridione.

Gli interventi previsti dal presente progetto hanno quindi come obiettivo quello di diminuire l'artificialità dell'alveo tramite l'abbassamento della quota di sommità del pennello presente, di modo da aumentare la frequenza con cui l'acqua allaga la lanca e le aree golenali circostanti.



*Figura 2 – L'area di intervento della Linea M, situata nel territorio comunale di Torricella del Pizzo (CR). In rosso è localizzato il pennello oggetto di intervento.*

<b>PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO</b>	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
<b>INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER</b>	
<b>ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)</b>	
<i>Codice elaborato:</i>	<b>PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A</b>
<i>Titolo elaborato:</i>	<b>Relazione idraulica</b>
pag. 7 / 44	

### 3 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

Il modello è stato realizzato con il codice di calcolo HEC-RAS 4.1<sup>1</sup> nella sua versione bidimensionale.

#### 3.1 Costruzione del modello

Il dominio di calcolo è stato esteso dalla chilometrica 390, in corrispondenza di Polesine Parmense alla chilometrica 448 in corrispondenza dell'attraversamento della SP 35 (Reggio Emilia) SP 57 bis (Mantova), poco a valle della confluenza del torrente Crostolo. All'interno del modello, oltre all'intervento oggetto della presente relazione, sono presenti diversi altri interventi previsti dal programma di attuazione del PNRR "Rinaturazione dell'area di Po".

Come base topografica per il modello è stato utilizzato il DTM a 1 m realizzato dall'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, già integrato con la batimetria d'alveo.

Nel tratto considerato il dominio di calcolo è stato esteso all'alveo, alle golene aperte e alle golene chiuse, Figura 3.

Il dominio di calcolo è stato inizialmente suddiviso con una griglia di calcolo di 100x100 m, successivamente le celle di calcolo in corrispondenza dell'alveo sono state allineate con la direzione principale del flusso schematizzando l'alveo trasversalmente con 6-7 celle (come suggerito dall'HEC). Sono stati ulteriormente dettagliati i pennelli e le zone di intervento, Figura 4.

<sup>1</sup> <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>



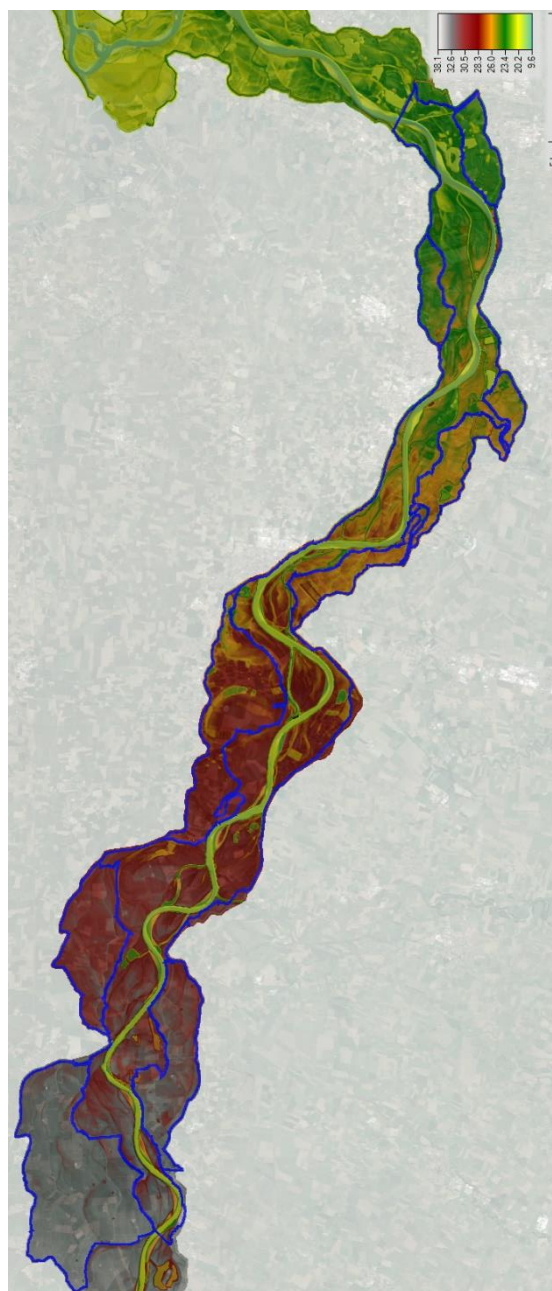


Figura 3 – In blu il dominio di calcolo su DTM

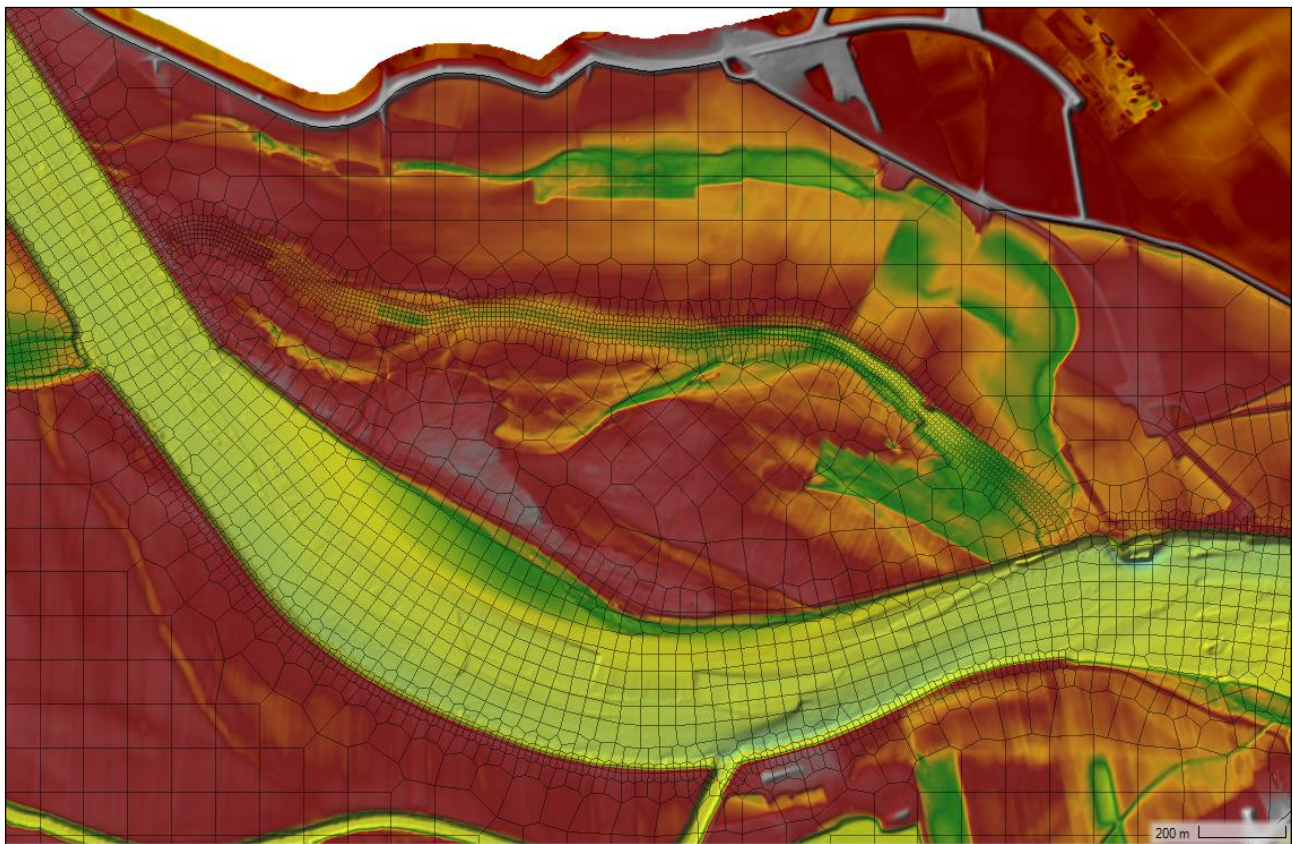


Figura 4 – Definizione della mesh di calcolo in corrispondenza dell'intervento della scheda 33.

### 3.2 Calibrazione del modello

Il modello è stato calibrato sugli eventi: novembre 2014, novembre 2016 e novembre 2019. Come condizione di monte sono stati utilizzati gli idrogrammi registrati all'idrometro di Cremona traslati temporalmente di 5 ore per considerare il tempo di traslazione delle piene tra l'idrometro e l'inizio del modello. Sono stati considerati trascurabili gli apporti di Arda e Ongina e la laminazione nel tratto dall'idrometro all'inizio del modello. Degli affluenti compresi nel tratto discretizzato è stato considerato solamente l'apporto del Taro, che risulta, per gli eventi considerati, l'unico apprezzabile. La portata del Taro è stata ottenuta dai risultati della calibrazione dei modelli della catena HEC del modello di previsione delle piene FEWS di AIPo. Come condizione al contorno di valle è stata imposta una scala di deflusso ottenuta dal modello HEC-RAS monodimensionale sempre del modello FEWS. Da sottolineare che la scala di deflusso definisce una relazione biunivoca tra portate e livelli, ma in questo tratto di Po l'effetto del cappio di piena è già riscontrabile. La calibrazione è avvenuta rispetto agli idrometri di: Isola Pescaroli (non presente nel 2014), Casalmaggiore e Boretto, Figura 5.



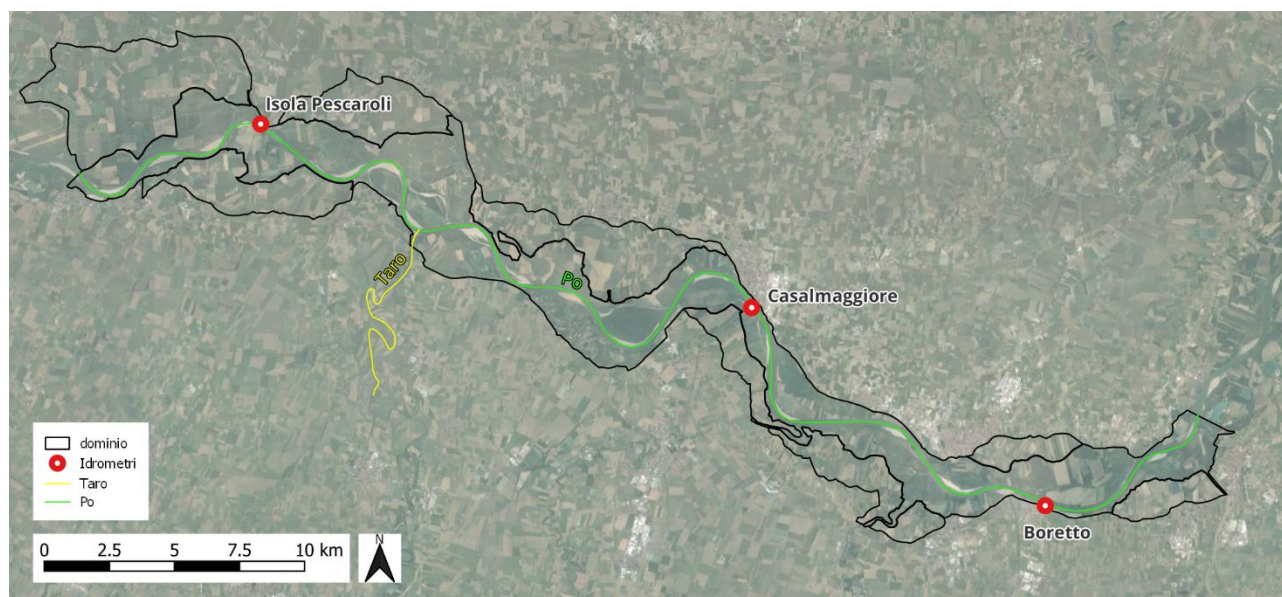


Figura 5 – Posizione degli idrometri all'interno del dominio di calcolo

### 3.2.1 Evento novembre 2014

Nel novembre 2014 si sono susseguite 3 piene con colmi tra i 4500 e gli 8500 m<sup>3</sup>/s, Figura 6.

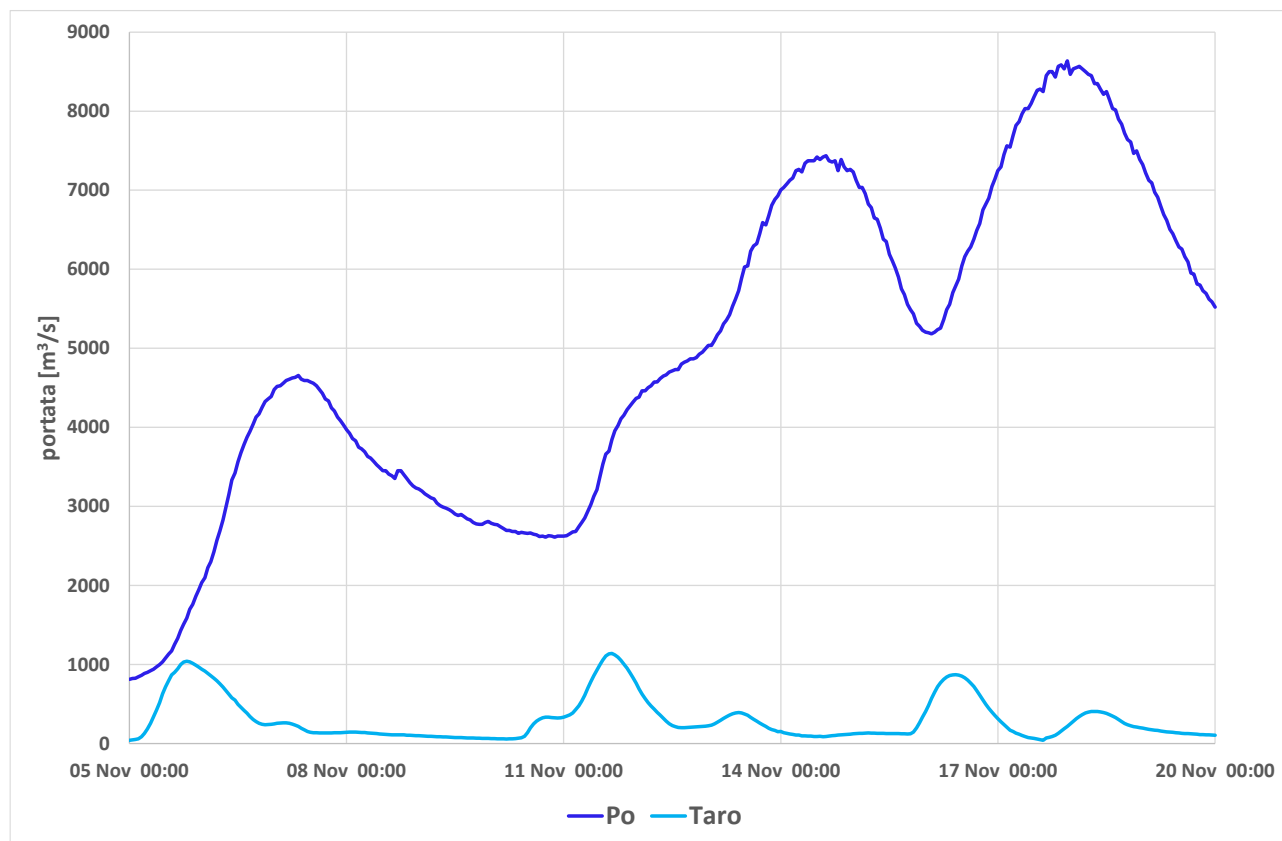


Figura 6 – Portate di input considerate per l'evento novembre 2014

I livelli calcolati a Casalmaggiore hanno una buona corrispondenza con quelli misurati, con un errore sul primo colmo dell'ordine dei 20 cm, ma con buon accordo nel secondo e terzo picco. Anche le fasi di crescita e decrescita degli idrogrammi sono ben rappresentate, Figura 7.

All'idrometro di Boretto, Figura 8, si ha una sottostima di circa 80 cm sul secondo e terzo colmo. I livelli all'idrometro di Boretto risentono ancora dell'influenza della condizione al contorno di valle, che, come precedentemente accennato, non è del tutto corretta non essendo in grado di rappresentare il cappio di piena. Il fatto di avere 3 piene successive probabilmente amplifica questo effetto. Si è scelto di non aumentare la scabrezza in alveo per ottenere un miglior risultato a Boretto sia perché per gli altri 2 eventi analizzati il confronto risulta soddisfacente, sia per non imporre valori di scabrezza al di fuori dei range usuali per l'alveo di Po.

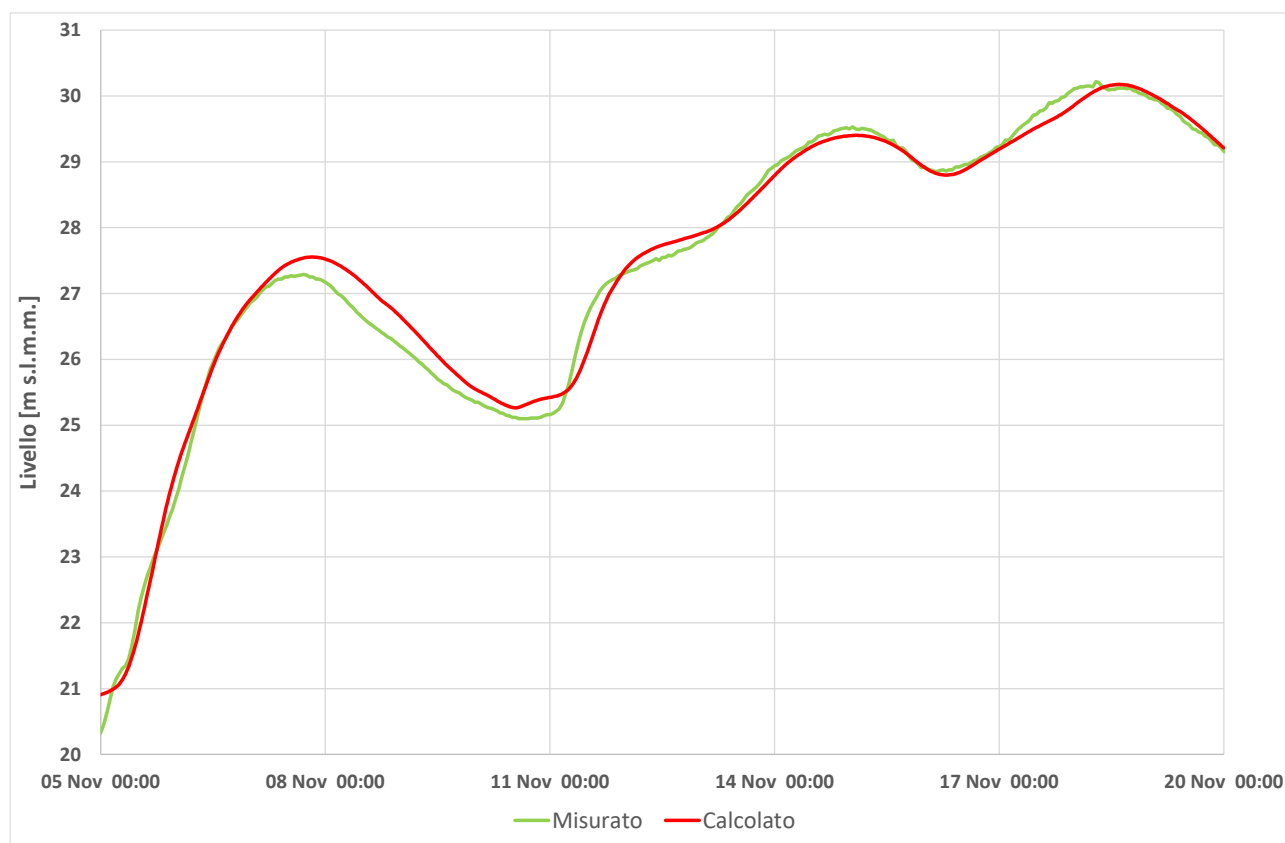


Figura 7 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento novembre 2014

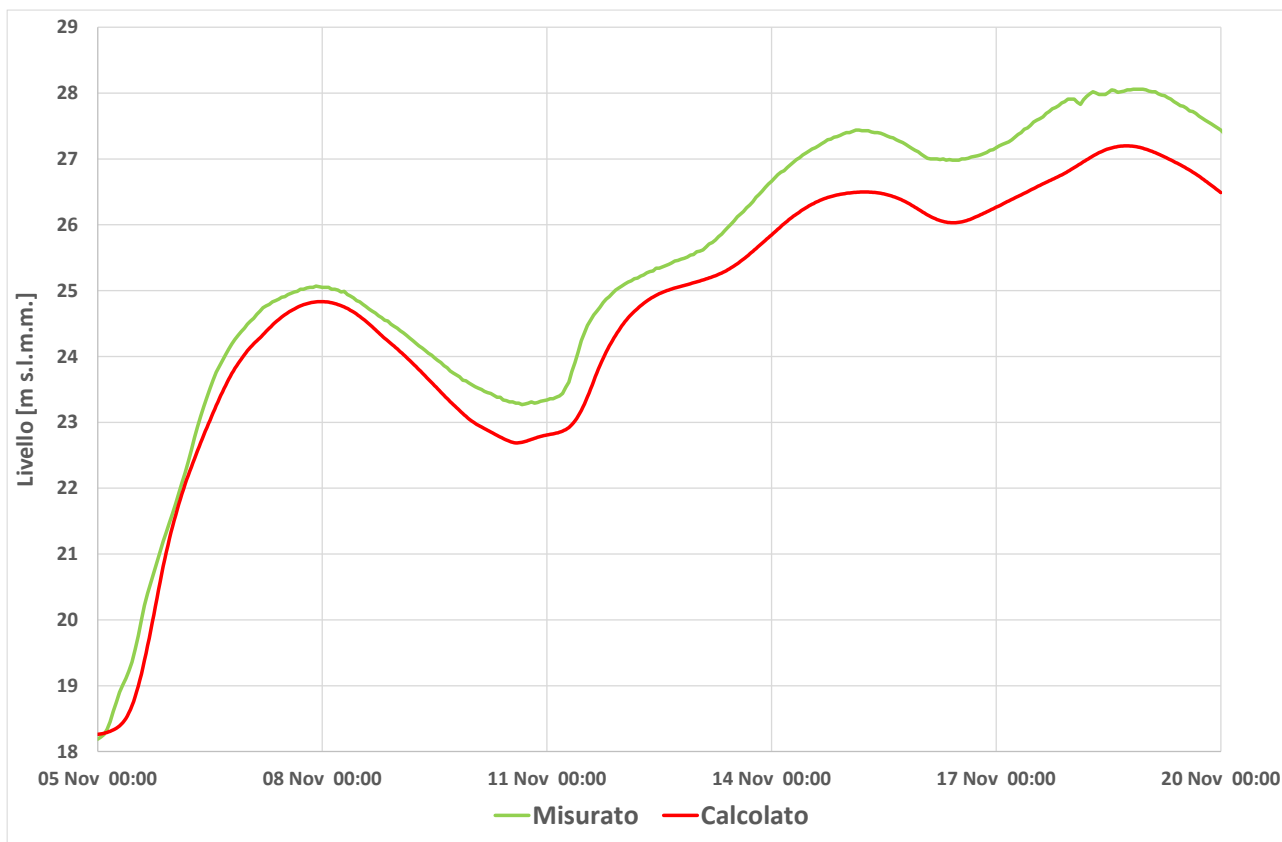


Figura 8 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Boretto per l'evento novembre 2014

### 3.2.2 Evento novembre 2016

La piena del novembre 2016 ha avuto un colmo di circa 7000 m<sup>3</sup>/s a Cremona, Figura 9.

L'idrogramma dei livelli calcolati all'idrometro di Isola Pescaroli è in ottimo accordo con quello misurato, tranne che per la tempistica, risulta costantemente in ritardo tutto l'idrogramma calcolato, Figura 10. Probabilmente per questo evento lo shift temporale di 5 ore applicato all'idrogramma di Cremona è esagerato.

All'idrometro di Casalmaggiore l'idrogramma dei livelli risulta ancora parzialmente in ritardo con una sottostima del valore di colmo di circa 25 cm, Figura 11.

L'idrogramma dei livelli calcolati a Boretto risulta quasi identico a quello dei livelli misurati, ma si osserva ancora un lieve ritardo dell'idrogramma calcolato, Figura 12.

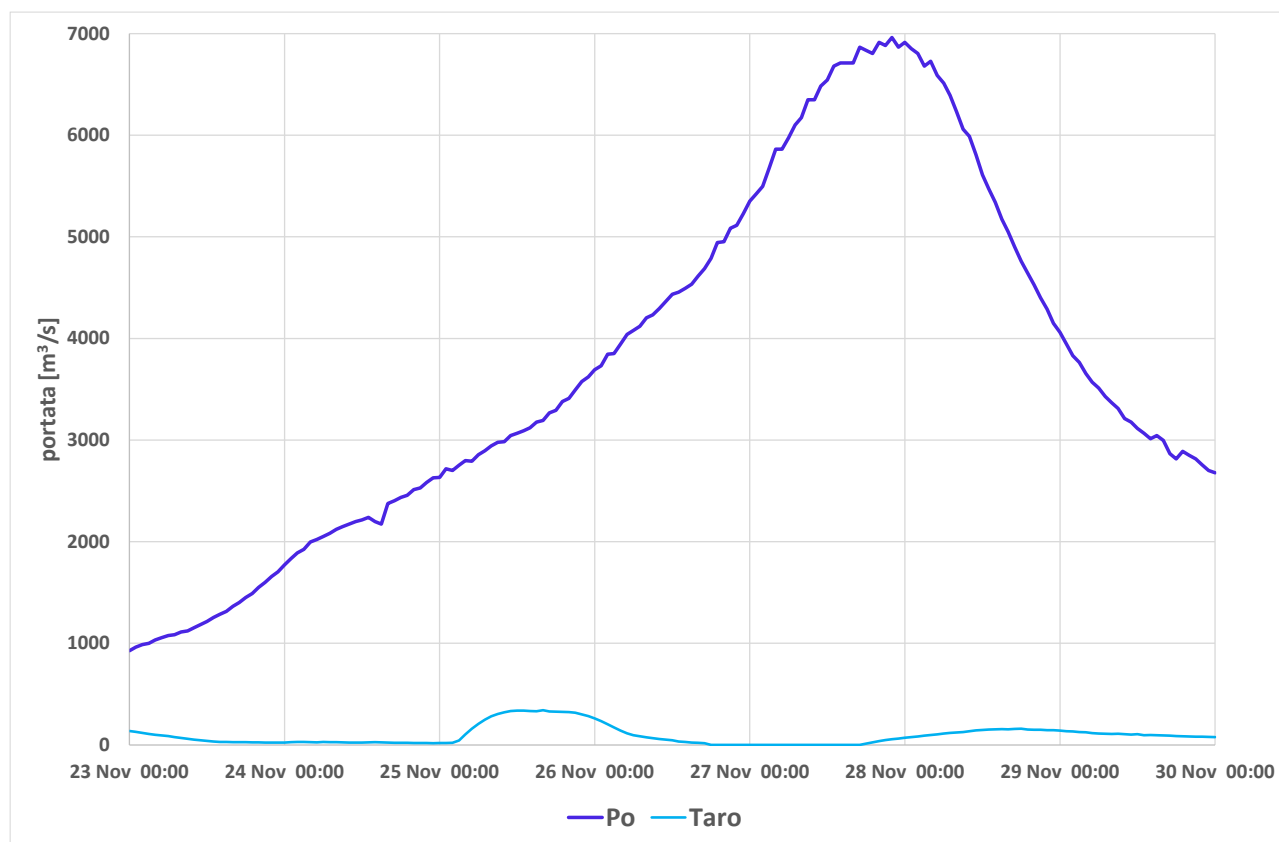


Figura 9 – Portate di input considerate per l'evento novembre 2016

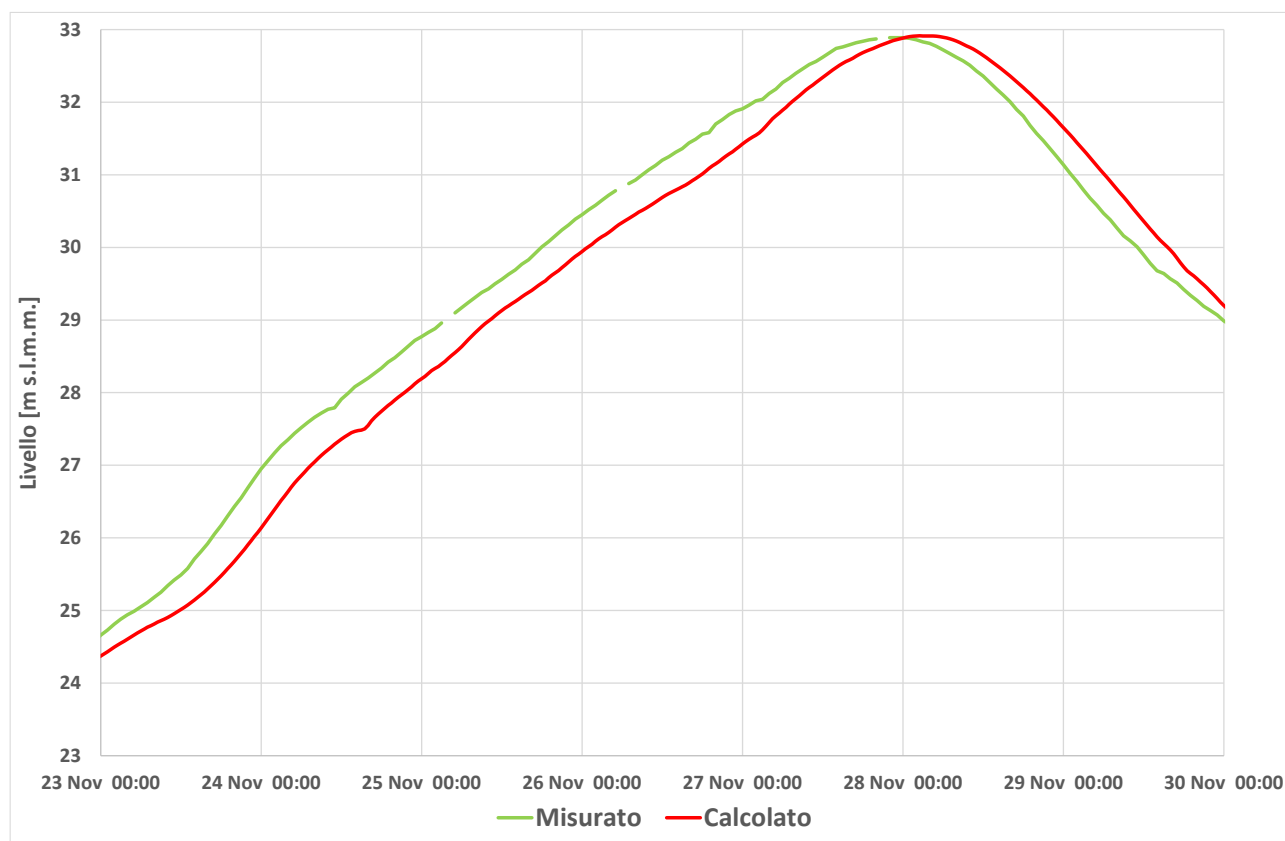


Figura 10 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento novembre 2016

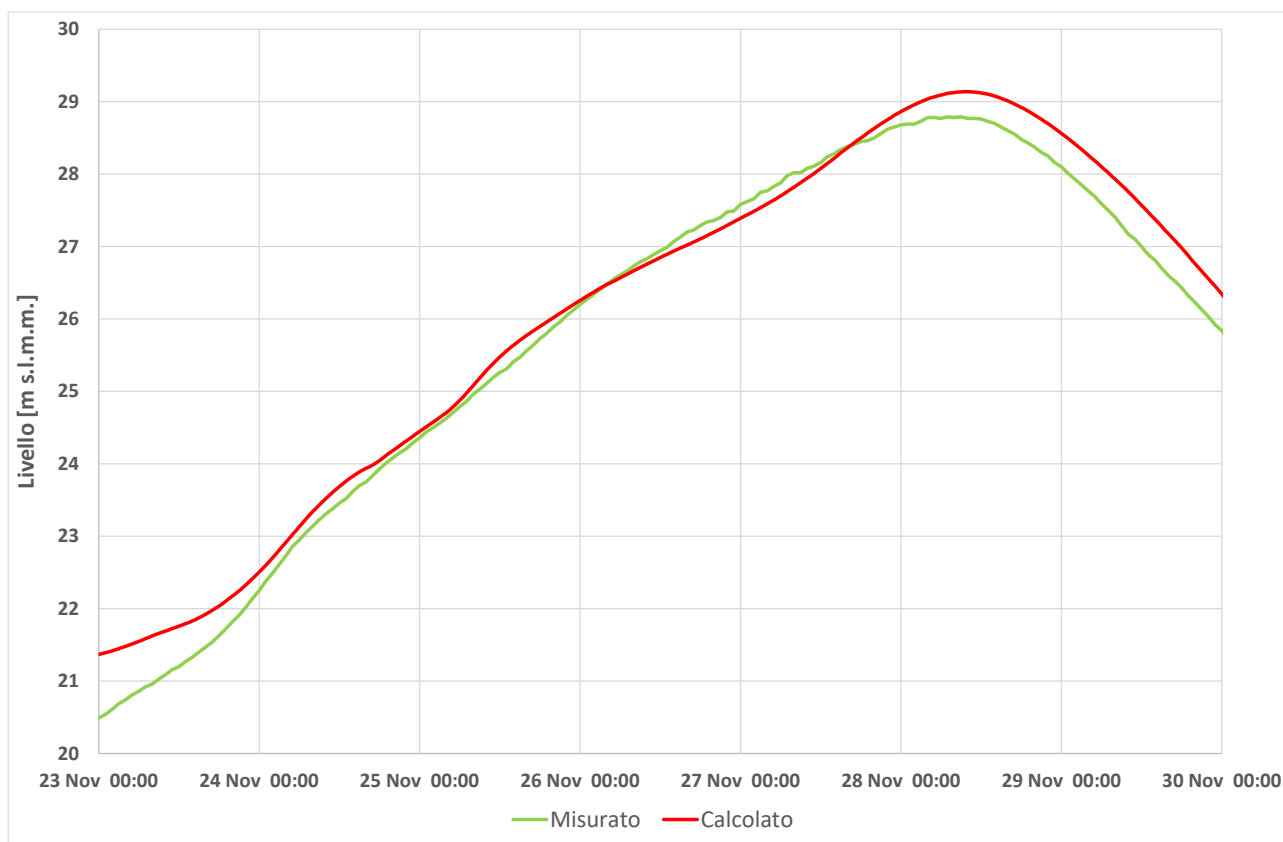


Figura 11 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento novembre 2016

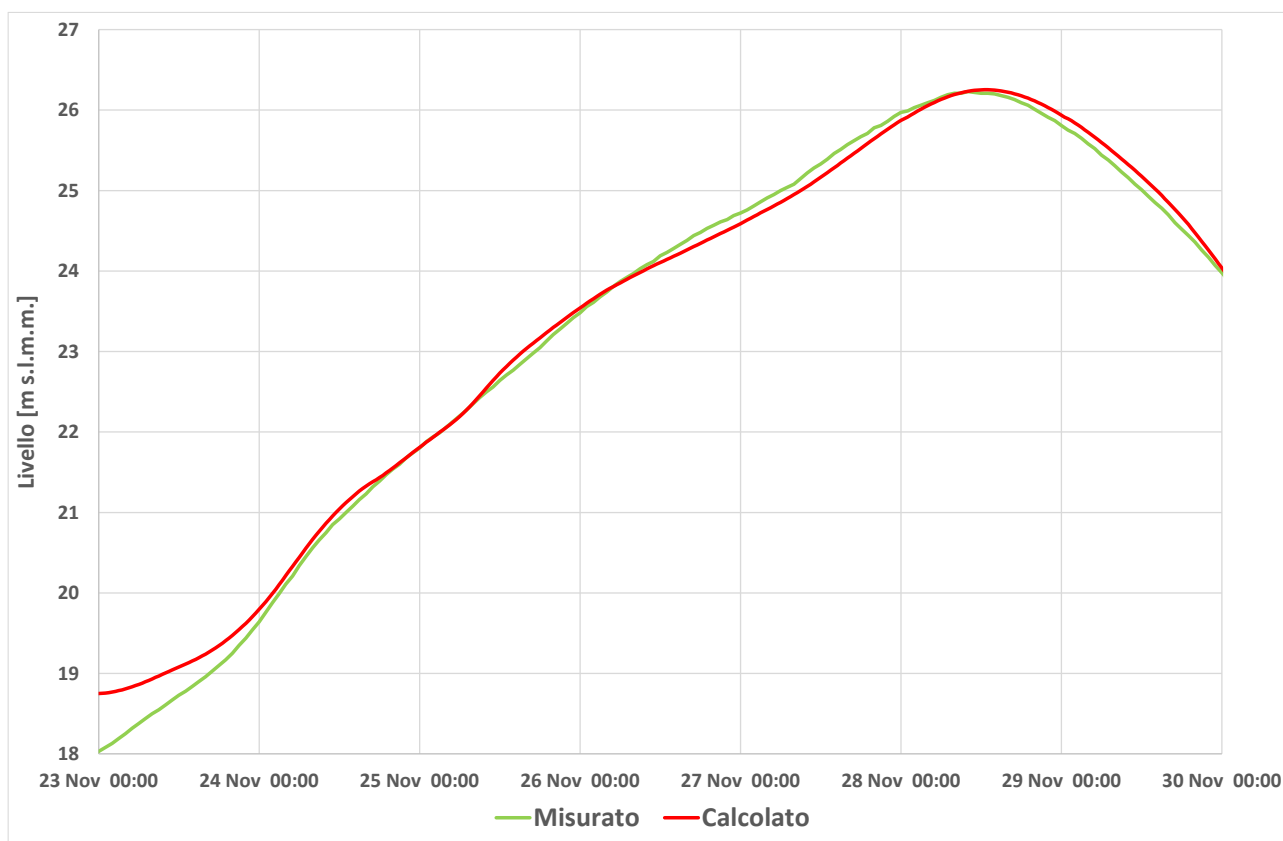


Figura 12 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Boretto per l'evento novembre 2016

### 3.2.3 Evento novembre 2019

L'evento del novembre 2019 presenta 2 picchi, il primo a 4000 m<sup>3</sup>/s ed il secondo a circa 9000 m<sup>3</sup>/s, il maggiore tra quelli considerati.

All'idrometro di Isola Pescaroli si ha una buona corrispondenza tra livelli misurati e calcolati, con una sottostima di circa 20 cm sul primo picco e di circa 10 cm sul picco maggiore, Figura 14.

A Casalmaggiore i valori al colmo sono presi con precisione anche se con leggero ritardo, Figura 15.

A Boretto si ha una sottostima di circa 20 cm sul primo colmo e di circa 40 sul secondo, Figura 16. Come già sottolineato per l'evento del novembre 2014 (cfr. paragrafo 3.2.1) si è preferito non forzare la scabrezza per ottenere risultati migliori, vista anche l'influenza che per questo idrometro ancora ha la condizione al contorno di valle.

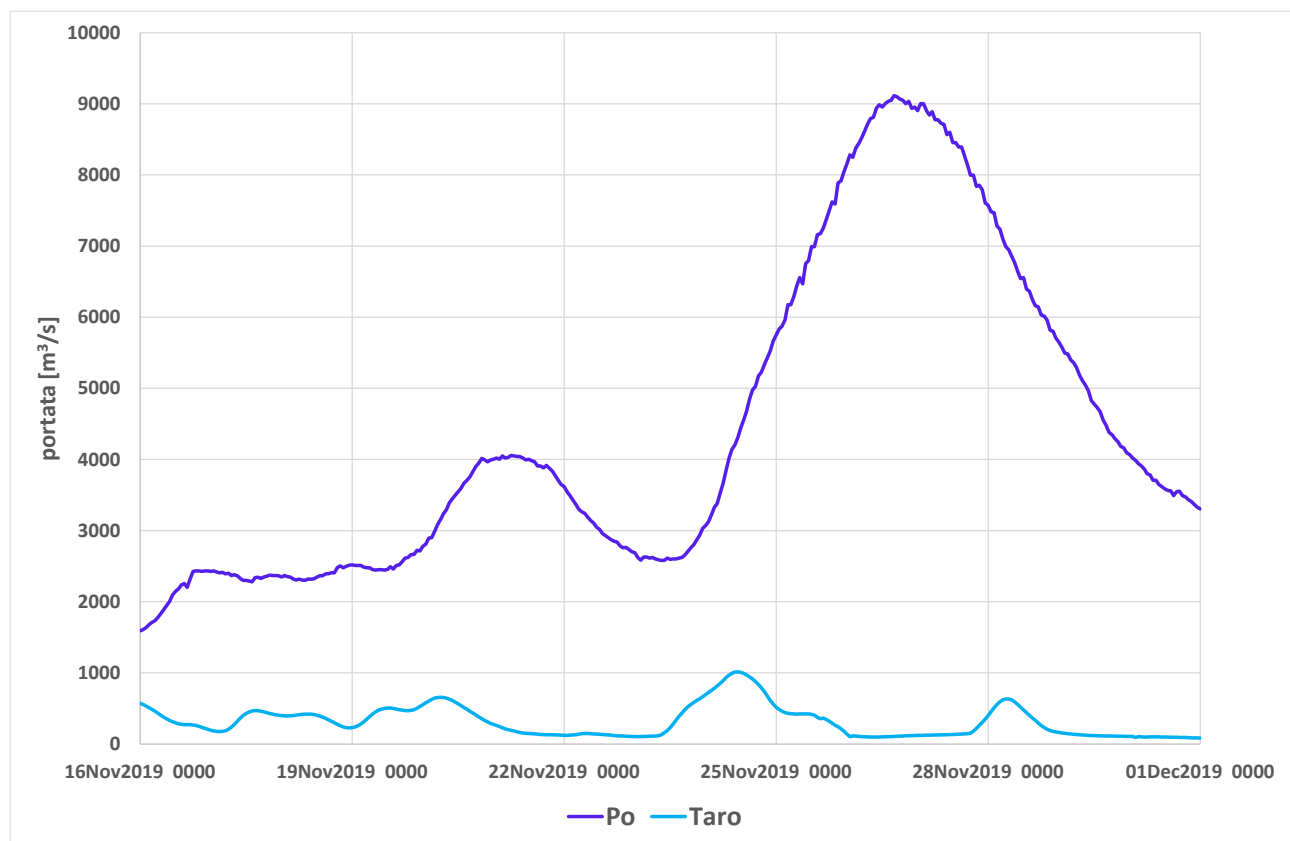


Figura 13 – Portate di input considerate per l'evento novembre 2019



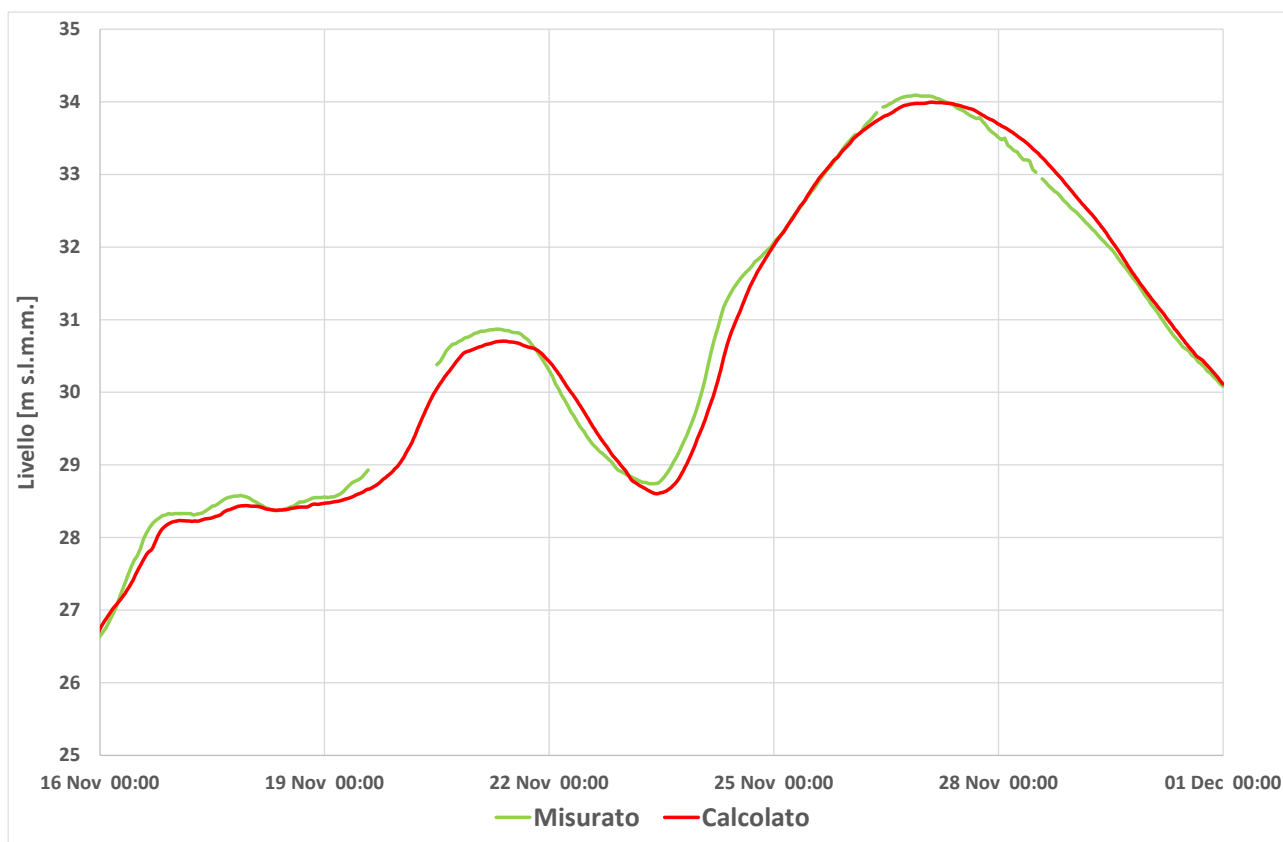


Figura 14 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento novembre 2019

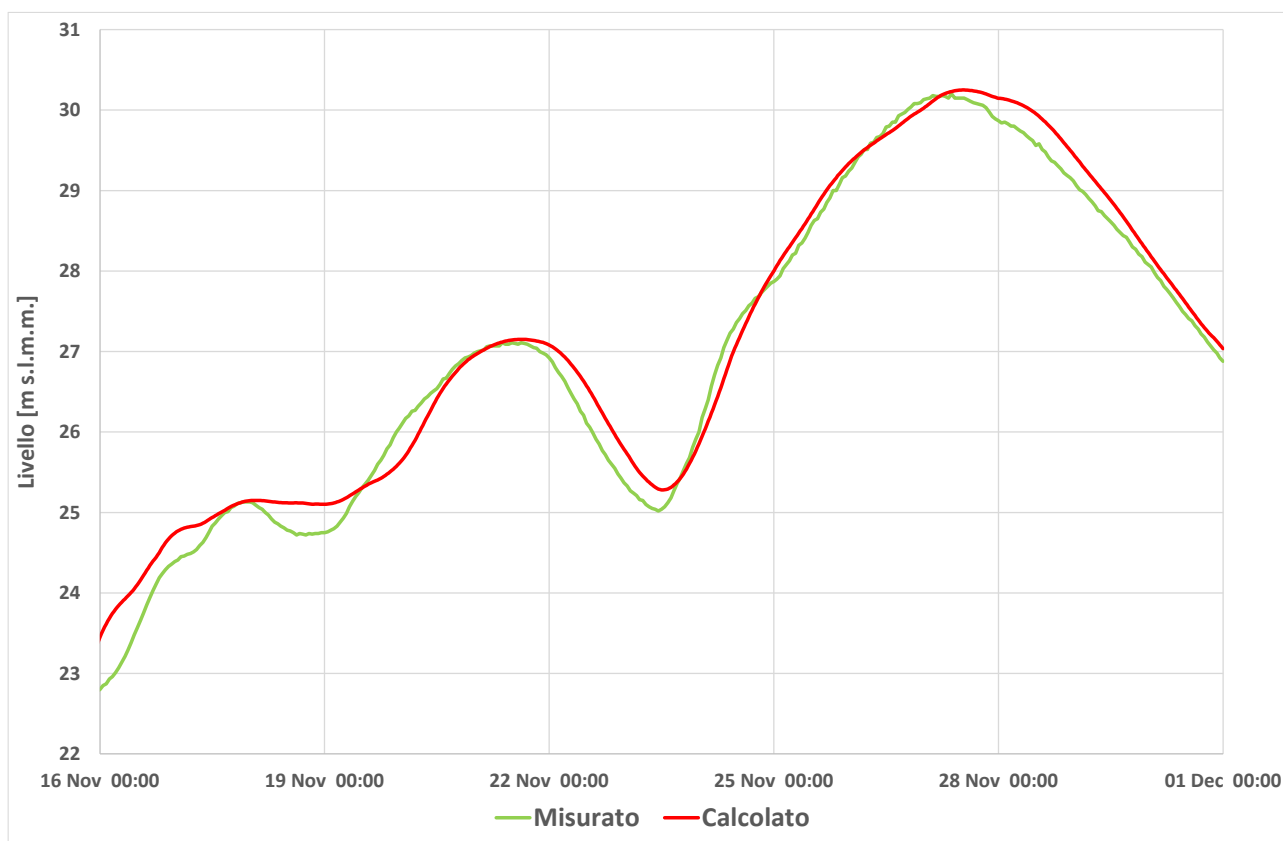


Figura 15 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento novembre 2019

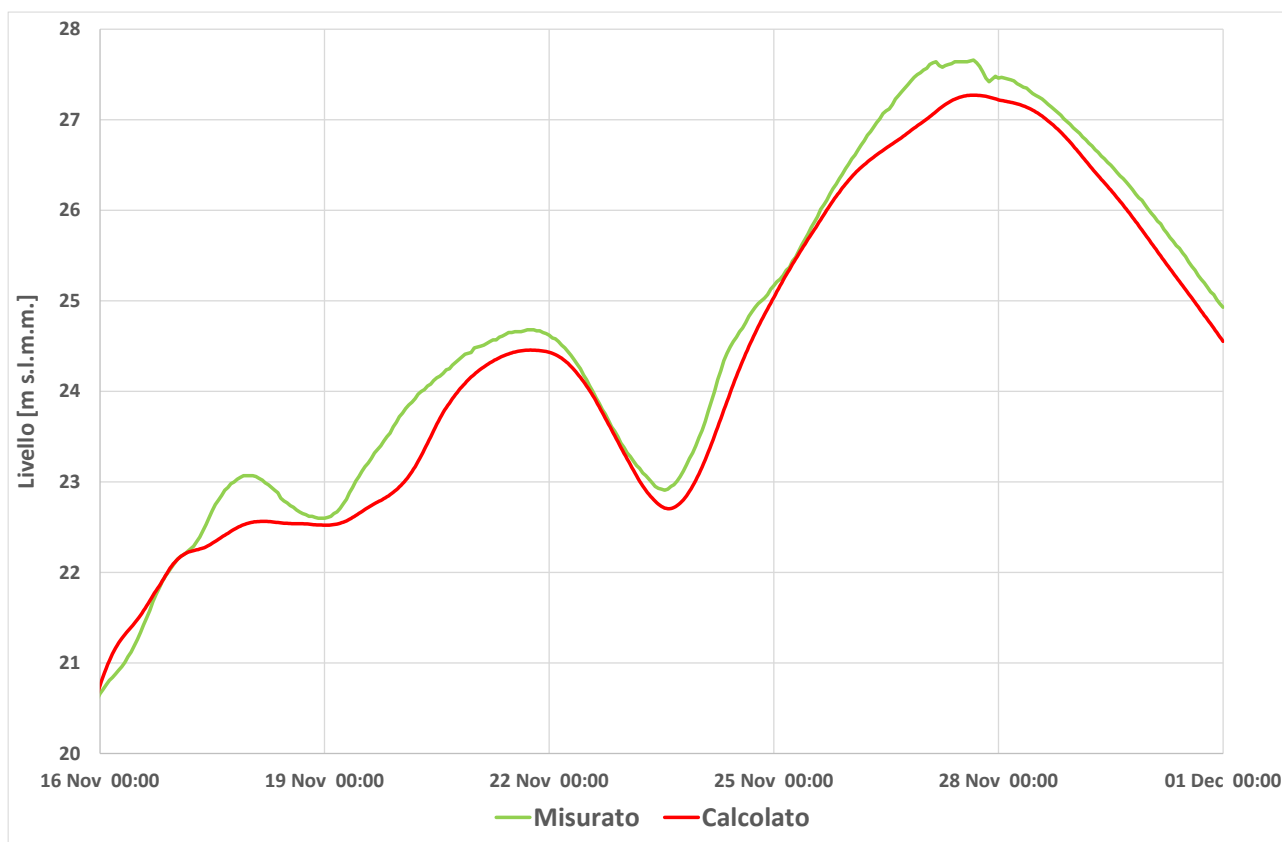


Figura 16 – Confronto livelli misurati e calcolati all'idrometro di Boretto per l'evento novembre 2019

### 3.2.4 Scabrezze

I risultati illustrati nei paragrafi precedenti sono stati ottenuti associando alle coperture del Corine Land Cover<sup>2</sup> valori di scabrezza da letteratura e definendo scabrezze differenziate in alveo nei tratti identificati dagli idrometri presenti nel tratto analizzato, Figura 17. La calibrazione si è focalizzata nella definizione dei parametri in alveo. Nella tabella seguente sono riportati i valori utilizzati.

Tabella 1 – Scabrezze, secondo la notazione di Manning, utilizzate nel modello

Codice Corine	Descrizione	Coefficiente scabrezza [s/m <sup>1/3</sup> ]
111	Edifici - rado	0.013
112	Edifici - denso	0.013
131	Aree estrattive	0.013
141	Aree verdi	0.025
211	Seminativi	0.030
231	Prati	0.035
243	Colture	0.050
311	Boschi	0.100
324	Vegetazione	0.060
331	Dune	0.025

<sup>2</sup> <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/copertura-del-suolo/corine-land-cover>

Codice Corine	Descrizione	Coefficiente scabrezza [s/m <sup>1/3</sup> ]
411	Paludi	0.040
512	Acqua	0.050
511	Alveo 1	0.035
	Alveo 2	0.035
	Alveo 3	0.030
	Alveo 4	0.035

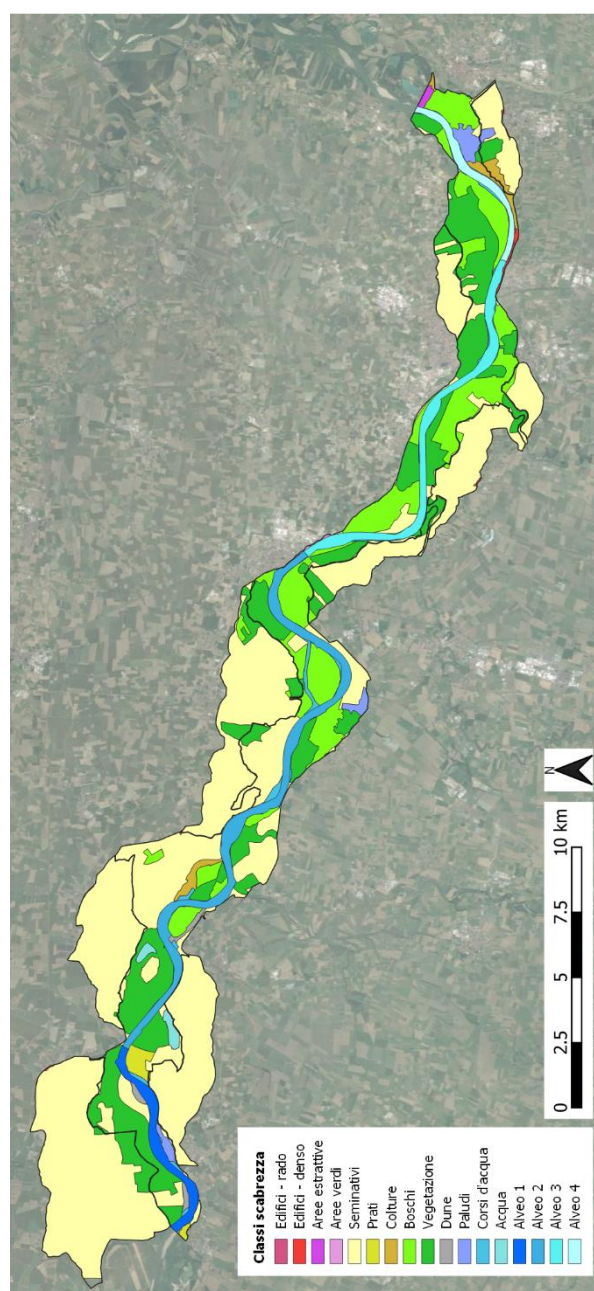


Figura 17 – Distribuzione spaziale delle scabrezze

## 4 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Allo stato di fatto, per portate circa inferiori ai 2900 m<sup>3</sup>/s, il deflusso del fiume Po nell'area di studio risulta condizionato dalla presenza del pennello idraulico presente in sinistra idraulica in corrispondenza della progressiva chilometrica 405 del fiume Po. Sotto tali portate, infatti, il deflusso dell'acqua avviene interamente all'interno dell'alveo di magra, e il pennello agisce da opera arginale, impedendo al fiume di espandersi in direzione della lanca presente in sinistra idraulica. Come si vede dalla Figura 18, nella quale è riportata la curva di durata relativa all'idrometro di Cremona (idrometro di riferimento per la scheda 27), tale valore di portata risulta mediamente superato circa 14 giorni all'anno.

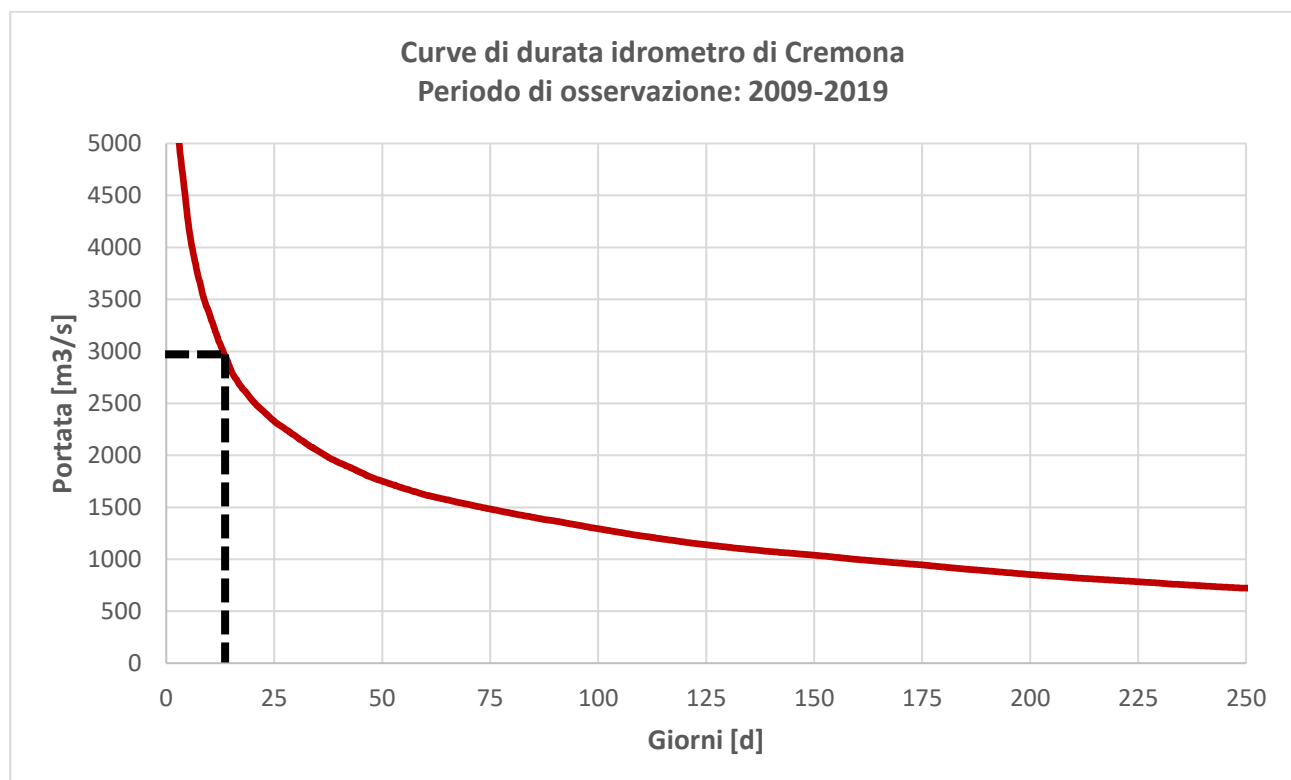
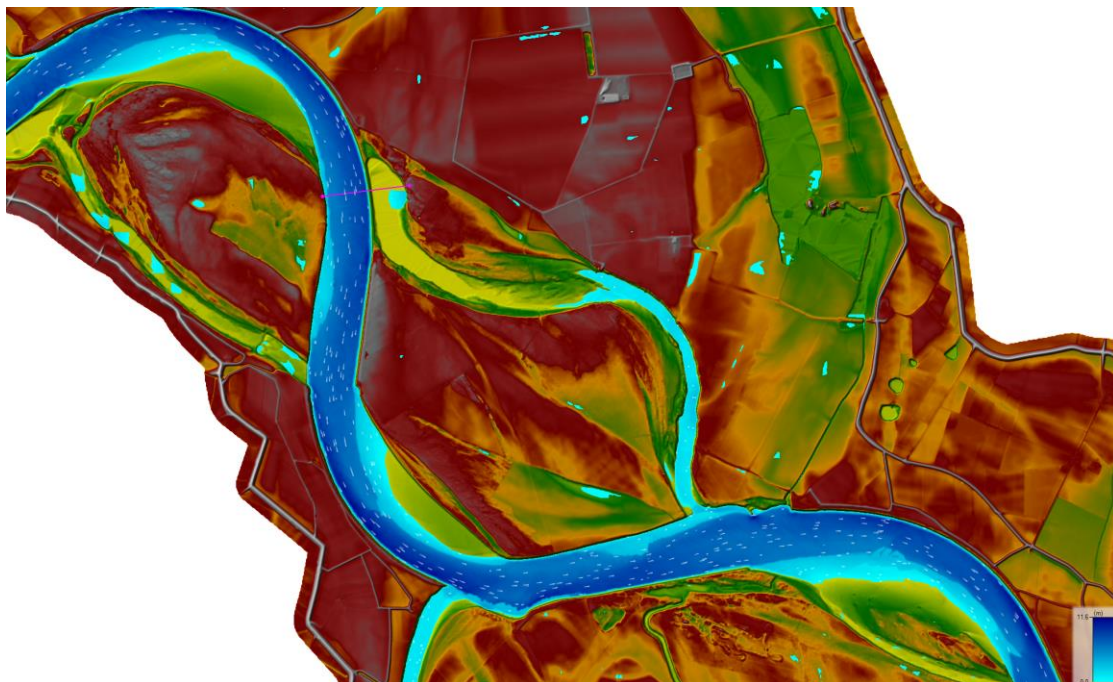


Figura 18 - Curva di durata relativa all'idrometro di Cremona per il periodo di osservazione 2009-2019. In tratteggio è evidenziata la attuale portata di sormonto del pennello.

Di seguito sono riportati i risultati forniti dal modello idraulico per un intervallo di portate che va dai 1150 m<sup>3</sup>/s (valore di sormonto di progetto del pennello) ai 4000 m<sup>3</sup>/s, di modo da analizzare il comportamento dello stato di fatto per portate significative di progetto.



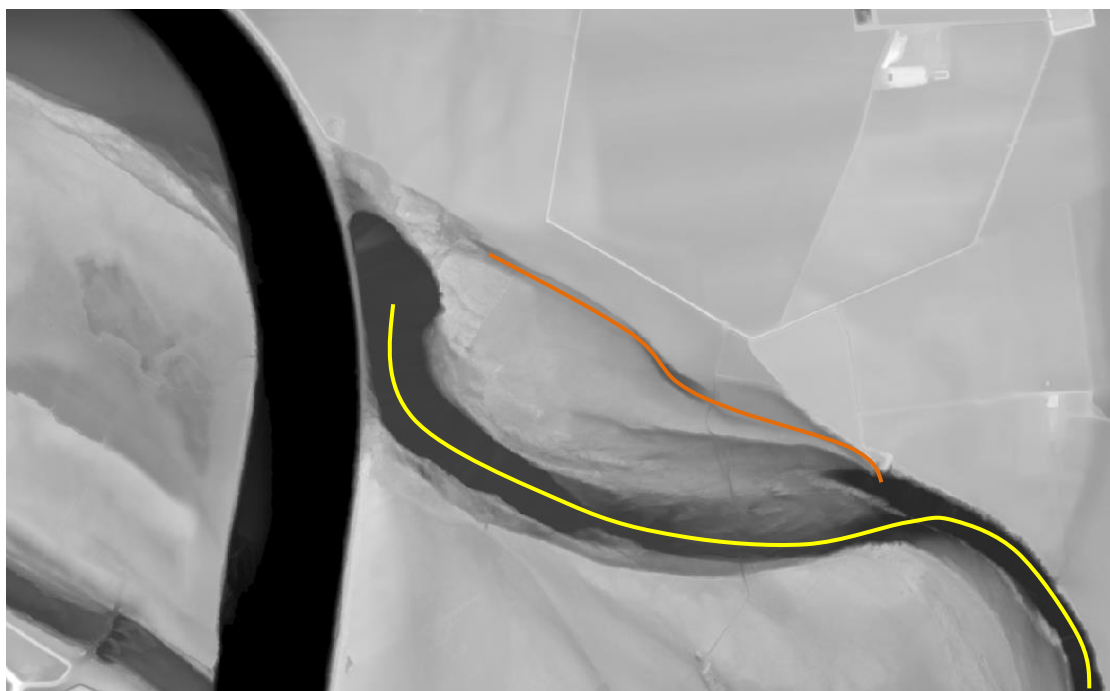
*Figura 19 - Stato di fatto: tirante idraulico per portata di circa 1150 m<sup>3</sup>/s (valore di sormonto di progetto del pennello). Si osserva l'allagamento, per effetto rigurgito, della parte di valle della lanca.*

Come si evince dalla Figura 19, attualmente, per portate circa pari a 1150 m<sup>3</sup>/s, il pennello presente in sinistra idraulica agisce da arginatura nei confronti del deflusso dell'acqua nel fiume Po. Il corso d'acqua segue infatti il tracciato dell'alveo di magra lungo l'ansa, e la lanca risulta interessata dalla presenza di acqua solamente per un effetto rigurgito da valle osservabile già per basse portate (circa 600 m<sup>3</sup>/s).

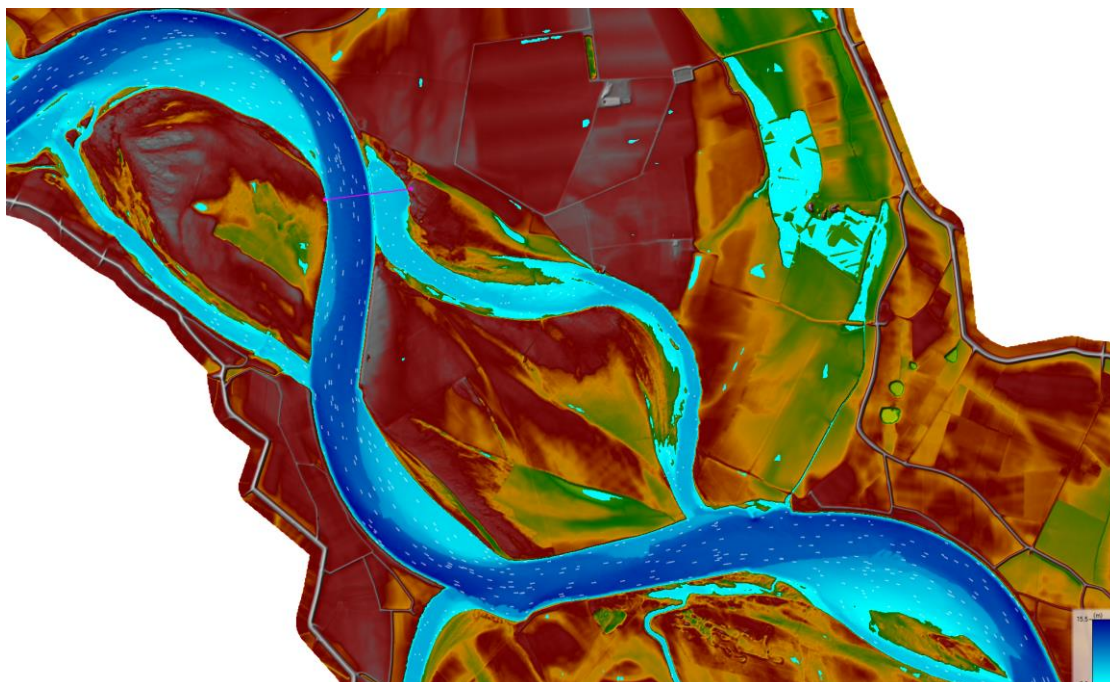
Al crescere della portata aumenta quindi l'estensione della lanca che risulta allagata per effetto rigurgito, fino a che, per portate superiori ai 2900 m<sup>3</sup>/s, quando ormai l'acqua ha già raggiunto la parte retrostante il pennello, si osserva il sormonto dello stesso (Figura 21). In tale situazione si viene quindi a generare un'isola compresa tra l'alveo di magra del fiume e la lanca allagata.

Per portate ancora maggiori, si osserva l'allagamento per effetto rigurgito anche della lanca secondaria (rappresentata in Figura 20). Tale area risulta, in questa configurazione, collegata alla lanca principale solo da valle, in quanto a monte la morfologia del terreno non consente il sormonto e, quindi, l'allagamento completo della lanca (Figura 22).

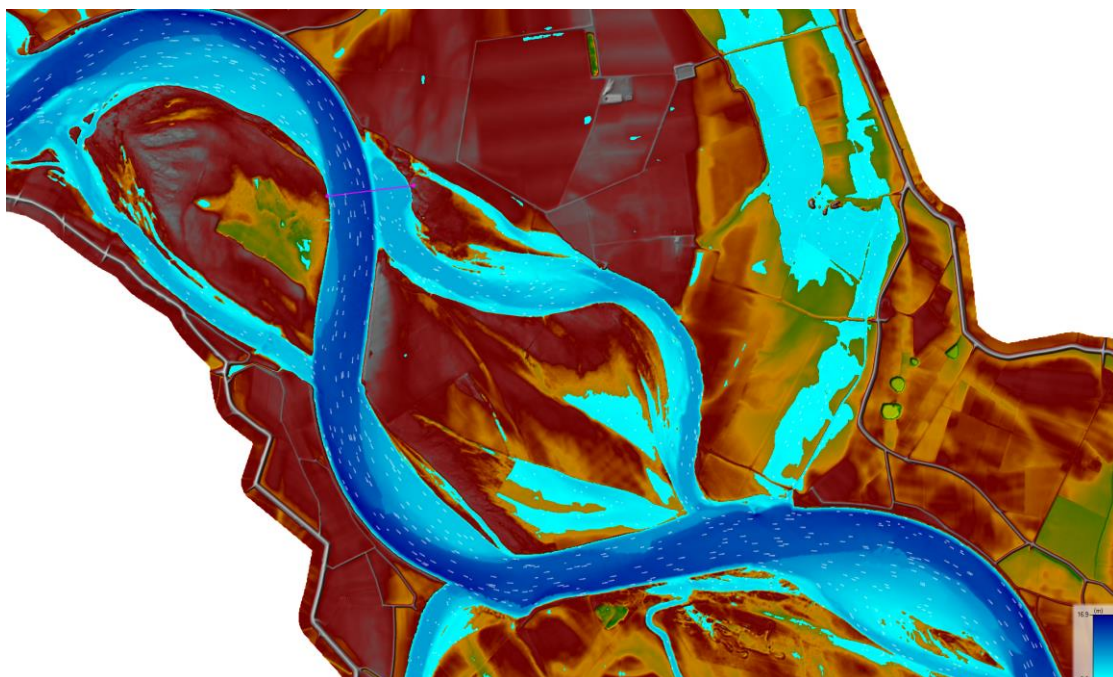




*Figura 20 - Rappresentazione della lanca principale (in giallo) e di quella secondaria (in arancione).*



*Figura 21 - Stato di fatto: tirante idraulico per portata di circa 2900 m³/s. Si osserva il sormonto del pennello e la formazione di un'isola vegetata tra l'alveo del Po e la lanca.*



*Figura 22 - Stato di fatto: tirante idraulico per portata di circa 4000 m<sup>3</sup>/s. Si osserva l'allagamento, per effetto rigurgito, della lanca secondaria (zona nord rispetto alla lanca principale).*

## 5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

### 5.1 Scelte progettuali

Gli interventi previsti da Piano d'Azione per la Linea M della scheda 27 sono:

- la riduzione dell'artificialità dell'alveo (con adeguamento dei pennelli di navigazione, dismissione/modifica delle opere di difesa)

A tale scopo, il Piano d'Azione ha previsto di intervenire sul pennello presente in sinistra idraulica al km 405 del fiume Po, abbassandone la quota da circa 28 m s.l.m.m. a circa 24.6 m s.l.m.m., di modo da favorire il sormonto per basse portate e una più frequente riattivazione della lanca.

Tale intervento è stato rivisto in sede di progettazione, adeguando l'abbassamento del pennello ad una quota di 24 m s.l.m.m., corrispondente ad una portata di sormonto pari a 1150 m<sup>3</sup>/s. Così facendo, come riportato in Figura 23, si passa da una frequenza di sormonto del pennello di circa 14 giorni/anno ad una frequenza di circa 125 giorni/anno.

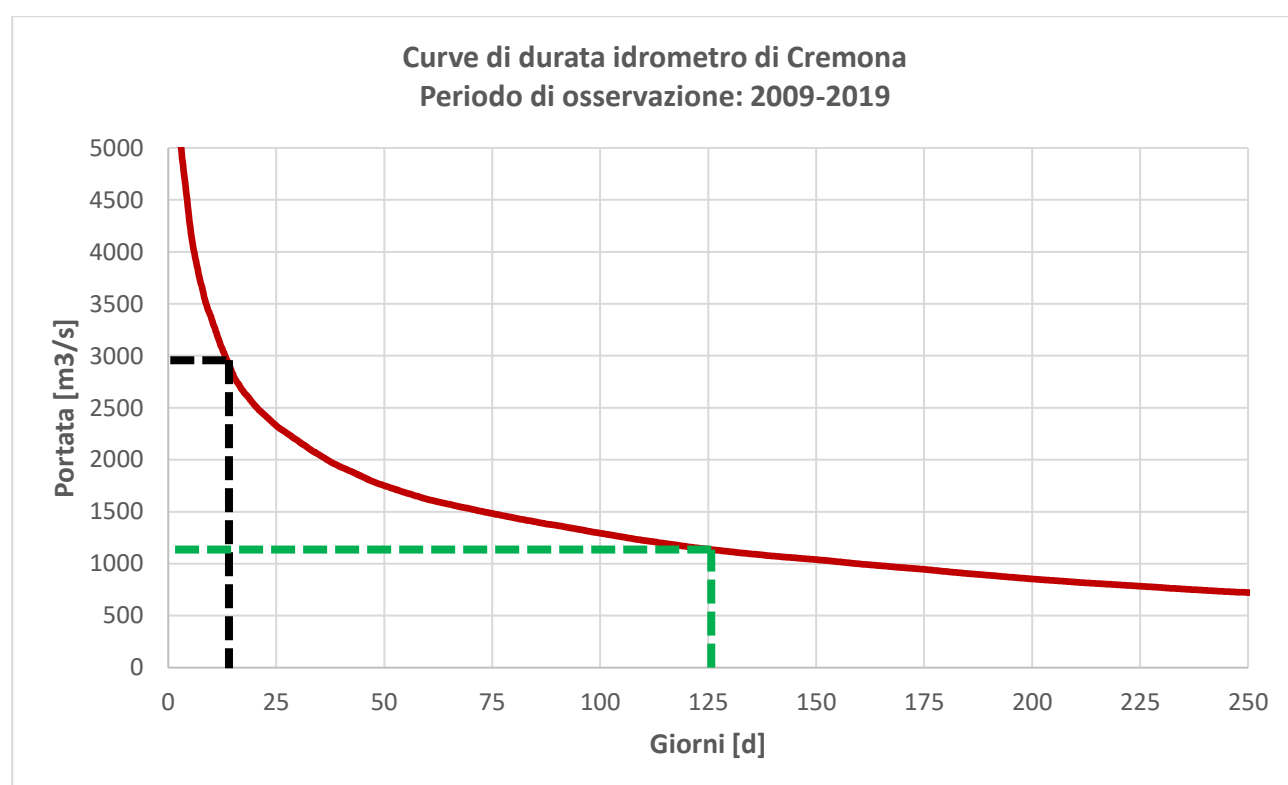


Figura 23 - Confronto tra la durata media di sormonto allo stato di fatto (in nero) ed allo stato di progetto (in verde).

Unitamente all'adeguamento del pennello, in sede progettuale è stato scelto di realizzare tre ulteriori interventi, di seguito descritti:

- Scavo di un canale di collegamento tra la lanca principale e la lanca secondaria situata a Nord della prima, di modo da permettere che, raggiunto un certo livello di acqua all'interno della lanca principale, si allaghi da monte anche la lanca secondaria, permettendo così la creazione di un'ulteriore area umida



- Realizzazione di una scogliera nella zona retrostante il pennello idraulico, di modo da realizzare una zona di calma all'interno della quale possa verificarsi lo sviluppo di determinate specie vegetali
- Realizzazione di un adeguamento dell'argine golenale presente in sinistra idraulica della lanca secondaria, tramite il riutilizzo di una quota parte del volume di scavo derivante dagli altri interventi



*Figura 24 - Planimetria degli interventi previsti: in rosso l'adeguamento del pennello idraulico, in blu lo scavo del canale per l'attivazione della lanca secondaria, in ciano la scogliera ed in arancio l'adeguamento dell'argine golenale. Come si vede dal confine indicato in verde, gli interventi sono tutti collocati all'interno del territorio della Regione Lombardia.*

## 5.2 Interventi previsti

Nel presente paragrafo si presentano gli interventi che, seguendo i concetti progettuali sopra esposti, sono previsti per la scheda 27. In particolare essi sono:

- l'adeguamento del pennello esistente alla quota di 24 m s.l.m.m.
- la realizzazione di un canale di collegamento tra la lanca principale e la lanca secondaria, di modo che quest'ultima sia alimentata con maggiore frequenza
- La realizzazione di una scogliera nella zona retrostante il pennello idraulico per la realizzazione di una zona di calma
- Realizzazione di un adeguamento dell'argine golenale presente in sinistra idraulica della lanca secondaria

Come si osserva dalla Figura 24, tutti gli interventi previsti sono collocati all'interno della Regione Lombardia.

### 5.2.1 Adeguamento del pennello

L'adeguamento del pennello interessa circa 280 m di lunghezza (Figura 25), determinando un abbassamento medio di circa 3,5 m (da una quota di circa 27.5 m s.l.m.m. ad una quota di 24 m s.l.m.m.).

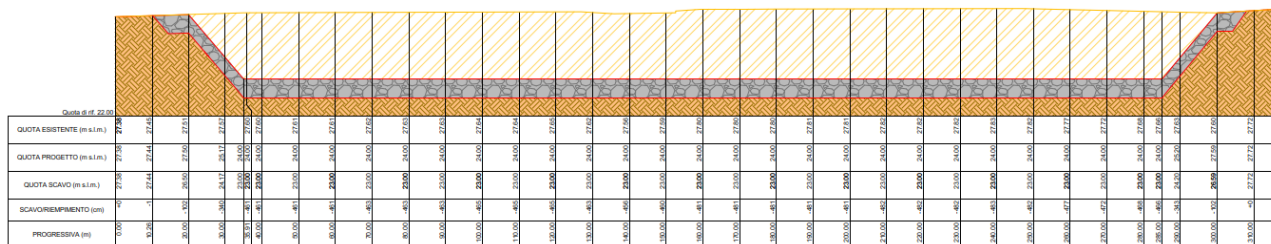


Figura 25 - Profilo longitudinale di progetto del pennello. Estratto della tavola PF.0.2.7.PRG.GE.S.Z.0.0.1.A.

Allo stato di fatto, il pennello idraulico risulta caratterizzato dalla presenza di un nucleo in pietrame, probabilmente sostenuto da pali in legno infissi nel terreno, come visibile nel tipologico dell'opera riportato in Figura 26.

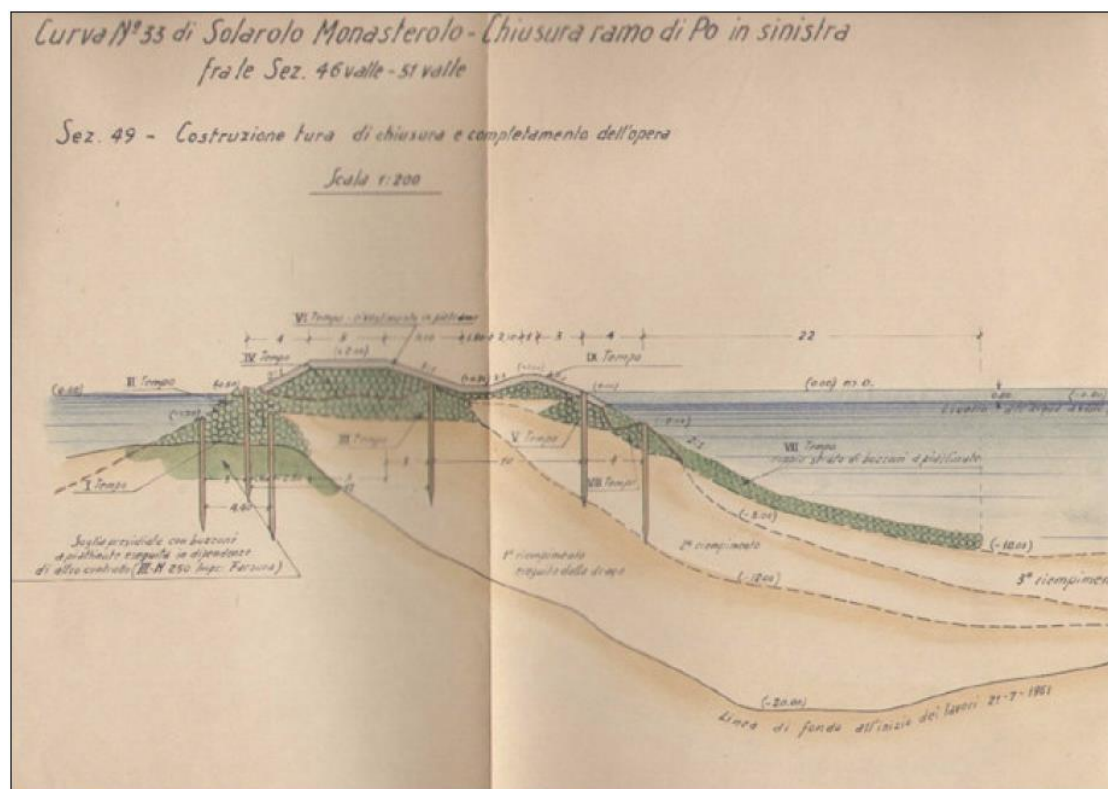
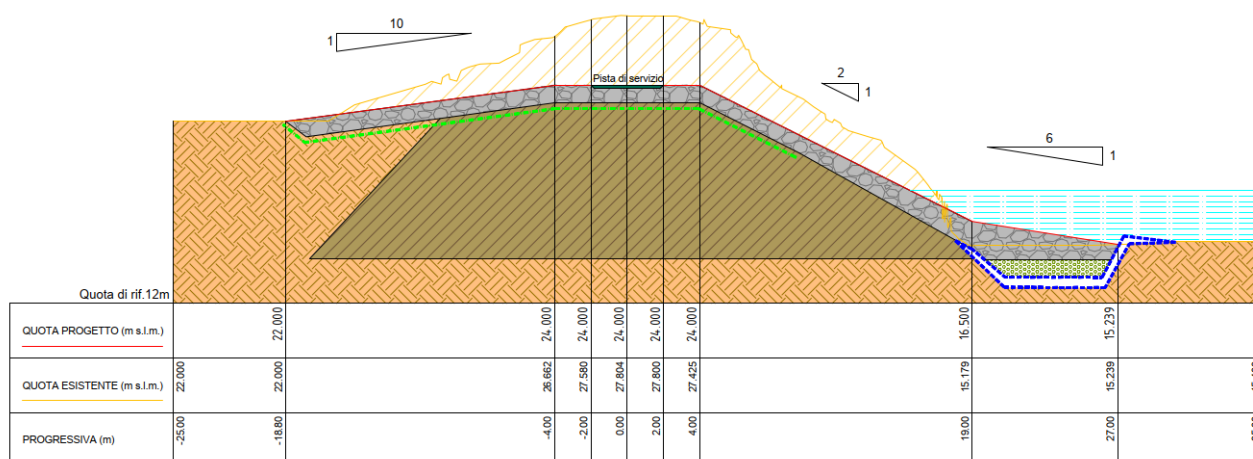


Figura 26 – Tipologico della struttura del pennello idraulico -documentazione storica.

Figura 27 - Sezione del pennello. In giallo è riportato il profilo dello stato di fatto, mentre in rosso lo stato di progetto.  
Estratto della tavola PF.0.2.7.PRG.GE.S.Z.0.0.1.A.

La struttura di progetto del pennello idraulico sarà caratterizzata da un coronamento di larghezza pari ad 8 m, su cui è prevista la realizzazione di una pista di servizio caratterizzata da uno strato in ghiaia mista naturale di cava (tout veneant) di spessore pari a 20 cm e da uno strato di materiale granulare stabilizzato di spessore pari a 10 cm. Sarà inoltre ripristinata, a fine lavori, la pista di cantiere utilizzata per le attività di cantiere, di modo che questa possa essere utilizzata per opere di manutenzione future.

La sponda lato alveo verrà riprofilata secondo una pendenza 2:1, con rimodellamento e protezione del piede tramite la posa di tappeti zavorrati e di gabbioni in rete metallica riempiti da ciottoli o pietrame. Lato lanca si prevede invece la realizzazione di uno scivolo di pendenza 10:1.

Per garantire la stabilità dell'opera è previsto il corazzamento del pennello tramite blocchi da cava di peso compreso tra i 300 ed i 1000 kg.

Per quanto concerne i volumi di terreno di scavo, si prevede il loro riutilizzo per la creazione della scogliera, dell' adeguamento dell'argine golenale e di un rilevato più a valle nella lanca (si veda la Relazione Gestione Materie per ulteriori dettagli).

### 5.2.2 Canale

Il canale è stato progettato con la logica di permettere il deflusso dell'acqua dalla zona retrostante il pennello verso la lanca secondaria. Sfruttando la morfologia del terreno esistente, e con la logica di minimizzare i movimenti terra, la quota di imbocco del canale è stata fissata a 27.35 m s.l.m.m., di modo che tra l'imbocco e lo sbocco del canale nella lanca secondaria ci sia un dislivello pari a 10 cm circa (Figura 28).

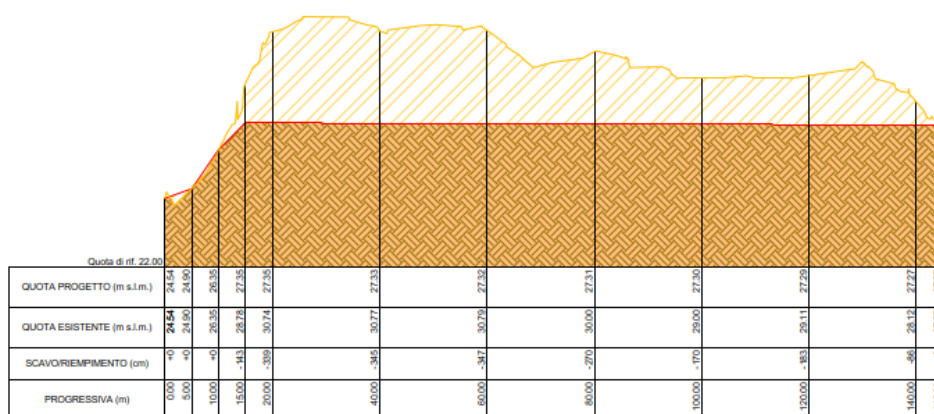


Figura 28 - Profilo longitudinale di progetto del canale. Estratto della tavola PF.0.2.7.PRG.GE.S.Z.0.0.1.A.

Il canale, a base trapezoidale, avrà una larghezza di base di circa 15 m, con pendenza 3:2 delle sponde (Figura 29). Sono previsti interventi di naturalizzazione delle tramite impianto di talee.

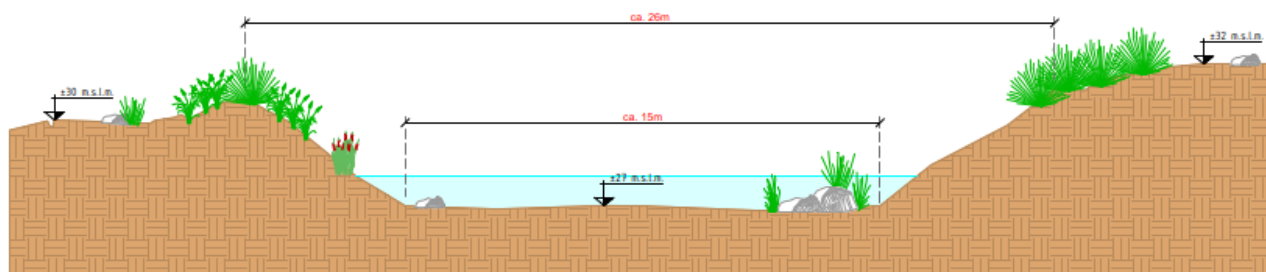


Figura 29 - Sezione tipologica del canale. Estratto della tavola PF.0.2.7.TIP.GE.S.Z.0.0.1.A.

### 5.2.3 Scogliera

Nella zona retrostante il pennello è prevista la realizzazione di una scogliera per la creazione di una zona di calma.

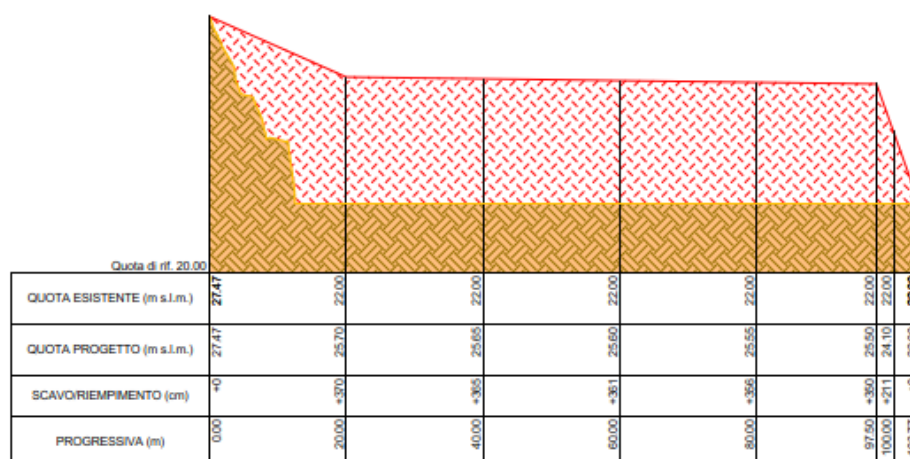


Figura 30 - Profilo longitudinale di progetto della scogliera. Estratto della tavola PF.0.2.7.PRG.GE.S.Z.0.0.1.A.

Il nucleo di tale opera è previsto sia costituito da una quota parte del terreno proveniente dagli scavi previsti dagli altri interventi. I paramenti della scogliera, profilati secondo una pendenza 3:2, ed il piede di sponda saranno corazzati tramite la posa di massi sciolti (Figura 32). Sul coronamento della scogliera, di larghezza pari a 4 m, è invece prevista la realizzazione di una pista di servizio con uno strato di base di spessore 20 cm in ghiaia mista naturale di cava (tout veneant) ed uno strato di finitura di spessore 10 cm di materiale granulare stabilizzato.

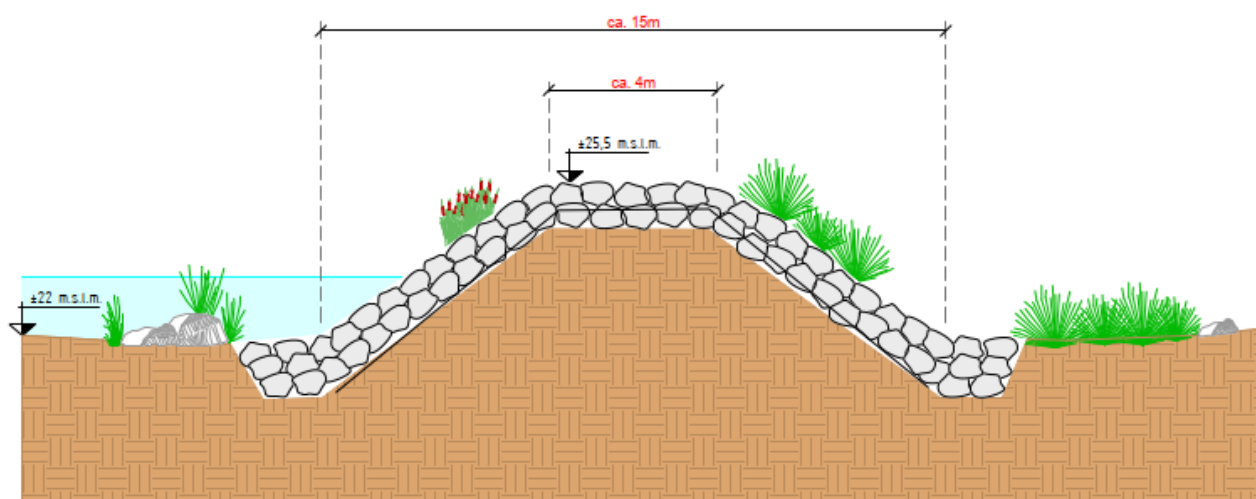


Figura 31 – Sezione tipologica della scogliera. Estratto della tavola PF.0.0.8.TIP.GE.S.Z.0.0.1.A.



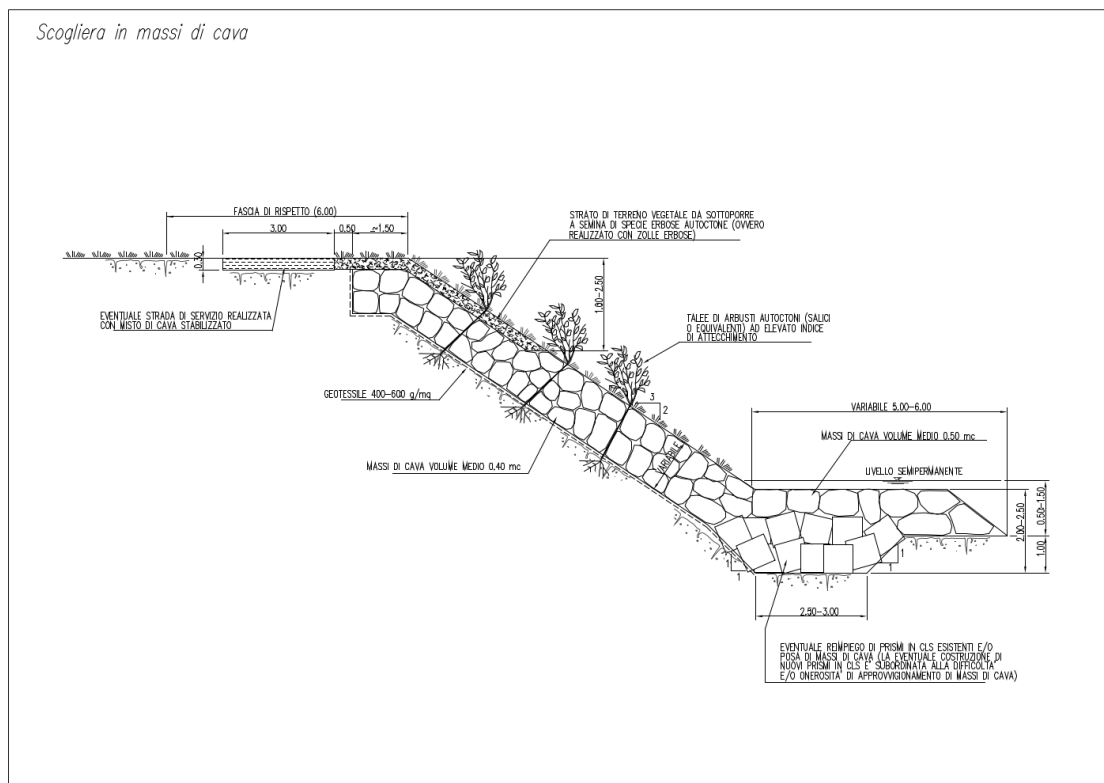


Figura 32 – Sezione tipo dell'intervento di realizzazione della scogliera. Fonte: Quaderno delle Opere Tipo – AdBPo.

#### 5.2.4 Adeguamento argine golenale

Nell'area situata in sinistra idraulica rispetto alla lanca secondaria, è previsto l'adeguamento dell'arginatura golenale presente, tramite la realizzazione di due banche, lato lanca e lato golena, per uno sviluppo longitudinale complessivo di circa 1500 m. Per l'esecuzione di tale opera, il cui tracciato planimetrico è riportato in Figura 33, è previsto il riutilizzo di una quota parte pari a circa 13.500 m<sup>3</sup> del volume di scavo derivante dalla realizzazione degli altri interventi.

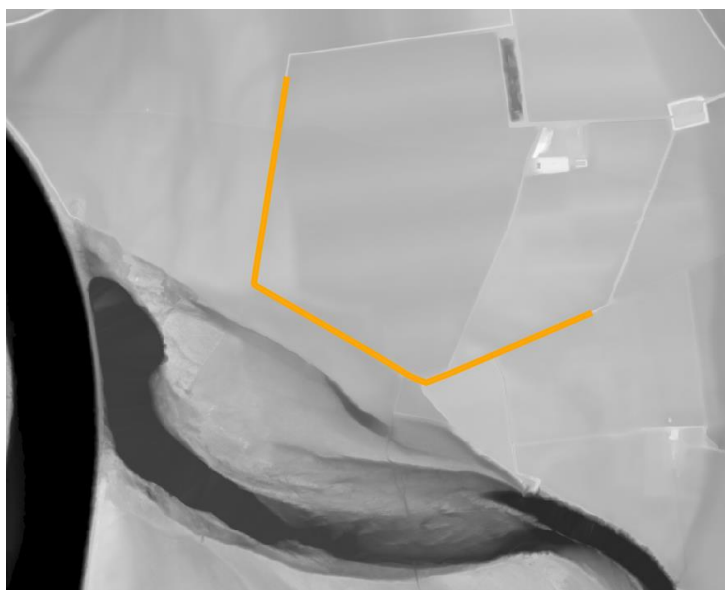


Figura 33 - Tracciato dell'intervento di adeguamento dell'argine golenale presente in sinistra idraulica della lanca secondaria.

## 6 ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO

La verifica idraulica del progetto è stata realizzata implementando nel modello idraulico gli interventi idraulici previsti, e simulando lo stato di progetto così definito. In questo capitolo si procede alla descrizione e rappresentazione dei risultati ottenuti.

Come si osserva dalla Figura 34, per una portata di circa 1150 m<sup>3</sup>/s si verifica il sormonto del pennello idraulico adeguato alla quota di 24.00 m s.l.m.m (Figura 35). In tale configurazione la lanca risulta allagata a monte per effetto sormonto e a valle per effetto rigurgito.

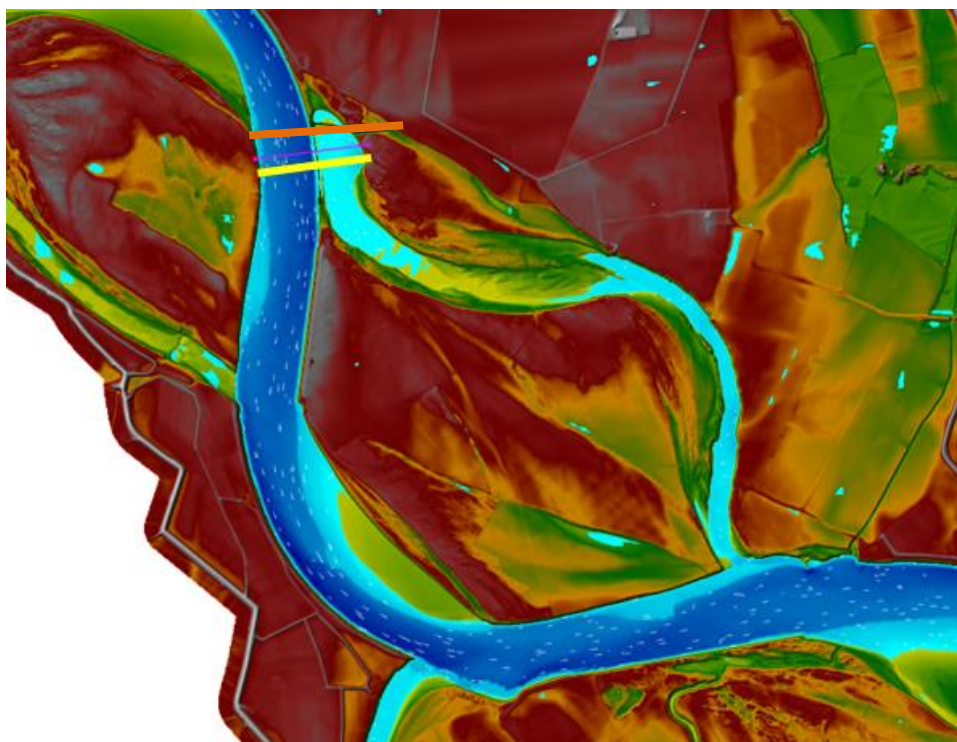


Figura 34 - Stato di progetto: tirante idraulico per portata di circa 1150 m<sup>3</sup>/s (valore di sormonto di progetto del pennello). Nell'immagine sono rappresentate in giallo la sezione di Figura 35 e in arancione la sezione di Figura 36.

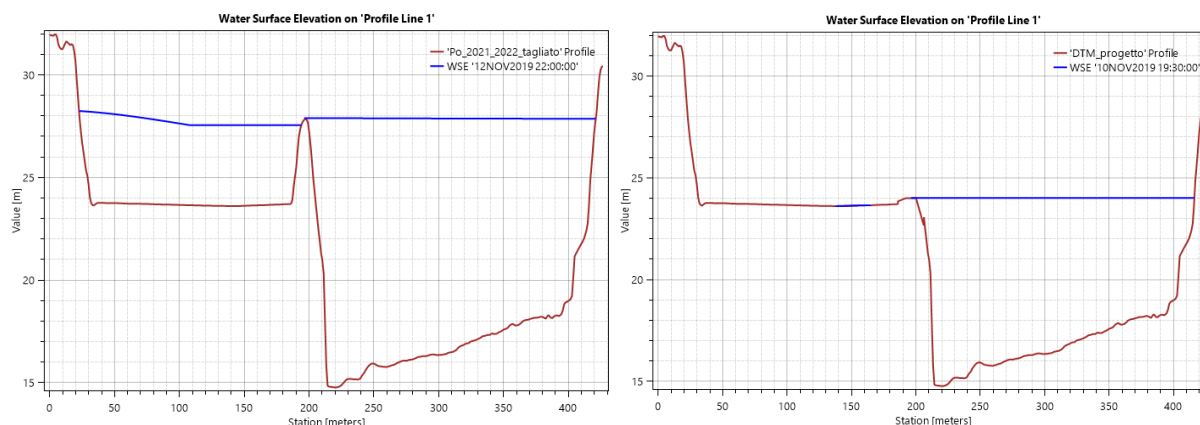


Figura 35 – Confronto, per una portata di 1150 m<sup>3</sup>/s, tra stato di fatto (a sinistra) e stato di progetto (a destra) in una sezione posizionata in corrispondenza del pennello. Si osserva il moto di incipiente sormonto per effetto dell'intervento di abbassamento del pennello.

Al crescere della portata si riscontra il completo allagamento della lanca principale, con il livello dell'acqua nella zona retrostante il pennello che continua a crescere fino a raggiungere, per portate superiori a 2650 m<sup>3</sup>/s circa, la quota di imbocco del canale, posta a 27.35 m s.l.m.m (Figura 36).

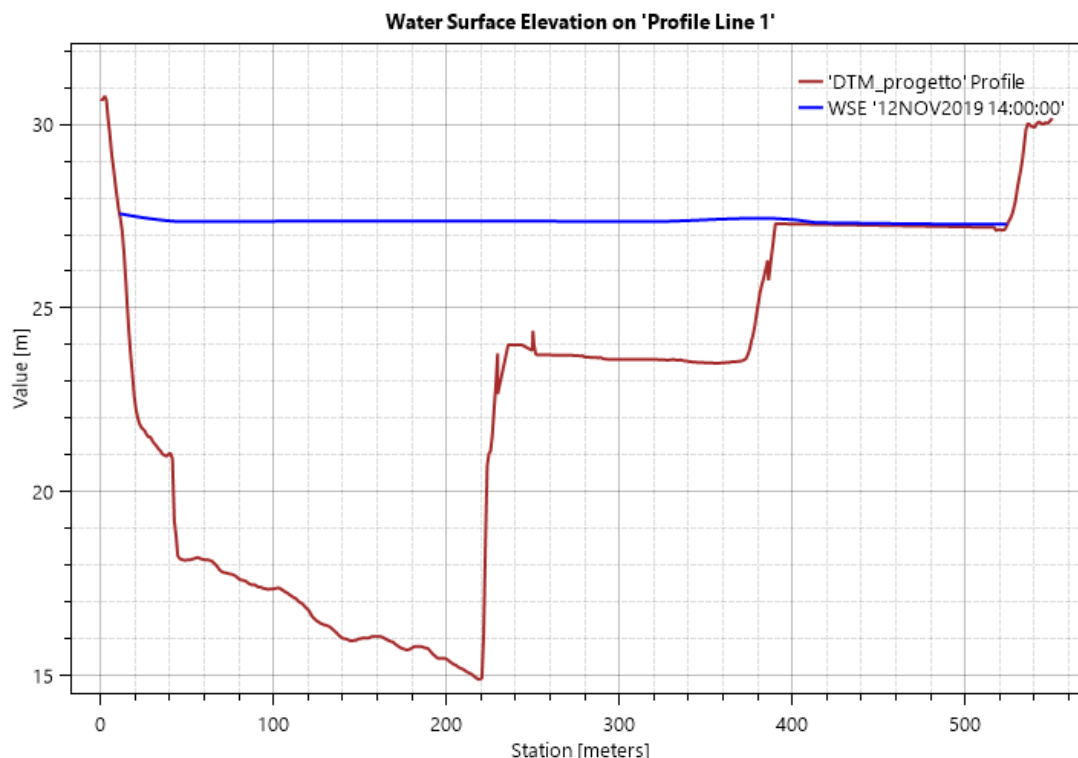
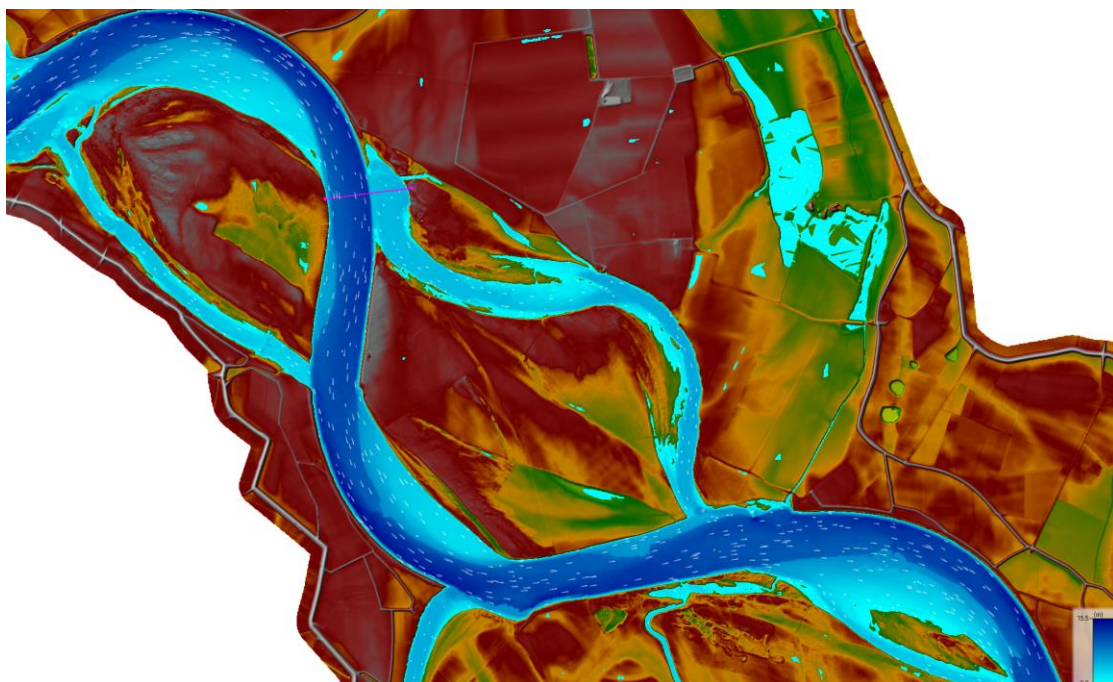


Figura 36 – Si osserva un moto di incipiente allagamento del canale di nuova realizzazione per portate superiori a 2650 m<sup>3</sup>/s.

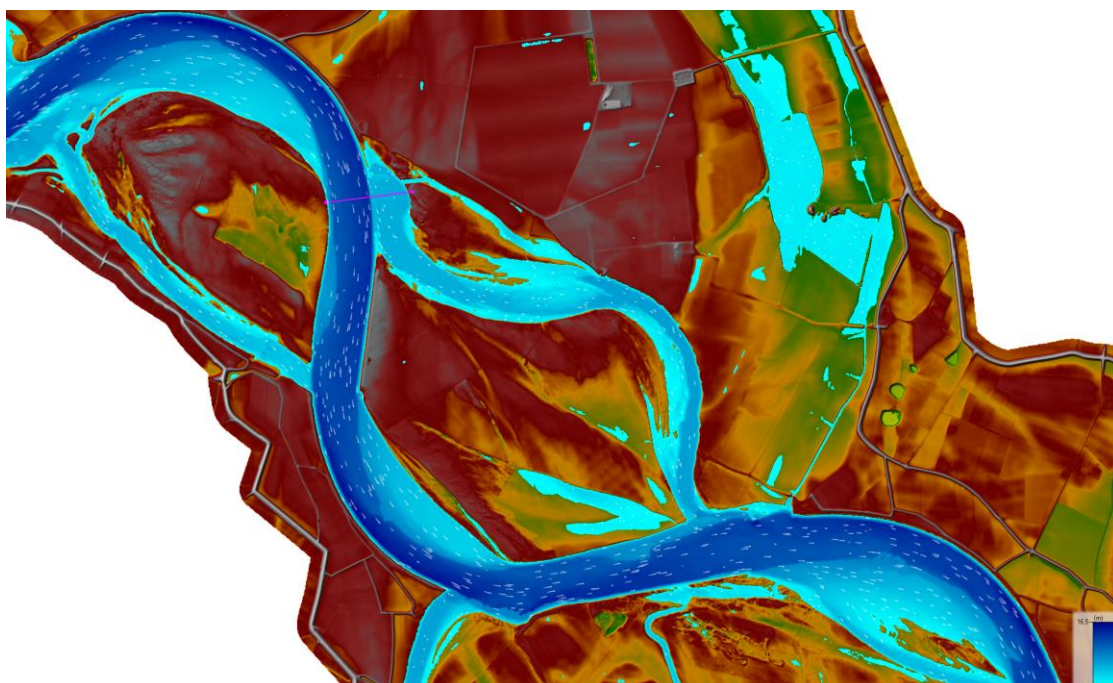
Per una portata di 2900 m<sup>3</sup>/s, si osserva infatti come la lanca secondaria inizi ad essere allagata sia da monte, per effetto sormonto, che da valle, per effetto rigurgito (Figura 37).

Per portate superiori a 3650 m<sup>3</sup>/s, infine, si osserva il completo allagamento sia della lanca principale che di quella secondaria, con conseguente formazione di due isole vegetate strette tra l'alveo di magra del fiume e le due lanche sommerse (Figura 38).





*Figura 37 - Stato di progetto: tirante idraulico per portata di circa 2900 m<sup>3</sup>/s. Si osserva l'incipiente allagamento da monte della lanca secondaria per raggiungimento, all'interno della lanca, del livello di imbocco del canale scavato.*



*Figura 38 - Stato di progetto: tirante idraulico per portata di circa 3650 m<sup>3</sup>/s. Si osserva il completo allagamento anche della lanca secondaria e la conseguente formazione di due isole.*

## 7 MODIFICHE IDRAULICHE A SEGUITO DEGLI INTERVENTI

Nel presente capitolo vengono riportati i confronti, desunti dalla modellazione idraulica, tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, allo scopo di valutare le modifiche che si vengono a creare all'interno dell'area di studio per effetto degli interventi previsti da progetto per la scheda 27.

In Figura 39 si osserva come, per una portata di circa 1150 m<sup>3</sup>/s, le variazioni tra stato di fatto e stato di progetto riguardano solamente la zona del pennello idraulico, dove, nella configurazione di progetto, si è già verificato il sormonto con conseguente iniziale allagamento della lanca.

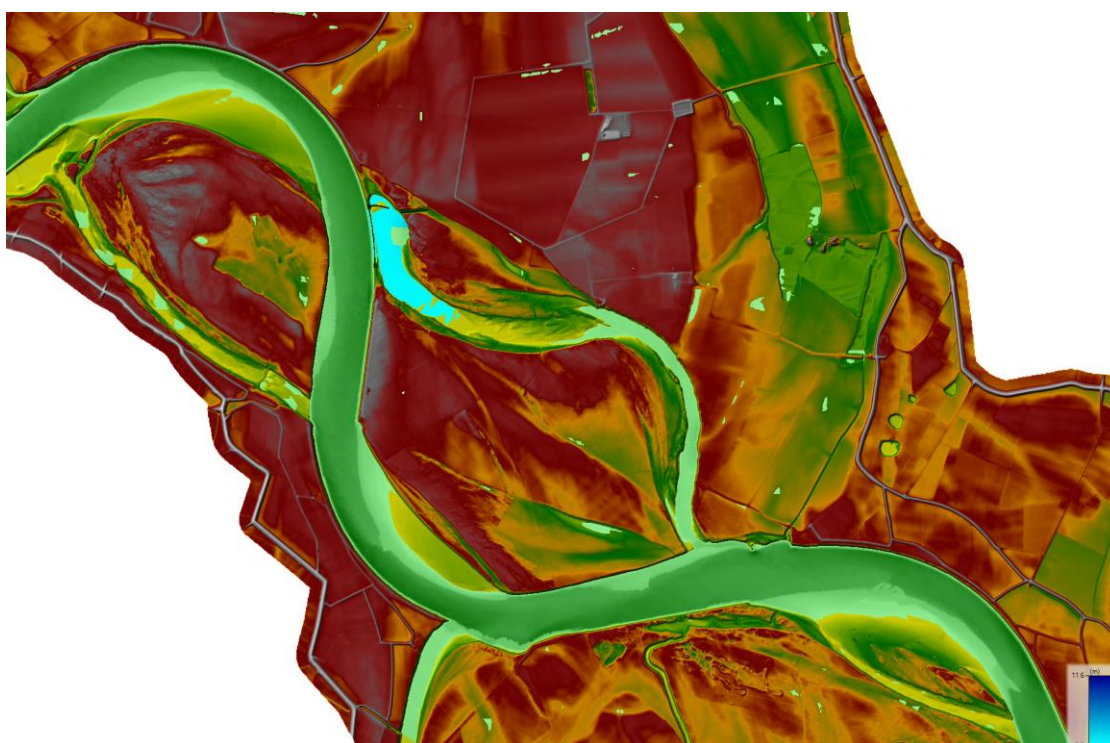


Figura 39 - Confronto tra il tirante idraulico relativo allo stato di fatto (in verde) e allo stato di progetto (in blu) per una portata di 1150 m<sup>3</sup>/s, corrispondente alla portata di sormonto di progetto del pennello.

Analizzando la Figura 40 si nota invece come, per una portata di 2900 m<sup>3</sup>/s, la lanca principale risulti interamente allagata sia allo stato di fatto che allo stato di progetto, con il sormonto del pennello che avviene in entrambe le configurazioni simulate. In Figura 42, il confronto tra le scale di deflusso relativo agli stati di fatto e di progetto, evidenzia il differente regime idraulico presente nella lanca principale in conseguenza dell'abbassamento del pennello, con la portata che, allo stato di fatto, si mantiene sostanzialmente nulla fino al sormonto del pennello posto a quota 27.5 m s.l.m.m. circa, mentre allo stato di progetto, in conseguenza dell'abbassamento del pennello, risulta via via crescente già per quote superiori ai 24 m s.l.m.m.

Sempre per una portata di circa 2900 m<sup>3</sup>/s (Figura 40), si osserva come la lanca secondaria risulta allagata per effetto rigurgito da valle in entrambi i casi, mentre nella parte di monte è sormontata, per effetto del canale scavato, solo allo stato di progetto.



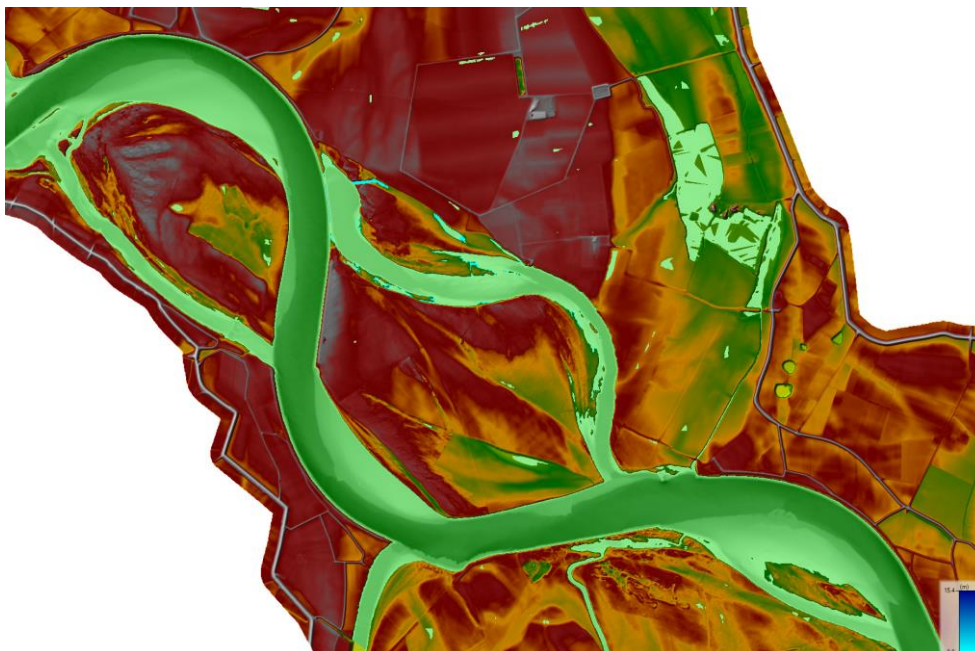


Figura 40 - Confronto tra il tirante idraulico relativo allo stato di fatto (in verde) e allo stato di progetto (in blu) per una portata di 2900 m<sup>3</sup>/s, corrispondente alla portata di sormonto attuale del pennello.

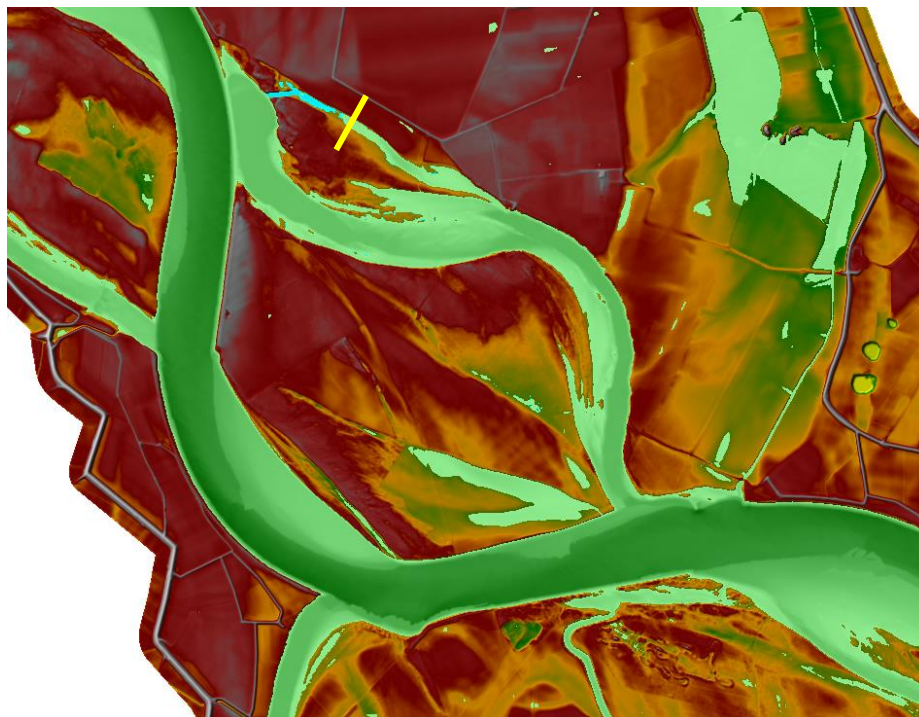


Figura 41 - Confronto tra il tirante idraulico relativo allo stato di fatto (in verde) e allo stato di progetto (in blu) per una portata di 3650 m<sup>3</sup>/s, corrispondente alla portata di sormonto attuale del pennello. In giallo la sezione rappresentata in Figura 43.

Analizzando l'evoluzione delle configurazioni di stato e di progetto, si nota infine come già per portate pari a 2900 m<sup>3</sup>/s, si riscontri una sostanziale uguaglianza tra le aree indicate, con gli effetti legati agli interventi oggetto del presente progetto che risultano quasi totalmente azzerati. Tale aspetto risulta osservabile anche dal grafico presente in Figura 42, ove si nota come, al crescere della portata, gli effetti degli interventi idraulici sulla lanca principale risultino sempre meno rilevanti, e dalla Figura

43, dove si osserva la risposta pressochè uguale della lanca secondaria per portate superiori ai 3500 m<sup>3</sup>/s. Tale aspetto risulta concorde con gli obiettivi del progetto, che non riguardano gli eventi di piena, bensì gli eventi di morbida in cui al fiume viene garantita la possibilità di espandersi maggiormente verso le lanche e le aree golenali qui presenti.

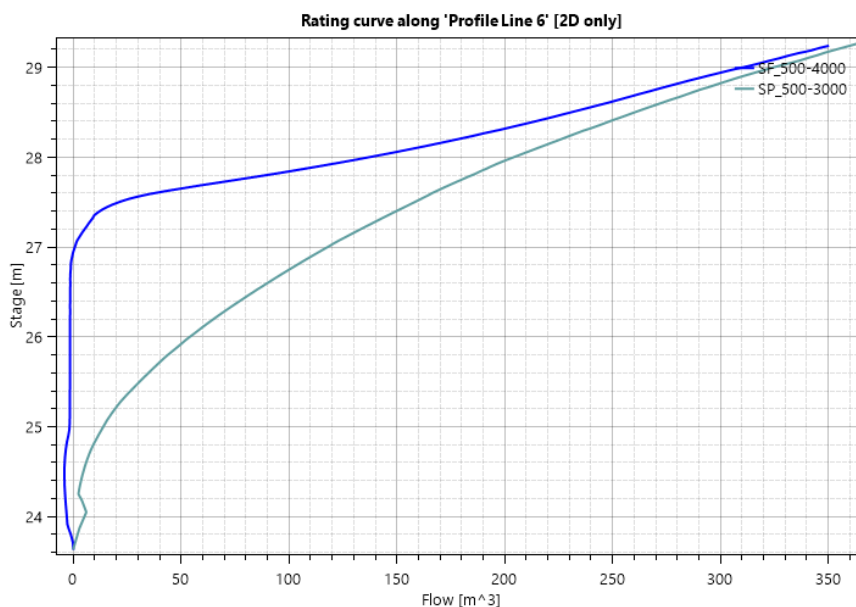


Figura 42 – Confronto, per la lanca principale, tra la scala di deflusso allo stato di fatto (in blu) e allo stato di progetto (in ciano).

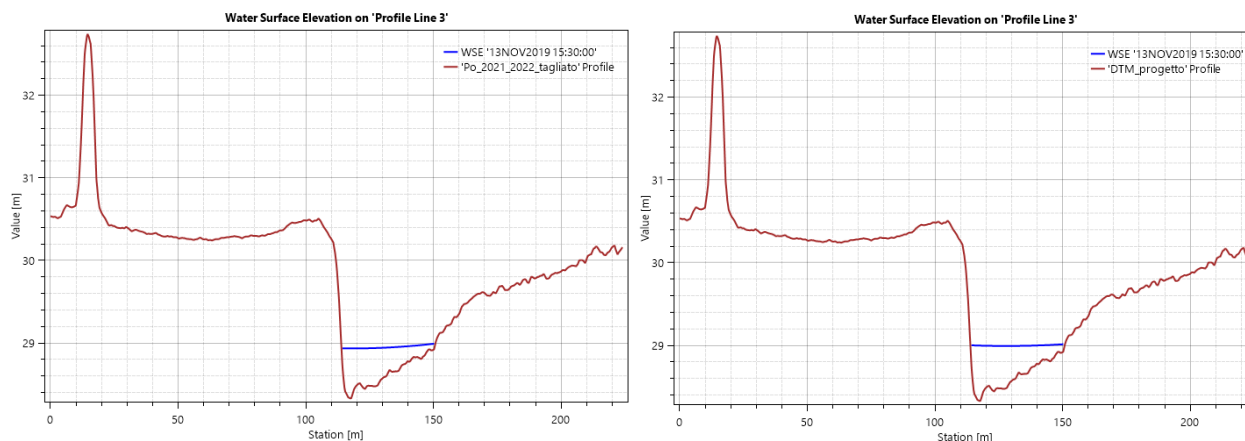


Figura 43 - Confronto, per una portata di 3650 m<sup>3</sup>/s, tra stato di fatto (a sinistra) e stato di progetto (a destra) in una sezione della lanca secondaria. Si osserva come in entrambi i casi il franco idraulico rispetto all'arginatura golenale presente in destra idraulica si attesti su un valore di 3 metri e la superficie allagata, interamente compresa all'interno sinistra lanca, si posizioni a circa 90 m dall'argine.

Analizzando i massimi di velocità (Figura 44) e di sforzo tangenziale (Figura 45) allo stato di fatto e di progetto, si osserva infine come gli effetti degli interventi previsti dal presente progetto non vadano ad impattare in maniera significativa né sulla lanca principale né su quella secondaria, non determinando quindi un possibile impatto negativo a livello naturalistico/ambientale sulle aree di pregio ivi presenti. I valori massimi raggiunti nelle zone in cui sono stati implementati gli interventi risultano infatti di entità trascurabile e compatibili con i valori risultanti dalla simulazione dello stato di fatto.

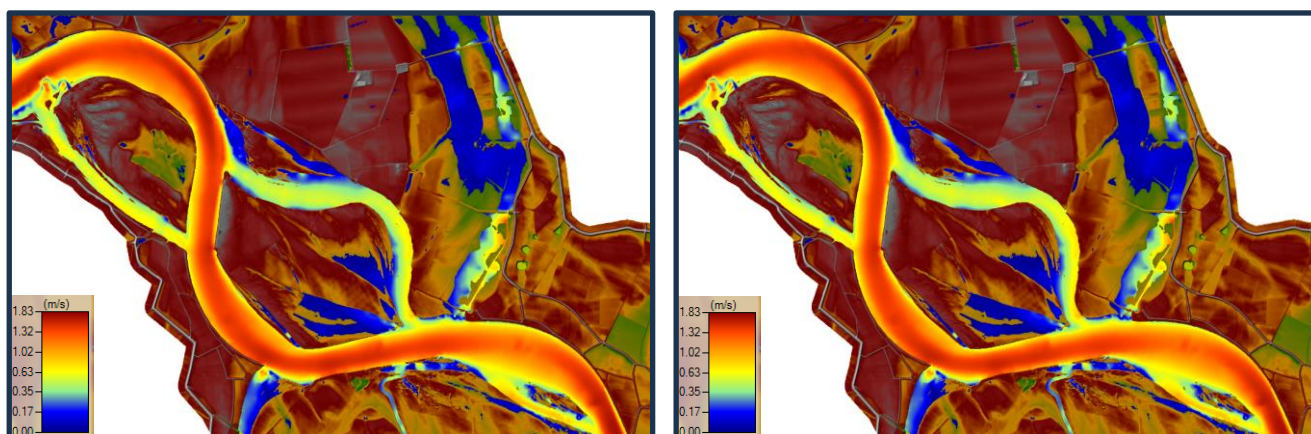


Figura 44 - Confronto tra i massimi di velocità allo stato di fatto (a sinistra) e allo stato di progetto (a destra).

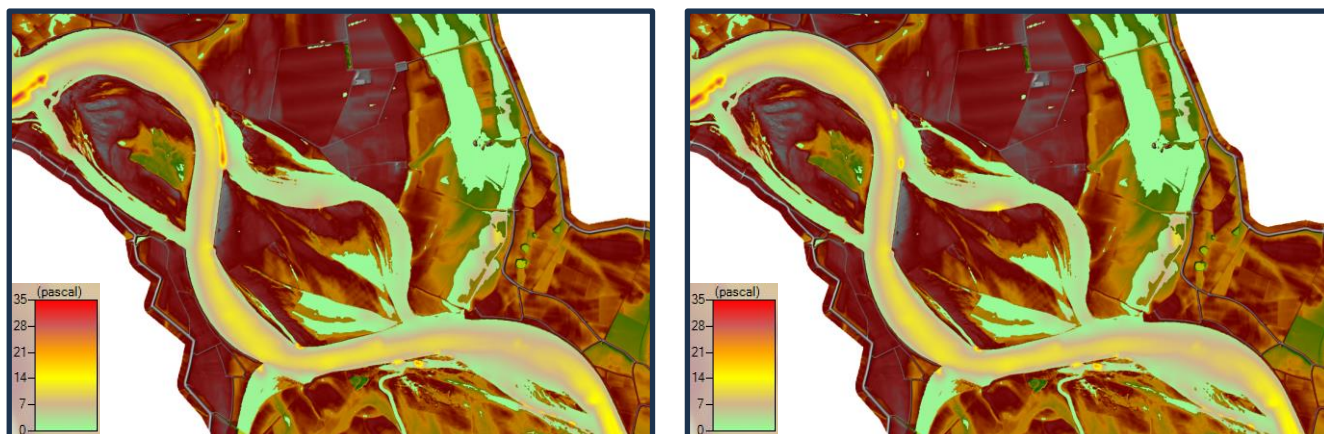


Figura 45 - Confronto tra i massimi di sforzo tangenziale allo stato di fatto (a sinistra) e allo stato di progetto (a destra).



<b>PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO</b>	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
<b>INTERVENTO N. 27 - KM 406 - L - ER</b>	
<b>ROCCABIANCA (PR), MOTTA BALUFFI E TORRICELLA DEL PIZZO (CR)</b>	
<i>Codice elaborato:</i>	<b>PF.0.2.7.IDR.ID.R.T.0.0.1.A</b>
<i>Titolo elaborato:</i>	<b>Relazione idraulica</b>
pag. 37 / 44	

## 8 ANALISI MORFOLOGICA

L'intervento in progetto sarà verificato, assieme agli altri presenti nel tratto, anche con un modello a fondo mobile, sempre basato sul codice di calcolo HEC-RAS 4.1, per verificare sia l'evoluzione all'interno della lanca, ma soprattutto l'eventuale impatto sull'alveo principale e l'eventuale impatto sui fondali atti alla navigazione.

Per la caratterizzazione dei sedimenti si è fatto riferimento ai campionamenti eseguiti per il "Programma generale di gestione dei sedimenti alluvionali dell'alveo del fiume Po" dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po. Nel tratto di interesse sono stati eseguiti 31 campioni di cui 12 in alveo e 19 sulle barre, i fusi granulometrici dei campioni sono riportati nell'Allegato A. Sono presenti anche campioni negli affluenti Taro, Parma e Enza, ma sono stati prelevati in punti molto a monte rispetto alla confluenza in Po e pertanto non sono stati utilizzati.

Il dominio di calcolo è stato suddiviso in: alveo, barre e golena, l'alveo è stato ulteriormente diviso in tratti di competenza relativi ai campioni effettuati. Alle barre è stata assegnata la granulometria del campione più vicino, assumendo che la granulometria della barra sia costituita nel primo metro da sedimenti rilevati sulla barra e per il resto da sedimenti con la stessa granulometria presente in alveo. Per l'area golenale non sono presenti campioni e in fase preliminare è stata assegnata la granulometria relativa al campione "Barra S28A B1". Tutti i pennelli presenti nel tratto sono stati definiti come inerodibili. Nella Figura 46 è riportata la suddivisione del dominio di calcolo per la definizione delle granulometrie.

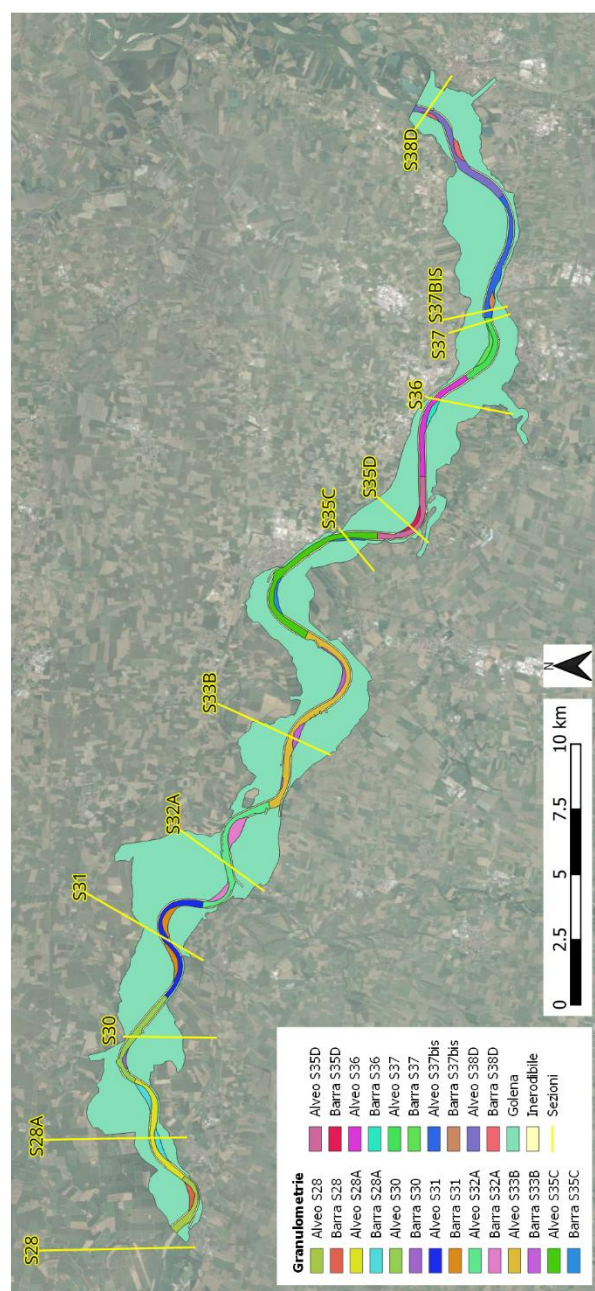


Figura 46 – Definizione delle granulometrie all'interno del dominio di calcolo

In questa fase preliminare sono state eseguite alcune simulazioni per testare la stabilità del modello e la sensibilità sui parametri principali, nella figura seguente sono riportati scavi e depositi conseguenti alla piena del novembre 2016 nel tratto a cavallo di Casalmaggiore.

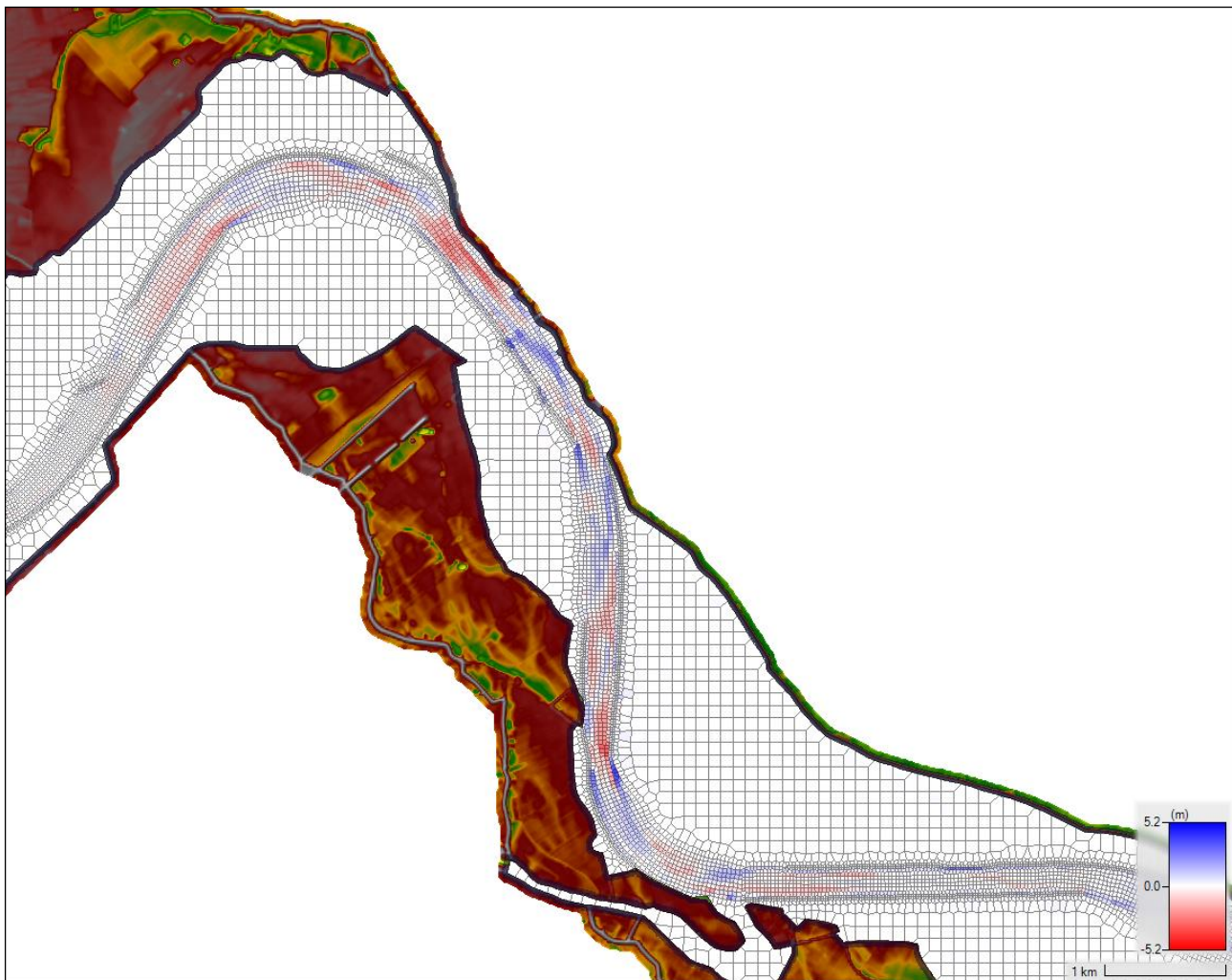


Figura 47 – Erosione/Deposito nel tratto di Casalmaggiore per la piena novembre 2016

Queste simulazioni preliminari hanno evidenziato come in alcuni tratti sia la definizione della granulometria che la batimetria è in contrasto con le formule di trasporto utilizzate, portando a forti erosioni o depositi. Questo effetto ha due principali cause: le formule di trasporto riescono solo in parte ad interpretare un fenomeno complesso; la condizione iniziale, in termini di batimetrie e granulometrie, è un'approssimazione dello stato reale.

Per quanto riguarda le granulometrie è evidente che, il pur consistente numero di campioni, non possa descrivere nel dettaglio quasi 60 km di fiume ed inoltre il singolo campione descrive una granulometria specifica di quel punto a seguito della serie di eventi avvenuti precedentemente.

Analogamente, anche per quanto riguarda la batimetria, il DTM in alveo deriva dall'unione di tre diverse campagne: Lidar 2021, Lidar 2022, batimetria in acqua con MultiBeam ed interpolazione tra questi dati nelle aree scoperte; quindi, di fatto, non rappresenta la batimetria in un preciso istante, batimetria che in ogni caso è in continua evoluzione.

Viste queste problematiche, nella modellazione morfologica che sarà sviluppata nel progetto esecutivo, per definire lo stato iniziale su cui valutare le variazioni morfologiche, sarà eseguita preliminarmente una simulazione con una successione di 2-3 piene con colmo 3000-4000 m<sup>3</sup>/s in modo che sia la batimetria che la granulometria si modifichino in una conformazione più stabile.



## **9 ALLEGATI**

## Allegato A Fusi granulometrici campioni

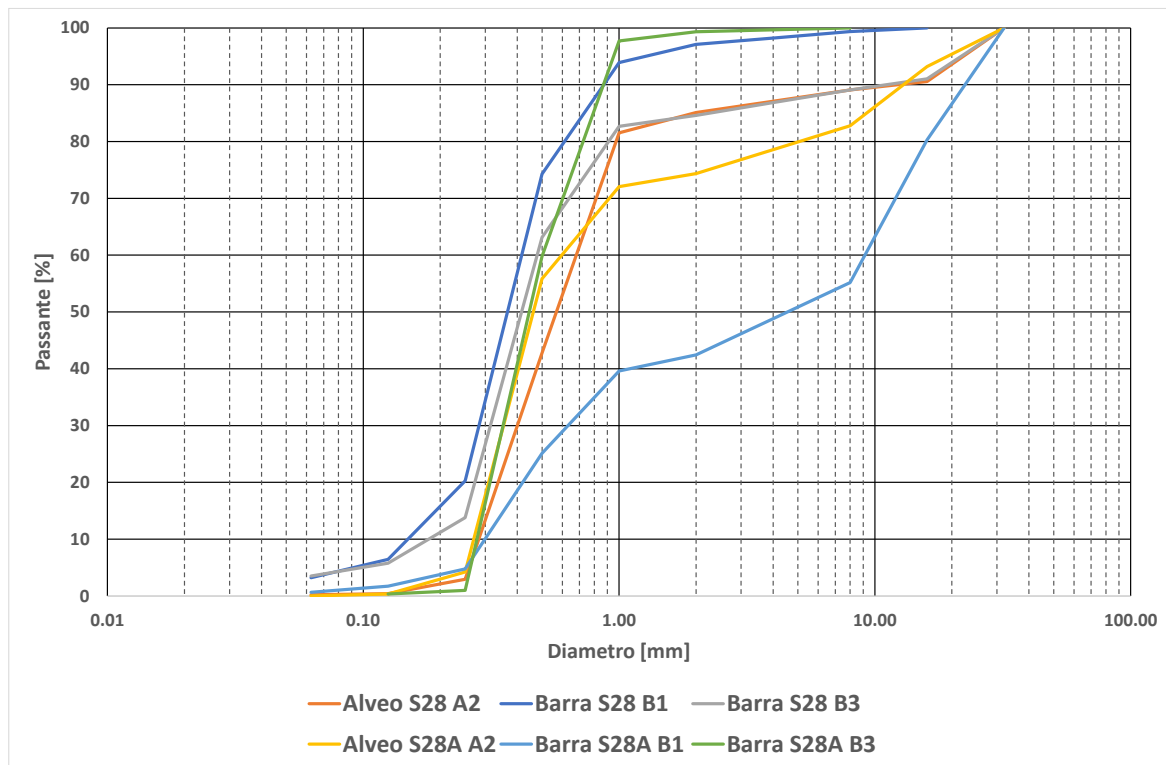


Figura 48 – Fusi granulometrici campioni sezioni 28 e 28A

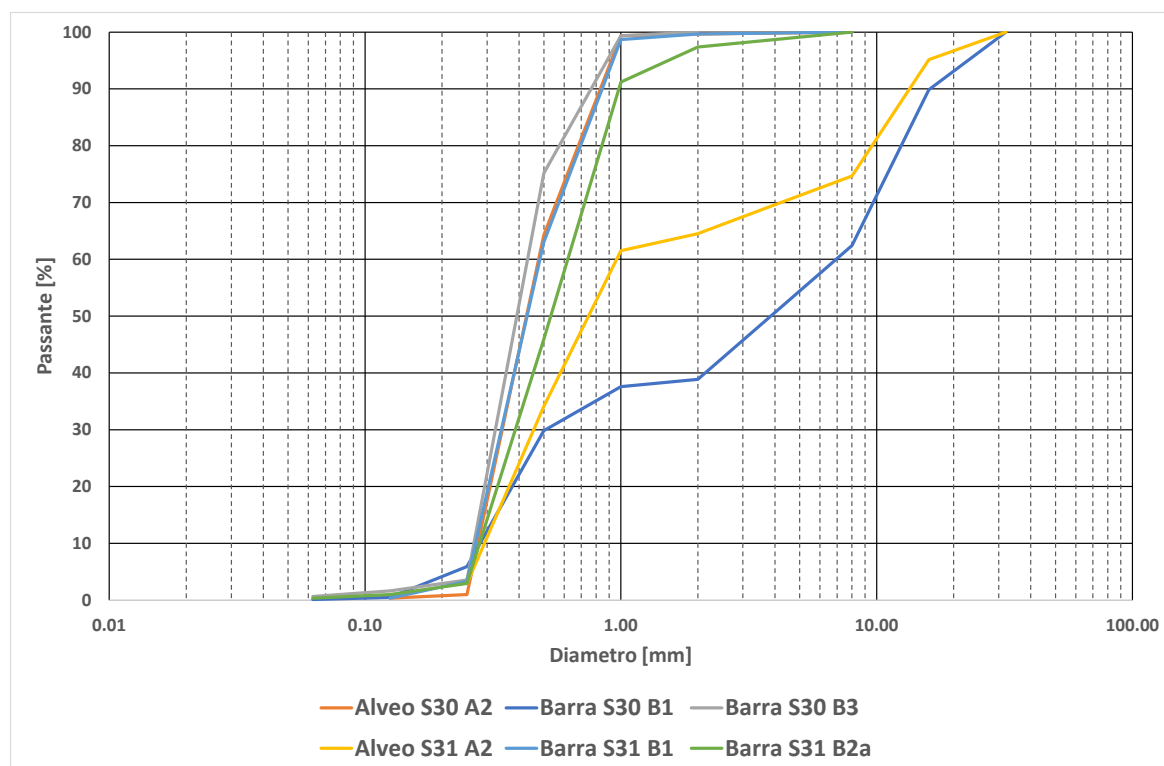


Figura 49 - Fusi granulometrici campioni sezioni 30 e 31

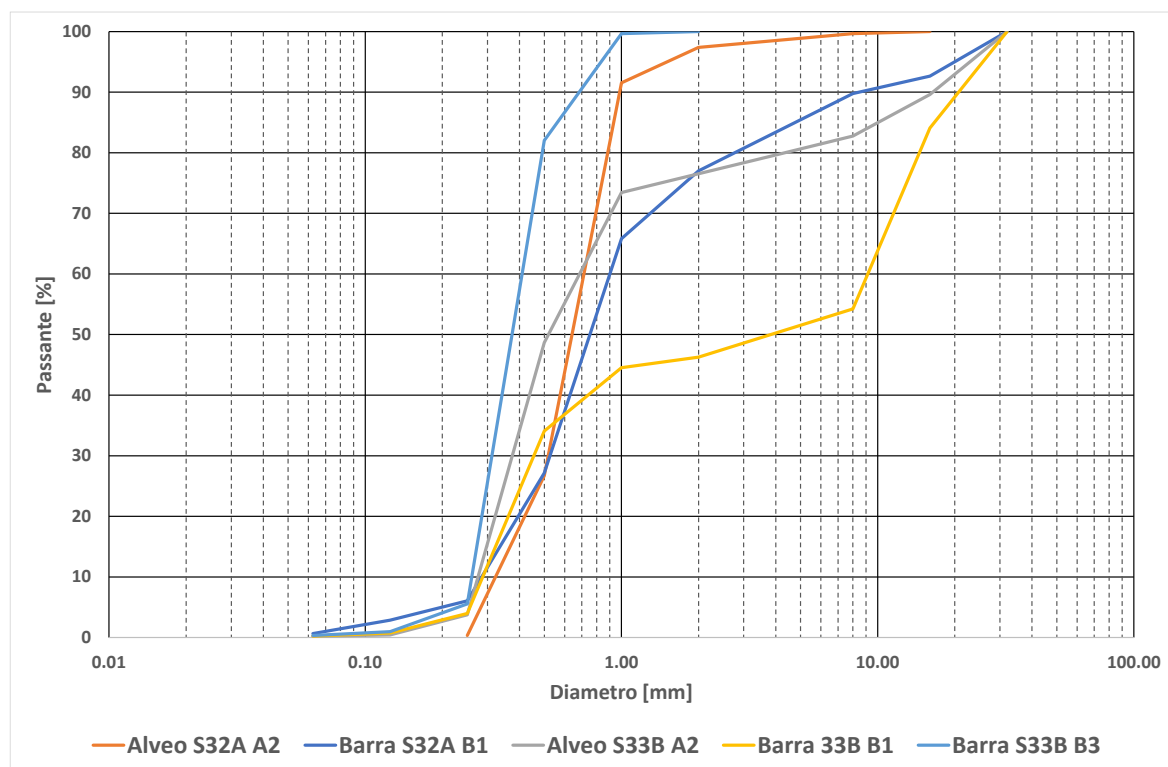


Figura 50 - Fusi granulometrici campioni sezioni 32A e 33B

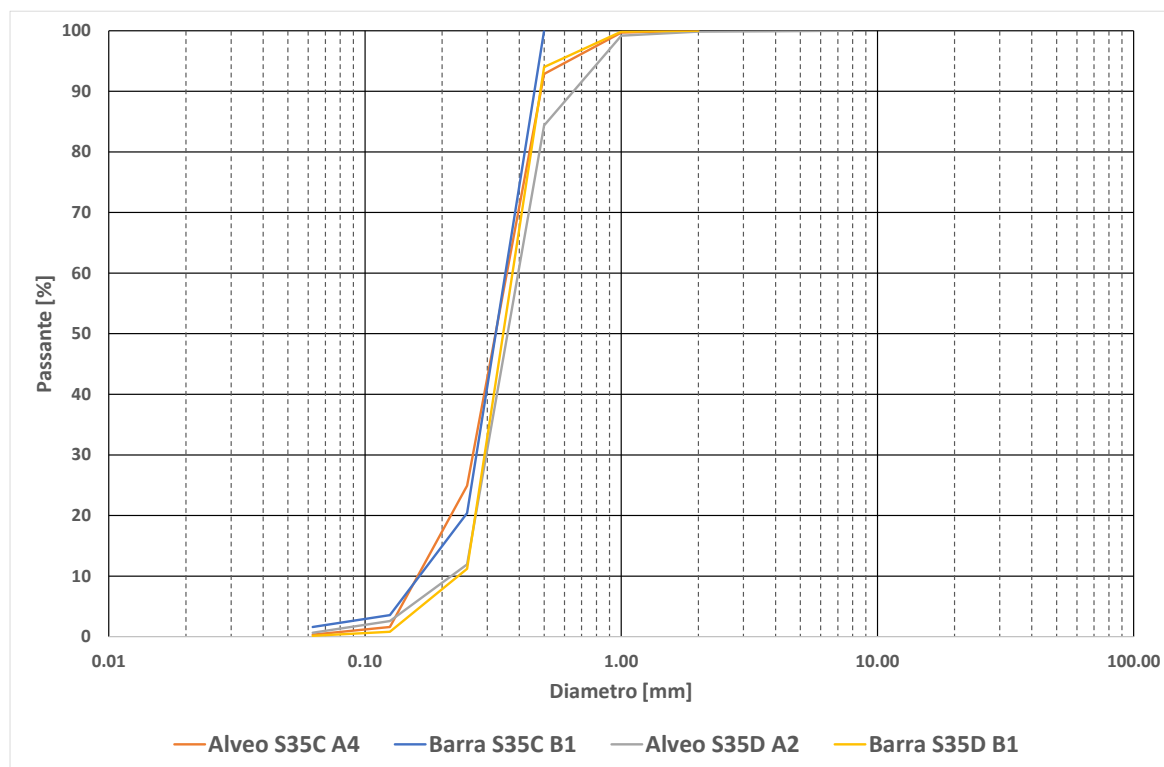


Figura 51 - Fusi granulometrici campioni sezioni 35C e 35D

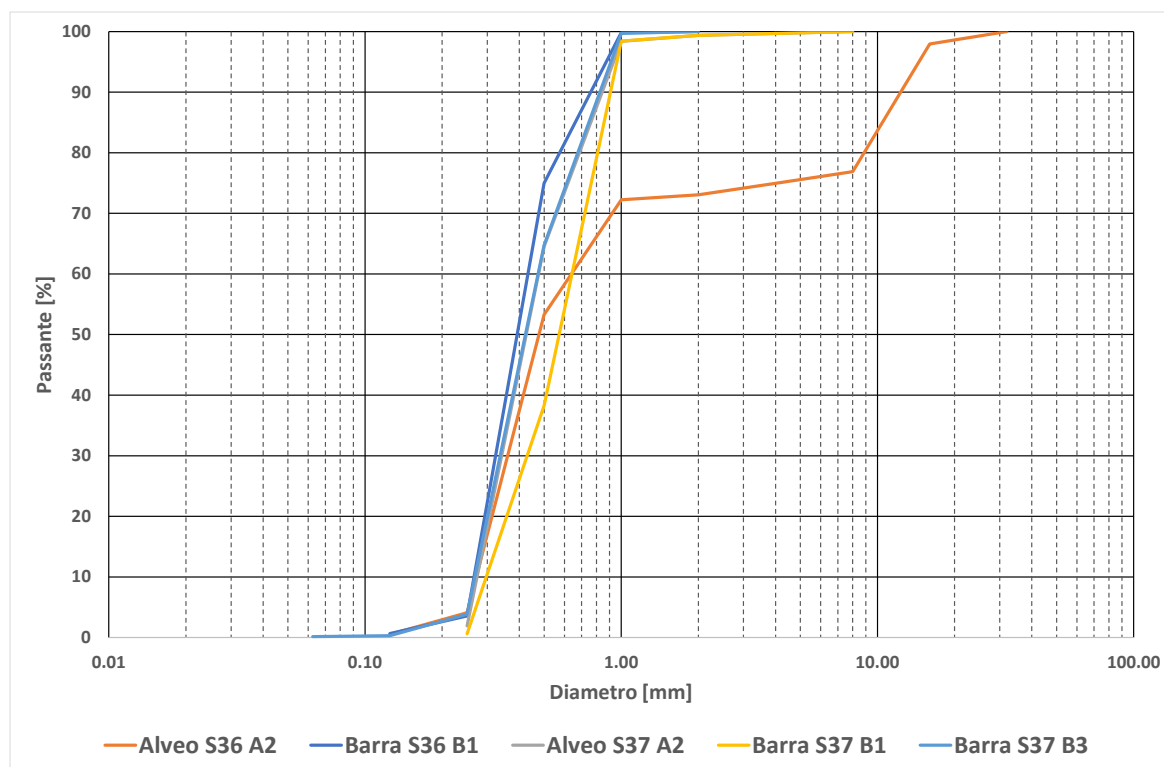


Figura 52 - Fusi granulometrici campioni sezioni 36 e 37

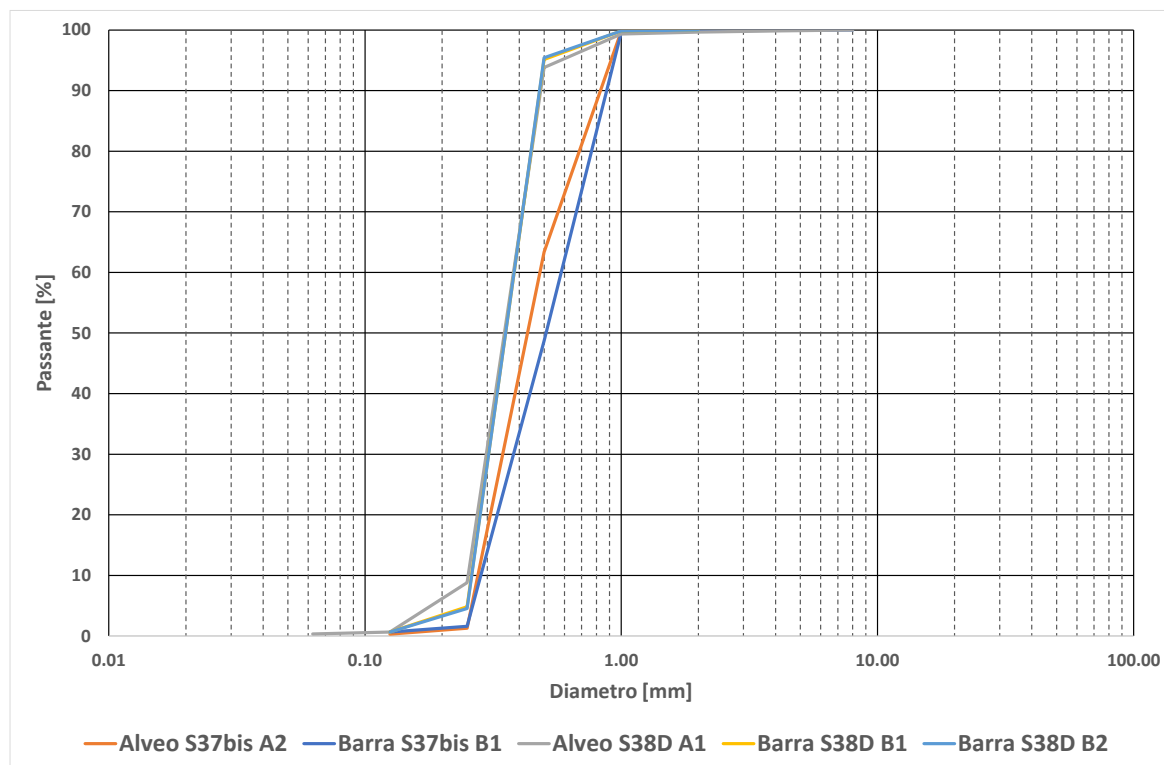


Figura 53 - Fusi granulometrici campioni sezioni 37bis e 38D