



**ADBPO**

Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

**PROGETTO DI VARIANTE AL PAI PO:  
ESTENSIONE AI BACINI IDROGRAFICI  
DEL RENO, ROMAGNOLI E CONCA  
MARECCHIA**

**FASCE FLUVIALI**

**Monografia Uso**

Dicembre 2025

## Metadata

---

|                      |   |
|----------------------|---|
| Titolo               | Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Uso  |
| Descrizione          | Il presente documento è la Monografia del fiume Uso allegata al <i>Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Relazione Tecnica</i> . Questo elaborato contiene una descrizione delle analisi idrologiche e idrauliche volte all'identificazione delle attuali condizioni di pericolosità idraulica e alla definizione delle relative linee di assetto, identificate in coerenza con le strategie generali descritte nella relazione tecnica |
| Data creazione       | 2025-11-01  |
| Data ultima versione | 2025-12-10  |
| Stato                | Versione 01   |
| Creatore             | Autorità di bacino distrettuale del fiume Po – Settore 1, Andrea Colombo, Marta Martinengo, Ludovica Marinelli, Laura Casicci   |
| Copertura            | Fiume Uso   |
| Fonti                | Attività di studio e analisi sui fiumi dei bacini Reno, Romagnoli e Conca Marecchia per l'aggiornamento dei PAI e del PGRA (ADBPO, 2025)  |
| Lingua               | Italiano  |
| Nome del file        | Monografia_Uso  |
| Formato              | pdf   |
| Relazioni            | Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli, Conca Marecchia e al bacino del Fissero Tartaro Canalbianco (D. Lgs.152/2006 art.64, c.1 lett. b, numeri da 2 a 7). Relazione generale; Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Relazione Tecnica.  |
| Licenza              | Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0)<br><a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0</a>  |
| Attribuzione         | <br>Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Uso, Versione 01 del 2025-12-10   |

---

## Indice

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | Premessa .....  | 1  |
| 2      | L'ambito fluviale in esame .....  | 2  |
| 3      | Analisi morfologica .....   | 4  |
| 4      | Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento .....                                    | 6  |
| 5      | La geometria del modello 2D .....   | 10 |
| 6      | Stima della capacità di portata nel tratto arginato .....                                     | 12 |
| 6.1    | Le condizioni al contorno .....   | 12 |
| 6.1.1. | Portate .....   | 12 |
| 6.1.2. | Condizioni di valle .....   | 12 |
| 6.2    | Scabrezze .....   | 12 |
| 6.3    | Simulazioni e risultati ottenuti .....  | 13 |
| 7      | Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale .....                                | 15 |
| 7.1    | Le condizioni al contorno .....   | 15 |
| 7.1.1. | Portate .....   | 15 |
| 7.1.2. | Condizioni di valle .....   | 15 |
| 7.2    | Scabrezze .....   | 15 |
| 7.3    | Simulazioni e risultati ottenuti .....  | 15 |
| 7.3.1. | Evento T50 .....  | 16 |
| 7.3.2. | Evento T200 .....   | 18 |
| 7.3.3. | Evento T500 .....   | 21 |
| 7.4    | Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento .....                    | 23 |
| 7.4.1. | Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato .....                      | 23 |
| 7.4.2. | Tratto arginato di pianura .....  | 23 |
| 7.5    | Scenari di rotta arginale .....   | 26 |
| 8      | Linee di assetto .....  | 27 |
| 8.1    | L'assetto del fiume Uso .....   | 27 |
| 8.2    | Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento .....                        | 28 |
| 8.3    | Quadro degli interventi .....   | 29 |
| 8.4    | Valutazione dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto ..... | 30 |
| 8.5    | Portate di piena di riferimento .....   | 33 |



## **1 Premessa**

La presente monografia è parte integrante del Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia, allegata alla Relazione Tecnica Fasce Fluviali, e contiene una descrizione delle analisi idrologiche e idrauliche finalizzate all'analisi delle attuali condizioni di pericolosità idraulica e alla definizione delle relative linee di assetto, identificate in coerenza con le strategie generali descritte nella relazione tecnica.

Il presente documento è inerente al fiume Uso che, nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, è stato analizzato per il tratto compreso tra Ponte Uso a mare, per circa 37 km e coincide con il tratto oggetto del presente progetto di variante e di delimitazione di fasce fluviali, secondo il metodo del PAI Po.

## 2 L'ambito fluviale in esame

Il bacino dell'Uso ha una forma stretta e allungata e risulta incuneato fra il Savio e il Rubicone in sinistra e il Marecchia in destra; il rilievo più importante è il Monte di Perticara (883 m s.l.m.). L'asta principale prende origine nei pressi dell'abitato di Pietra dell'Uso (comune di Sogliano al Rubicone) dall'unione del T. Uso e del T. Uso di Tornano; la chiusura del bacino montano può essere individuata in corrispondenza del confine fra i comuni di Santarcangelo di Romagna e Poggio Berni (RN).

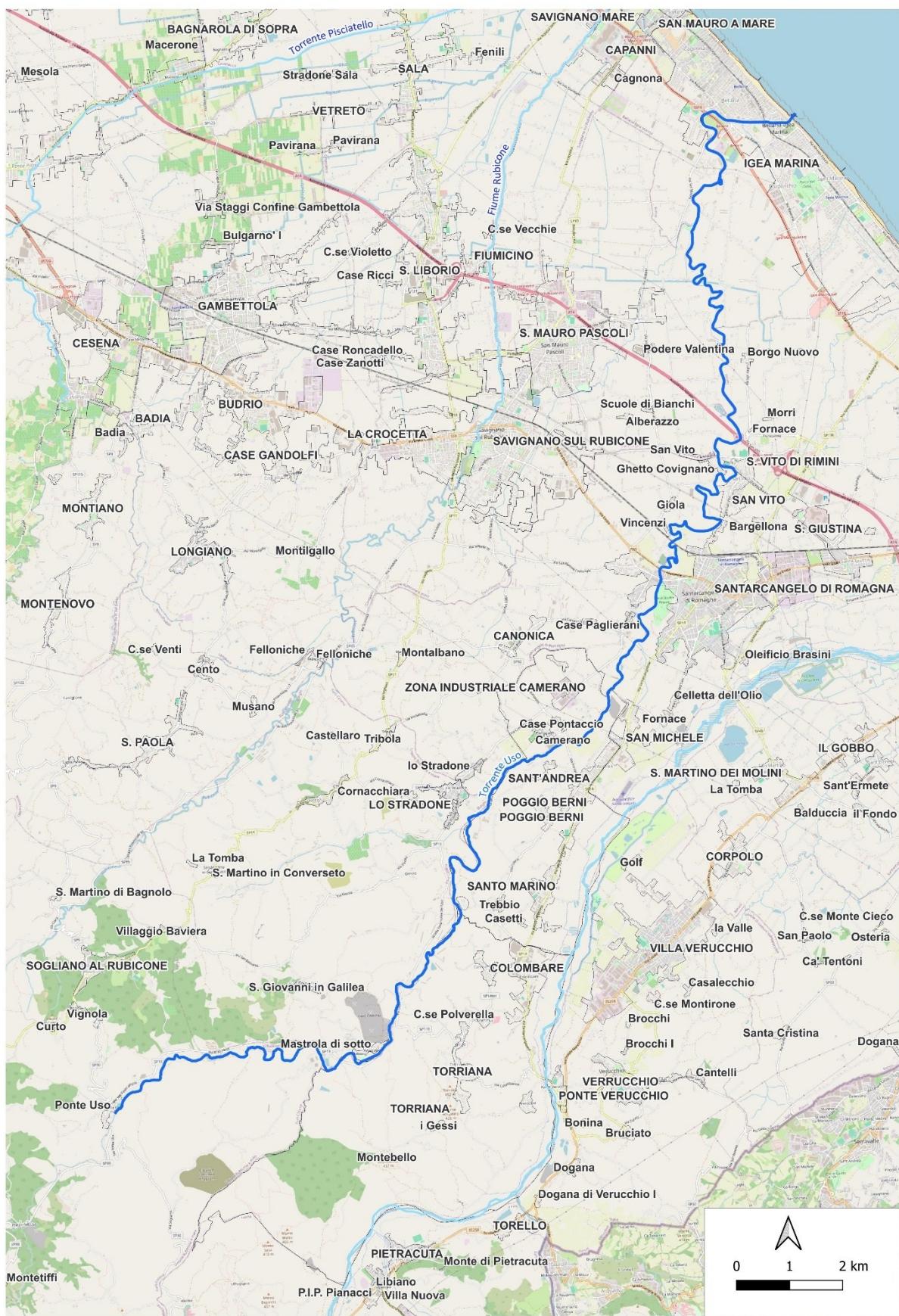
Il primo tratto di monte fino alla località di Pontaccio Macello in comune di Poggio Berni evidenzia un alveo significativamente inciso con un percorso estremamente irregolare con golene, terrazzi intermedi e un alveo quasi sempre monocursale.

Si può individuare un secondo tratto da Pontaccio Macello fino all'attraversamento dell'Autostrada A14. Qui la zona circostante è ancora collinare e le acque sono sempre contenute dalla morfologia naturale locale. L'alveo, da monte di Santarcangelo di Romagna, è spesso arginato, con difese spondali che proteggono le zone depresse o le zone golenali circostanti che sono prevalentemente interessate da aree agricole e in pochi casi da edifici isolati.

L'ultimo tratto, dalla A14 al mare, è pressoché arginato con continuità; il percorso è piuttosto irregolare tanto da poter essere definito meandriforme, con curve fitte e irregolari nella prima parte e la presenza di zone depresse intermedie o adiacenti, mentre nella seconda parte, da valle di Podere Isola, sono presenti curve più ampie intercluse fra alte arginature al di fuori delle quali sono presenti zone agricole intervallate da edifici sparsi.

Nell'ultimo tratto sono state effettuate delle sistemazioni per allargare le sezioni e potenziare le arginature fino all'interno di Bellaria. L'asta cittadina entro Bellaria – Igea Marina infatti è canalizzata in una prima parte più a monte con muri verticali e nel tratto più a valle con le banchine del porto canale.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Sogliano al Rubicone (FC), Borghi (FC), Poggio Torriana (RN), Santarcangelo di Romagna (RN), San Mauro Pascoli (FC), Savignano sul Rubicone (FC), Rimini e Bellaria-Igea Marina (RN).



**Fig. 1 Inquadramento cartografico dell'ambito di studio del fiume Uso**

### 3 Analisi morfologica

Il tratto di torrente Uso oggetto di analisi morfologica parte da località Ponte Uso di Sogliano in comune di Sogliano al Rubicone fino alla foce in comune di Bellaria-Igea Marina (RN) per una lunghezza di circa 37 km.

Il corso d'acqua scorre, per la sua prima parte, in ambito collinare, in una valle non eccessivamente stretta e che gli permette di avere anche in questo ambito un andamento di tipo sinuoso tra Ponte Uso e Masrola di sotto (frazione di Borghi -FC) con una fascia di mobilità storica relativamente ampia come evidenziato dall'analisi degli alvei storici.

A valle di Masrola l'alveo si stringe ed il corso d'acqua diventa di tipo monocursale fino alle porte di Santarcangelo di Romagna. Da notare che questa condizione morfologica non è sempre stata costante, ma anzi l'alveo ha subito nel tempo diversi spostamenti con tratti in cui esso scorreva più a sinistra del percorso attuale e altri tratti in cui il suo percorso storico era spostato a destra.

L'analisi delle variazioni planimetriche storiche del torrente nel tratto tra Masrola e Santarcangelo di Romagna mostra situazioni in cui vecchi ambiti fluviali sono oggi occupati da insediamenti di tipo artigianale che possono essere interessati da allagamenti in occasione di eventi con tempi di ritorno elevati.

A monte di Santarcangelo di Romagna iniziano i primi tratti arginati e il torrente diviene sostanzialmente monocursale con un andamento di tipo meandriforme, soprattutto a partire dalla via Emilia.

A partire da San Vito di Rimini iniziano con continuità i rilevati arginali che proseguono per tutto il tratto pianeggiante fino alla foce e al porto canale all'interno dell'abitato di Bellaria.

Il tratto di pianura ha subito spostamenti meno significativi e presenta una fascia di mobilità storica più stretta rispetto a quella collinare. In questo ambito il torrente è stato evidentemente contenuto all'interno di un sistema arginale abbastanza stabile nel tempo. Si registrano soltanto alcuni spostamenti legati a vecchie traslazioni di alcuni meandri che nel tratto terminale si sono spostati in direzione nord-sud longitudinalmente al percorso del fiume.

L'analisi delle tendenze evolutive ha messo in evidenza, nella parte collinare, vari tratti di sponda in erosione con tassi di arretramento variabili da pochi metri ad arretramenti maggiori. Questa tendenza si sviluppa in modo analogo fino all'abitato di Santarcangelo di Romagna dove l'alveo ha ancora una certa mobilità laterale.

Dopo Santarcangelo la mobilità laterale si riduce in modo sensibile e nel tratto di pianura rimangono fenomeni localizzati di erosione al piede dei rilevati arginali da monitorare perché possono arrecare danni alle opere di difesa.

Dal punto di vista delle opere rilevate, nel tratto montano sono presenti alcune soglie e briglie per la stabilizzazione del fondo alveo.

Alcune di queste, dotate di tubazioni o scatolari di fondo, vengono utilizzate per l'attraversamento del torrente e sono state parzialmente danneggiate in occasione dei recenti eventi alluvionali.

Oltre alle soglie sono presenti, sempre nel tratto montano, alcune opere di difesa spondale anche se in quantità modesta.

Le prime opere significative sono localizzate all'altezza di Santarcangelo dove iniziano anche i primi tratti arginati.

A valle del tracciato dell'autostrada A14 il torrente presenta una serie di meandri all'interno dei quali sono state ricavate, grazie anche ad arginature esterne a quelle principali, delle aree di espansione che si attivano grazie ad alcuni manufatti posti lungo il corso d'acqua che, determinando dei restringimenti dell'alveo, inducono il rigurgito delle portate in arrivo ed il superamento di soglie ribassate e il conseguente accumulo delle portate in eccesso nelle aree fra i meandri o in quelle ricavate all'esterno delle arginature principali.

L'analisi della qualità morfologica ha portato a suddividere il torrente in 3 segmenti differenti determinati dal cambio di unità fisiografica. A loro volta i 3 segmenti sono stati suddivisi in 11 tratti omogenei complessivi di cui 6 per il primo segmento, 2 tratti per il secondo segmento e 3 tratti per il segmento finale.

Le valutazioni relative alla qualità morfologica del corso d'acqua hanno portato a valori complessivamente buoni per tutto l'ambito collinare indicativamente fino a Santarcangelo di Romagna e San Vito come si può vedere dalle immagini successive. A valle di San Vito di Rimini e del tracciato dell'autostrada A14 la qualità morfologica si riduce per l'entrata del torrente nella zona di pianura maggiormente urbanizzata e antropizzata e anche per la minore mobilità laterale del torrente che viene contenuto all'interno del sistema arginale realizzato a protezione dei territori pianeggianti laterali.

Il confronto fra i DTM RER 2024 e DTM 2009 MATTM (da cui sono stati esclusi i valori con differenza altimetrica compresi da -1 a 1 m per ridurre eventuali errori di sovrapposizione, quota livello idrico e pulizia della vegetazione) evidenzia modeste variazioni avvenute negli ultimi 15 anni.

Più in particolare si segnalano lievi differenze nel tratto a monte di Santarcangelo dove si registrano sia modesti approfondimenti dell'alveo che il rialzo di alcuni tratti di rilevato arginale.

Ulteriori differenze si registrano nel tratto di pianura a valle del tracciato autostradale dove l'analisi delle differenze fra i DTM mette in evidenza sia abbassamenti dell'alveo all'interno del sistema arginale, ma anche il rialzo dei rilevati arginali stessi. Si nota in particolare l'innalzamento dei rilevati per la realizzazione delle aree di espansione ricavate esternamente al sistema di arginatura principale.

Dal punto di vista degli effetti determinati dai recenti eventi alluvionali il torrente Uso è stato interessato da locali fenomeni di esondazione che hanno coinvolto aree nelle immediate vicinanze del torrente come a Sogliano, Masrola, Case Lombardi, Case Farina e Case Pontaccio. In queste aree sono state interessate alcune attività artigianali, aree sportive e qualche capannone, oltre a qualche casa isolata.

Scendendo verso valle a monte di Santarcangelo allagamenti hanno interessato la zona del tiro a segno, e altre aree a monte del ponte di via Costa. Altri allagamenti si sono registrati fra la via Emilia e Covignano con interessamento di una parte del nucleo abitato.

Altri allagamenti si sono registrati a San Vito e a San Mauro Pascoli con interessamento di alcuni edifici residenziali, e ancora più a valle verso Bellaria dove anche in questo caso sono stati interessati vari edifici residenziali sparsi sul territorio nelle vicinanze del corso d'acqua.

## 4 Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento

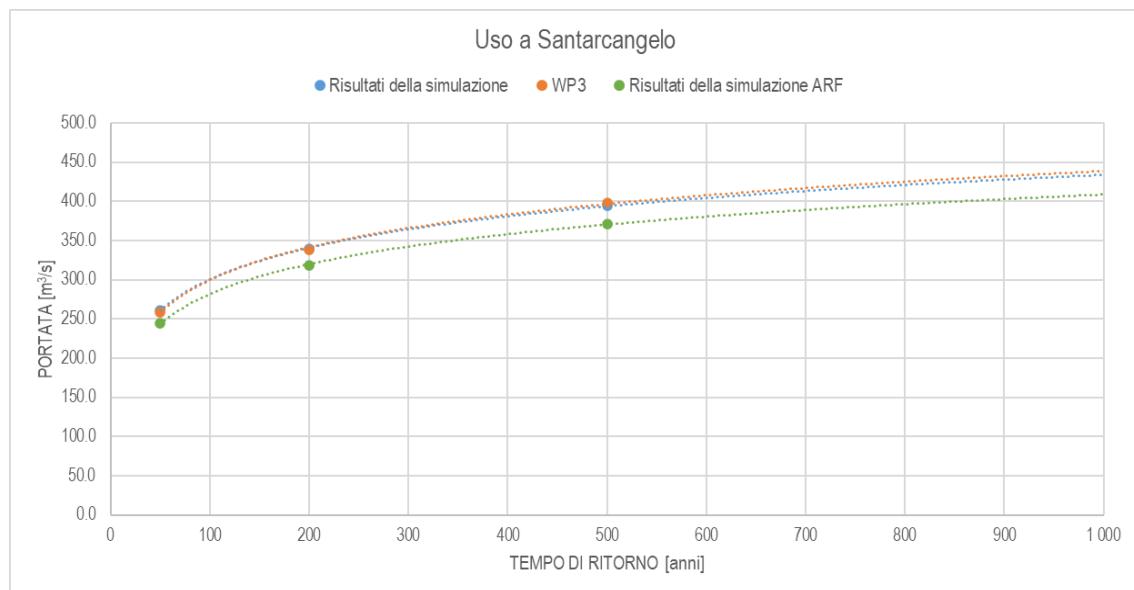
Nel presente paragrafo sono riportati in sintesi gli esiti dell'analisi idrologica, la cui impostazione metodologica generale è descritta nella Relazione Tecnica del progetto di variante. Il valore massimo delle portate al colmo del fiume Uso è riportato nella tabella seguente.

**Tab. 1 Portate di piena per il fiume Uso**

| Bacino | Corso d'acqua | Progr (km) | Sezione        | Sup. (km <sup>2</sup> ) | T50 (m <sup>3</sup> /s) | T200 (m <sup>3</sup> /s) | T500 (m <sup>3</sup> /s) | Idrometro <sup>1</sup>                               |
|--------|---------------|------------|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Uso    | Uso           | 11         | Ponte Uso      | 49,3                    | 120                     | 150                      | 170                      |  |
| Uso    | Uso           | 39         | Autostrada A14 | 113                     | 260                     | 340                      | 395                      | Santarcangelo di Romagna (5km a monte della sezione) |

In Fig. 2 sono riportati i confronti tra:

- “Risultati della simulazione” (indicatori blu): massime portate al colmo ottenute dal modello idrologico allestito per il presente studio;
- “WP3” (indicatori arancioni): valori di massima piena di riferimento dallo studio WP3<sup>2</sup>;
- “Risultati della simulazione ARF” (indicatori verdi): massime portate al colmo ottenute dal modello idrologico allestito per il presente studio, con applicazione del coefficiente ARF.



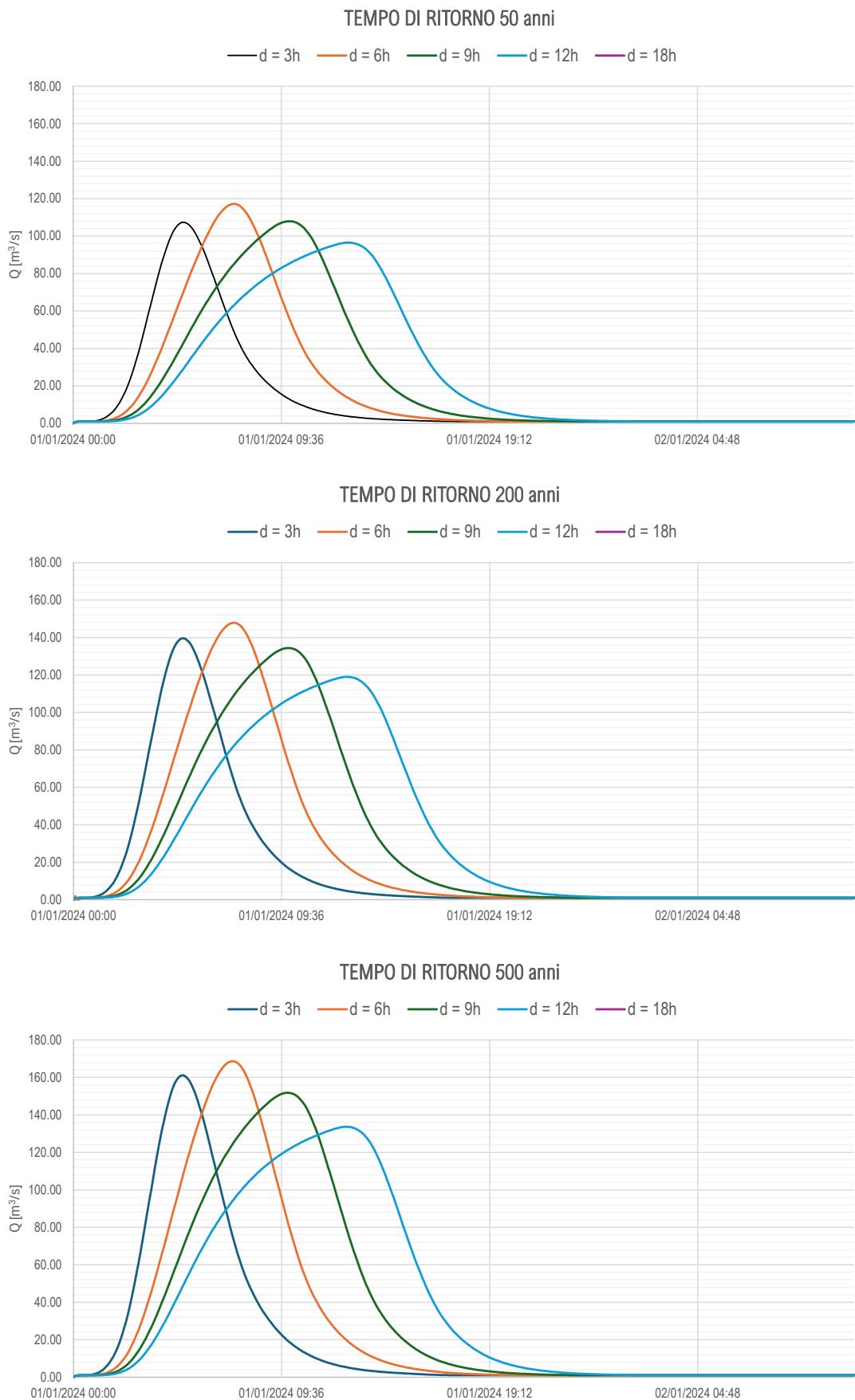
**Fig. 2 Santarcangelo confronto portate al colmo con WP3**

Gli eventi di piena di riferimento, nelle diverse sezioni di chiusura indicate e per durate di pioggia pari a 3, 6, 9 e 12 ore sono riportati in Fig. 3 e Fig. 4. Si osservi che le portate al colmo indicate in Tab. 1 fanno riferimento, in ogni sezione e per ogni tempo di ritorno indagato, al valore massimo ottenuto per le

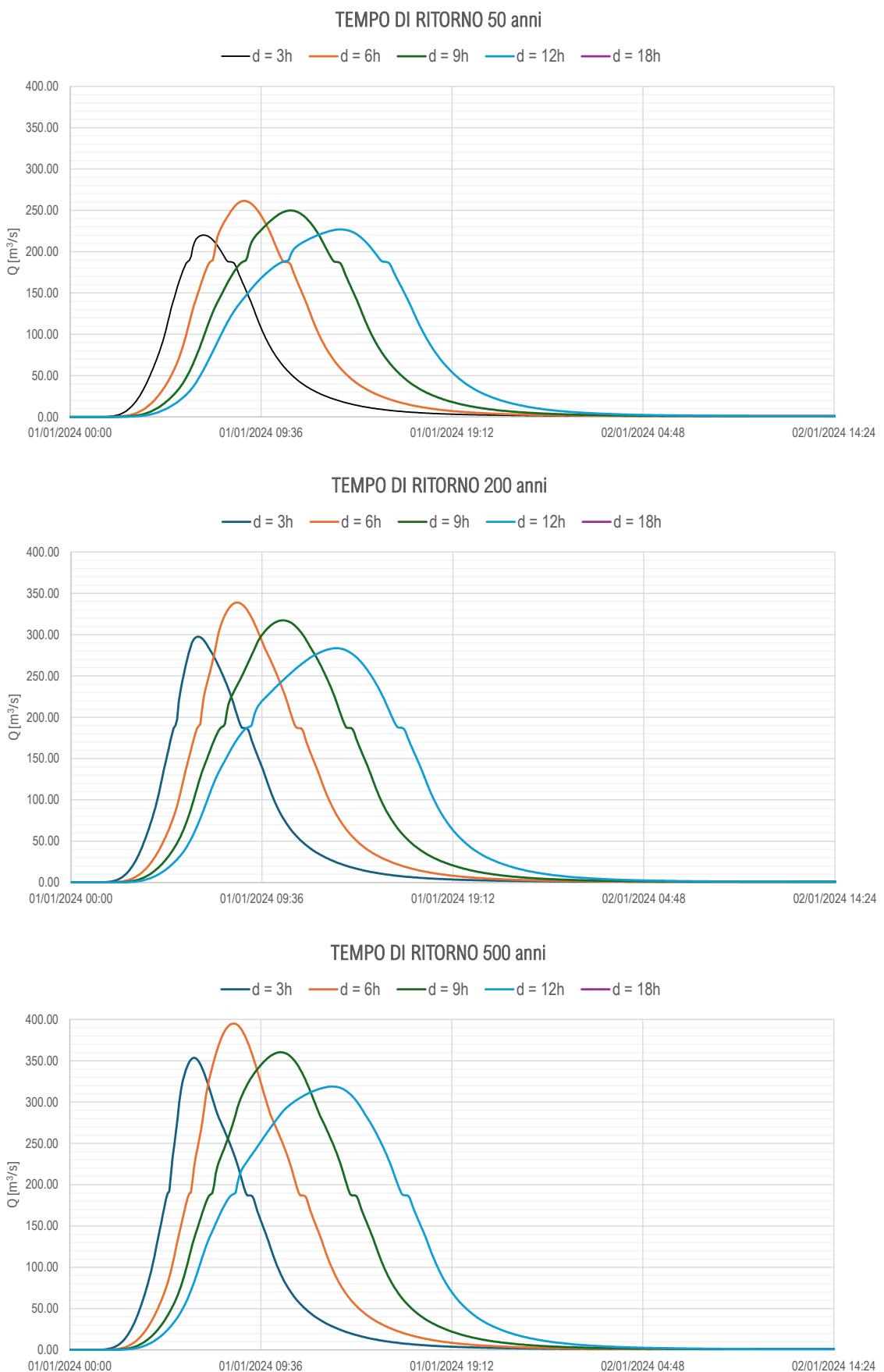
<sup>1</sup> Idrometri rete ARPAE 2025

<sup>2</sup> Esiti Accordo *Caratterizzazione del regime di frequenza degli estremi idrologici nel Distretto Po, anche considerando scenari di cambiamento climatico Idrologia di piena* (c.d. idrologia di piena) sottoscritto fra l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, il Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, l'Università degli Studi di Brescia e l'Università degli Studi di Parma – Dipartimento di Ingegneria e Architettura (2023)

diverse durate di pioggia considerate, arrotondato a multipli di 5. In questo caso, per entrambe le sezioni la durata critica dell'evento per cui si registrano le massime portate è pari a 6 ore.



**Fig. 3 Uso a Ponte Uso: idrogrammi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) di riferimento T50, T200, T500**



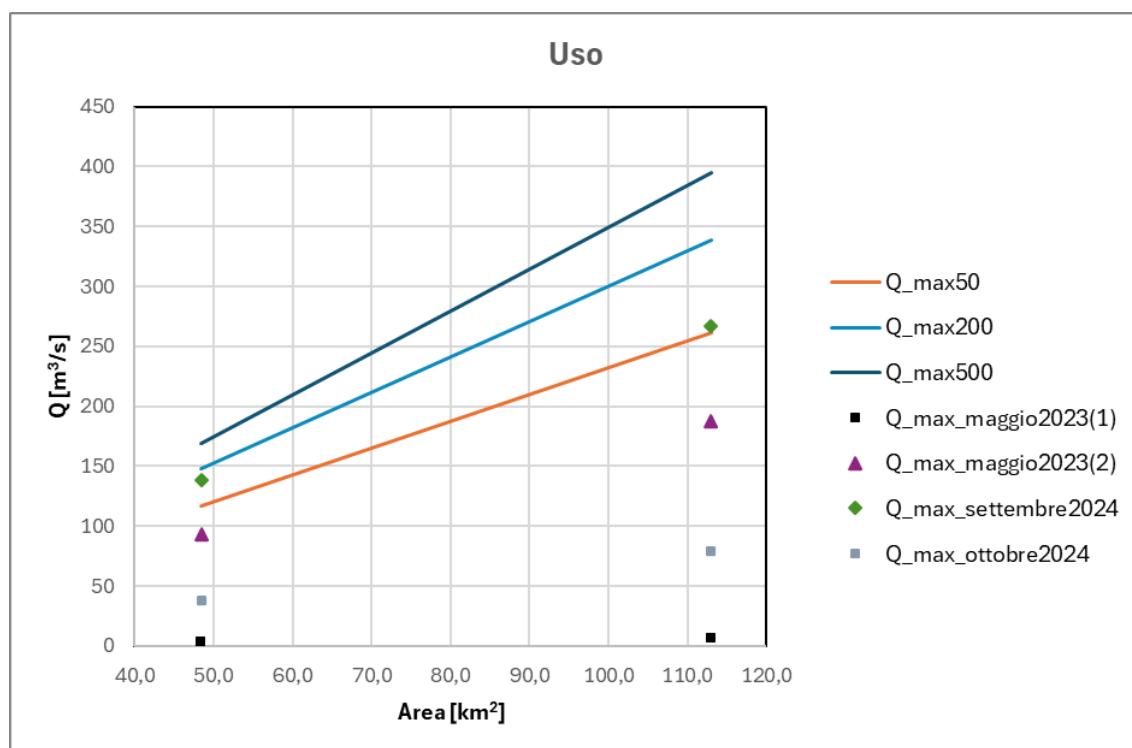
**Fig. 4 Uso in corrispondenza di autostrada A14: idrogrammi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) di riferimento T50, T200, T500**

Nell'ambito dell'analisi idrologica è stata inoltre eseguita la ricostruzione degli idrogrammi di pieni potenziali degli eventi gravosi più recenti (2023-2024).

Per quanto concerne la stima di quest'ultimi, a causa dell'assenza di stime affidabili di portata agli idrometri (quando presenti), si è resa necessaria l'esecuzione di molte simulazioni idrauliche in moto vario volte al confronto tra i reali effetti al suolo verificatisi e quelli simulati usando come forzante gli idrogrammi stimati. Tale confronto, seppur nel quadro complessivo delle incertezze in cui si inserisce, è stato finalizzato alla valutazione della bontà delle stime idrologiche e ad una loro eventuale revisione qualora i risultati modellistici non fossero soddisfacenti.

Sul fiume Uso è presente un solo idrometro a Santarcangelo di Romagna i cui dati sono stati utilizzati per calibrare il modello idrologico ed individuare le portate di progetto; si osserva che l'idrometro ha registrato dei livelli solo durante i recenti eventi più gravosi avvenuti nell'autunno 2024 ma non ha registrato dati in continuo durante gli eventi del 2023.

In Fig. 5 è proposto il confronto, nelle diverse sezioni di chiusura del bacino, tra le portate massime idrologiche ottenute per i 4 eventi simulati e le portate di riferimento calcolate per i diversi tempi di ritorno nelle medesime sezioni. Si osserva che l'evento di settembre 2024, il più gravoso per il bacino in esame, è caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 50 anni.



**Fig. 5 Confronto tra le portate massime di riferimento con i valori massimi osservati nei più gravosi eventi recenti (2023-2024), in funzione dell'area contribuente, per il bacino dell'Uso.**

## 5 La geometria del modello 2D

Nell'implementazione dei modelli bidimensionali si è prestata particolare cura e attenzione alla definizione delle caratteristiche piano-altimetriche del corso d'acqua e delle aree allagabili. Per la parte di alveo al di sopra del livello idrico di magra sono stati utilizzati i modelli digitali del terreno (DTM Lidar) più recenti disponibili. In particolare, si è fatto riferimento:

- lungo le aste fluviali, al DTM Agenzia Regionale Protezione Civile e Difesa del Suolo (periodo marzo - giugno 2024, [https://servizgis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm\\_apc\\_fiumi\\_2024](https://servizgis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm_apc_fiumi_2024)), per la parte montana dell'asta;
- per le aree di pianura, al DTM Regione Emilia-Romagna 2023-2024 ([https://servizgis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmer2023\\_24](https://servizgis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmer2023_24));
- i limitati areali non interessati dai DTM citati sono stati coperti attraverso il DTM Piano Straordinario Telerilevamento Nazionale del Ministero dell'Ambiente (2008-2015).

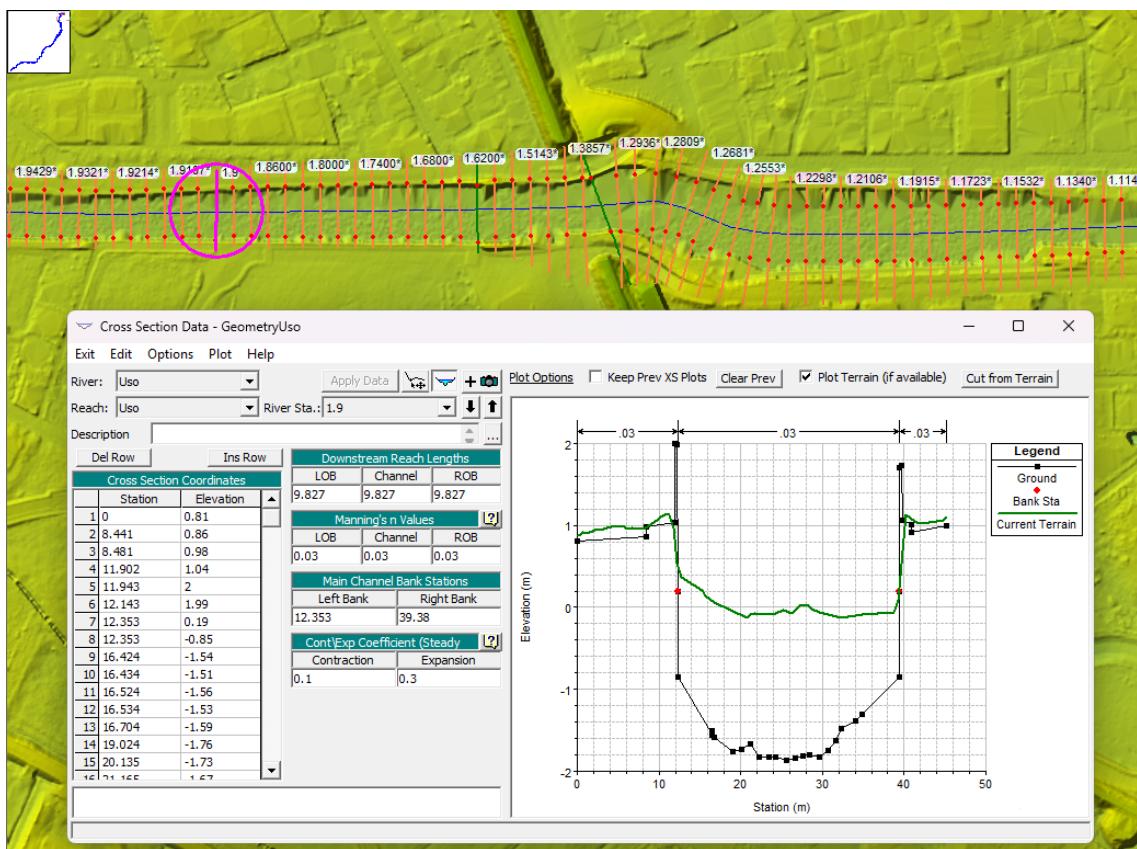
Per la parte di alveo posta al di sotto del livello idrico di magra, non rilevabile attraverso il sistema Lidar, sono state utilizzate le sezioni topografiche rilevate tra maggio e luglio 2024 ed eventuali ulteriori sezioni d'alveo recenti disponibili. Attraverso tali dati è stato generato un modello digitale del terreno della porzione di alveo posta al di sotto del pelo libero. Tale attività è stata effettuata nei tratti in cui l'incidenza della porzione sommersa di alveo inciso (in condizioni di regime ordinario – alla data del rilievo) è risultata rilevante rispetto alla sezione di deflusso di piena, e dove il DTM risultava particolarmente "disturbato" da quote relative a elementi di vegetazione o a interpolazioni non corrette conseguenti all'attività di rimozione delle strutture di attraversamento.

Successivamente è stato prodotto un unico DTM ottenuto come unione dei due suddetti modelli digitali del terreno (batimetria e parte emersa); nelle zone sovrapposte è stato considerato il DTM ricavato attraverso le sezioni batimetriche (Fig. 6). In tal modo si è ottenuto un unico modello digitale del terreno, rappresentativo delle caratteristiche geometriche complete dell'alveo, senza la presenza di acqua. Per l'applicazione di tale procedura sono stati utilizzati appositi applicativi dei programmi di modellazione idraulica, GIS e CAD.

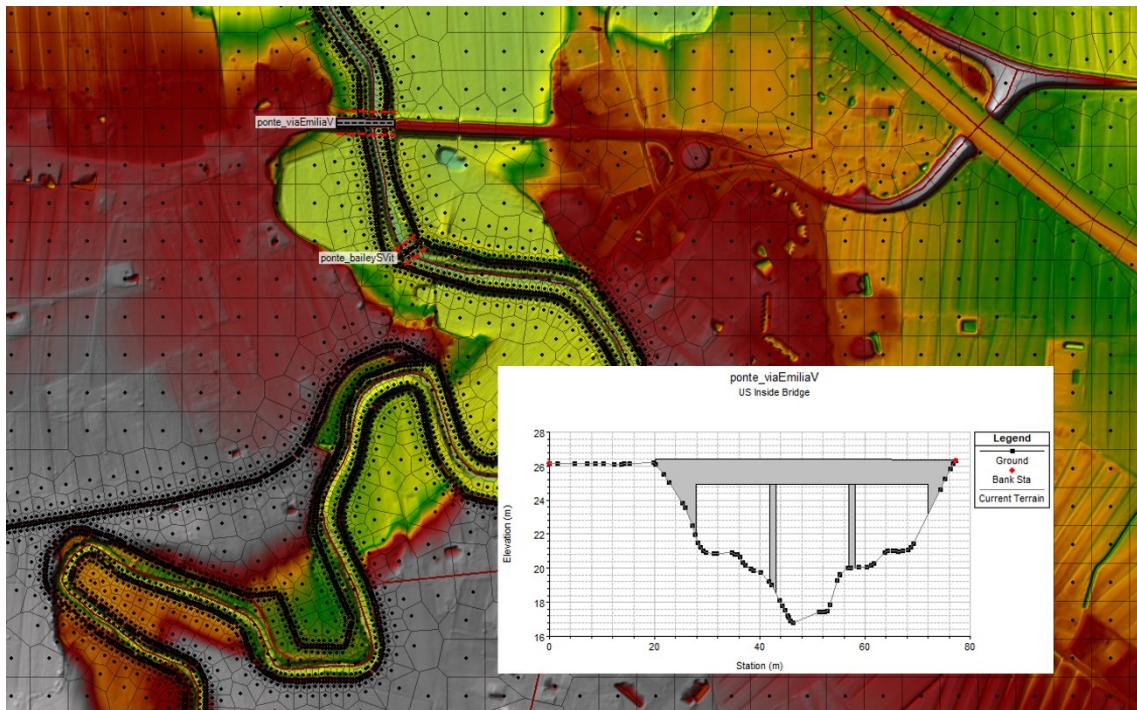
Nei modelli numerici di dettaglio allestiti sono stati inseriti tutti i manufatti di attraversamento presenti e le opere idrauliche trasversali (traverse/briglie) interferenti con le dinamiche di piena. Le strutture interferenti con il corso d'acqua sono state implementate direttamente nella griglia di calcolo con l'apposita funzione modellistica SA/2D connection (Fig. 7).

Per l'implementazione dello schema bidimensionale, la descrizione geometrica utilizzata è a maglie di calcolo del tipo flexible mesh, adatte a discretizzare in maniera dettagliata le varie geometrie da ricostruire con particolare interesse per le arginature e le opere interferenti il deflusso della piena sia in alveo sia nelle aree di esondazione.

La schematizzazione 2D flexible mesh ha consentito di definire celle variabili sia in dimensione sia in forma. La dimensione della maglia principale è costituita da celle 50 m x 50 m; con l'inserimento delle breakline di dettaglio, il dominio di calcolo è passato a celle di risoluzione 2 m x 2 m nei punti in cui si è ritenuto necessario aumentare la discretizzazione per cogliere il dettaglio delle discontinuità morfologiche del terreno con particolare interesse alle zone in prossimità delle viabilità, arginature e canali. Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D è di 108067.



**Fig. 6 DTM (verde) a confronto con la sezione rilevata Uso\_02 a monte della passerella di via Uso (Bellaria – Igea Marina)**



**Fig. 7 Esempio geometria di un attraversamento**

## 6 Stima della capacità di portata nel tratto arginato

Una prima fase di lavoro è stata finalizzata a stimare la capacità di portata attuale, ancorché con franchi limitati, del tratto arginato dall'Autostrada A14 alla foce. Tale valore di portata rappresenta la portata limite attuale.

Le simulazioni sono state condotte nella configurazione ad argini insormontabili e a portata costante.

Si evidenzia che, in generale, le portate compatibili valutate con un'analisi in moto permanente tendono a essere maggiormente cautelative rispetto ad un'analisi in moto vario.

### 6.1 Le condizioni al contorno

#### 6.1.1. Portate

I valori di portata di riferimento sono stati definiti a partire dalla portata con tempo di ritorno 50 anni individuata nell'analisi idrologica; sono state simulate diverse portate incrementando e decrementando Q50 ( $260 \text{ m}^3/\text{s}$ ) di un valore stimato a partire dal 30% (Q200-Q50).

Le portate simulate per l'Uso sono indicate in Tab. 2.

**Tab. 2 Portate moto permanente**

|                             |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 160 | 185 | 210 | 235 | 260 | 285 | 310 | 340 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

#### 6.1.2. Condizioni di valle

Il modello implementato per la valutazione della capacità dei tratti arginati comprende l'asta del fiume Uso dall'Autostrada A14 fino al mare. La condizione al contorno di valle del modello è stata posta considerando un livello di pare pari a 1.25 m s.m. (media probabilità secondo lo studio "Approfondimento Tecnico Scientifico sui Quadri Conoscitivi in Ambito Costiero")<sup>3</sup>.

### 6.2 Scabrezze

Il set di portate così definito è stato simulato facendo riferimento alla scabrezza definita in funzione dalla perimetrazione di dettaglio dell'uso del suolo. In tale scenario le scabrezze associate alle diverse condizioni morfologiche della sezione di deflusso, alla presenza di vegetazione e allo stato di manutenzione sono state definite in funzione dei valori di riferimento di Gauckler-Strickler (a partire da letteratura, in particolare *Open-channel hydraulics, Ven Te Chow*) riportati nella tabella seguente.

**Tab. 3 Uso suolo – coefficienti di scabrezza associati (Gauckler-Strickler)**

| Uso suolo  | Scabrezza ( $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ) |
|--|---|
| Strade/Ferrovie/Aeroporti                                      | 50,0                                    |
| Alvei di fiumi con vegetazione scarsa/bacini/Canali            | 28,6                                    |
| Prati stabili/Parchi   | 25,0                                    |
| Rocce nude/Calanchi  | 25,0                                    |
| Alvei di fiumi con vegetazione abbondante/Zone Umide salmastre | 20,0                                    |
| Seminativi semplici  | 20,0                                    |
| Sistemi culturali complessi                                    | 17,2                                    |
| Vigneti / Frutteti / oliveti                                   | 16,7                                    |

<sup>3</sup> Esiti Accordo di collaborazione per l'"Approfondimento tecnico-scientifico sui quadri conoscitivi in ambito costiero" (c.d. accordo Mare) sottoscritto fra l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, l'Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine di Venezia (2023)

|  |      |
|--|------|
| Strutture residenziali isolate / Ville                                       | 11,1 |
| Cespuglieti e arbusteti  | 9,6  |
| Insediamenti produttivi o commerciali / Tessuto residenziale rado / Impianti | 8,7  |
| Boschi   | 4,5  |
| Tessuto residenziale urbano/ Tessuto residenziale compatto e denso           | 4,3  |

Per verificare la sensibilità sul parametro, sono stati inoltre simulati due ulteriori scenari di scabrezza:

- scabrezza omogenea su intera sezione traversale assunta pari a  $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (Gauckler-Strickler);
- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale assunta pari a  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (Gauckler-Strickler).

### 6.3 Simulazioni e risultati ottenuti

I livelli idrici restituiti dalle simulazioni 2D sono stati estratti, per ogni portata e per ogni scenario di scabrezza, con passo 100 m lungo le arginature sia in sinistra che in destra, permettendo poi la definizione del relativo franco idraulico rispetto alla quota locale di sommità arginale.

**Tab. 4 Classi di valutazione del franco idraulico sulle arginature**

|           |                   |                    |                     |             |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------|
| FR < 0 cm | 0 cm < FR < 30 cm | 30 cm < FR < 50 cm | 50 cm < FR < 100 cm | FR > 100 cm |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------|

Anche in corrispondenza degli attraversamenti sono stati estratti i livelli a monte e a valle del ponte permettendo di stimare, in prima approssimazione, l'interferenza con il deflusso dell'opera e il relativo franco idraulico (calcolato rispetto agli appoggi). Per ogni opera ad arco è riportata anche la quota di intradossso in chiave che permette una prima valutazione sull'effettiva adeguatezza della quota dell'impalcato rispetto ai massimi livelli di piena.

**Tab. 5 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti**

|           |                   |                    |                     |                      |             |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| FR < 0 cm | 0 cm < FR < 30 cm | 30 cm < FR < 50 cm | 50 cm < FR < 100 cm | 100 cm < FR < 150 cm | FR > 150 cm |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------|

L'analisi proposta permette di stimare la portata compatibile per tratti del sistema arginale; tali tratti sono stati individuati facendo riferimento alla rete idrometrica esistente e pertanto, in genere, sono definiti tra due attraversamenti dotati di sensori di misura dei livelli idrometrici.

La portata è valutata compatibile allorché il franco sia superiore o uguale a 50 cm.

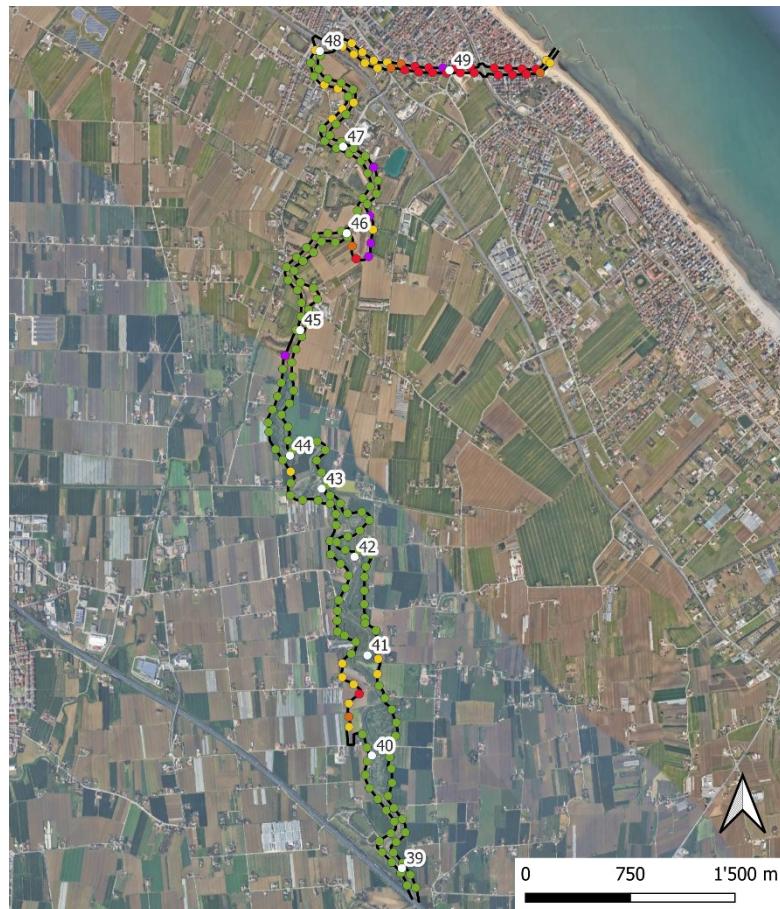
L'analisi di sensitività eseguita sulle scabrezze ha confermato come in alvei arginati a sezione regolare sia rilevante l'incidenza di tale parametro tanto più la larghezza a piene rive dell'alveo sia modesta. In generale, minore è la scabrezza e maggiore è la portata compatibile.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi dei risultati ottenuti in termini di portate compatibile per tratti omogenei considerando la scabrezza definita in funzione dell'uso del suolo, in quanto più cautelativa e rappresentativa dell'assetto attuale. I valori puntuali dei franchi idraulici relativi a tutti gli scenari di scabrezza considerati. I valori puntuali dei franchi idraulici relativi a tutti gli scenari di scabrezza considerati sono stati condivisi con l'autorità idraulica competente (Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile della Regione Emilia-Romagna) e con la Regione Emilia-Romagna.

In Fig. 8 è riportato un esempio grafico del risultato ottenuto in termini di franco idraulico sulle arginature per la portata di 235 m<sup>3</sup>/s nel caso con scabrezza derivata dall'uso del suolo.

**Tab. 6 Portata compatibile fiume Uso – scenario scabrezza da uso del suolo**

| ID | Tratto   | Q compatibile (m <sup>3</sup> /s) |
|----|--|-----------------------------------|
| 1  | SS16 - foce  | 160                               |
| 2  | Via Fornace (Bellaria-Igea Marina) - SS16                          | 235                               |
| 3  | golena in corrispondenza di via Fornace (Bellaria-Igea Marina)     | 160                               |
| 4  | Valle della cassa Ca Giorgetti- via Fornace (Bellaria-Igea Marina) | 285                               |
| 5  | monte della cassa Ca Giorgetti- valle della cassa Ca Giorgetti     | 185                               |
| 6  | Autostrada A14 - monte della cassa Cà Giorgetti                    | 285                               |



**Fig. 8 Franco idraulico sulle arginature del fiume Uso per una portata di 210 m<sup>3</sup>/s**

Per quanto riguarda i valori di portata compatibile ottenuti con le simulazioni a moto permanente bisogna tenere in considerazione il fatto che tra il km 40 e il km 42 (a valle dell'Autostrada A14) sono presenti delle aree goleinali che in condizione di regime di piena si allagano producendo un'efficace laminazione delle portate, come osservato dalle simulazioni a moto vario. La configurazione ad argini insormontabili riduce questo effetto trasferendo a valle i picchi di piena che nella realtà vengono attenuati dal sistema goleale, dunque, facendo sì che anche per sezioni più a valle (tra km 46 e km 49) la portata compatibile per le simulazioni a moto permanente risulti molto inferiore alla T50; tali tratti di valle, nelle simulazioni a moto vario, T50, T200 e T500 risultano verificati per effetto della laminazione di monte.

## **7 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale**

Le analisi in moto vario hanno interessato il fiume Uso da Ponte Uso alla foce a Bellaria – Igea Marina, circa 37 km, tra le province di Forlì-Cesena e Rimini.

Il modello numerico 2D allestito è stato utilizzato nella configurazione ad argini sormontabili ma non erodibili.

### **7.1 Le condizioni al contorno**

#### **7.1.1. Portate**

Le simulazioni sono state condotte a partire dagli eventi di piena di riferimento per tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni definiti nell’analisi idrologica e sinteticamente illustrati nel paragrafo 4.

Per ogni tempo di ritorno sono stati simulati eventi associati a durate di pioggia di 3, 6, 9 e 12 ore.

In ingresso al modello sono stati inseriti gli idrogrammi corrispondenti alla sezione di chiusura posta in corrispondenza di Ponte Uso di Sogliano. Nel tratto compreso tra Ponte Uso e attraversamento dell’autostrada A14 è stato distribuito il contributo dell’interbacino sotteso.

#### **7.1.2. Condizioni di valle**

La condizione al contorno di valle del modello è stata posta considerando un livello di pare pari a 1.25 m s.m. (media probabilità secondo lo studio “Approfondimento Tecnico Scientifico sui Quadri Conoscitivi in Ambito Costiero”)<sup>4</sup>.

### **7.2 Scabrezze**

Come descritto al par. 6.2, i valori di scabrezza utilizzati sono stati definiti a partire dalla perimetrazione di dettaglio dell’uso del suolo.

Alle diverse forme di uso del suolo, sono state associate le scabrezze riassunte nella Tab. 3 desunte da letteratura.

### **7.3 Simulazioni e risultati ottenuti**

I modelli numerici 2D implementati sono stati utilizzati per definire le condizioni di pericolosità attuali rispetto ad eventi a gravosità crescente (tempo di ritorno associato pari a 50, 200 e 500 anni).

Preliminarmente a tali simulazioni è stata indagata la possibilità di calibrare il modello allestito rispetto agli eventi reali recenti (1-4 e 16-18 maggio 2023, settembre e ottobre 2024). Tuttavia, per il fiume Uso, non sono disponibili idrogrammi di portata misurati ma solo alcune stime puntuale approssimate di valori di portata al colmo. Questa condizione impedisce, di fatto, una taratura diretta del modello idraulico.

Per i 4 eventi recenti citati, nell’ambito dell’analisi idrologica, sono stati ricostruiti gli idrogrammi di piena (potenziali) lungo le aste oggetto di studio a partire dalle precipitazioni misurate ARPAE. Gli idrogrammi così ricostruiti sono stati applicati come condizioni a contorno.

Gli eventi simulati di assegnato tempo di ritorno sono stati confrontati, in termini di aree allagabili, con gli strumenti di pianificazione e le evidenze degli eventi recenti disponibili; in particolare si è fatto riferimento a:

---

<sup>4</sup> Esiti Accordo di collaborazione per l’“*Approfondimento tecnico-scientifico sui quadri conoscitivi in ambito costiero*” (c.d. accordo Mare) sottoscritto fra l’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, l’Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine di Venezia (2023)

- evento T50: perimetrazione P3 PGRA 2021 che riprende la perimetrazione delle zone a rischio idrogeologico (art.9 del preesistente PAI), aree inondabili per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni (ITI01319\_P3);
- evento T200: perimetrazione P2 PGRA 2021 (ITI01319\_P2);
- evento T500: perimetrazione Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile Evento 16-17 maggio e perimetrazione P1 del PRGA 2021.

I risultati della modellazione idraulica hanno mostrato che:

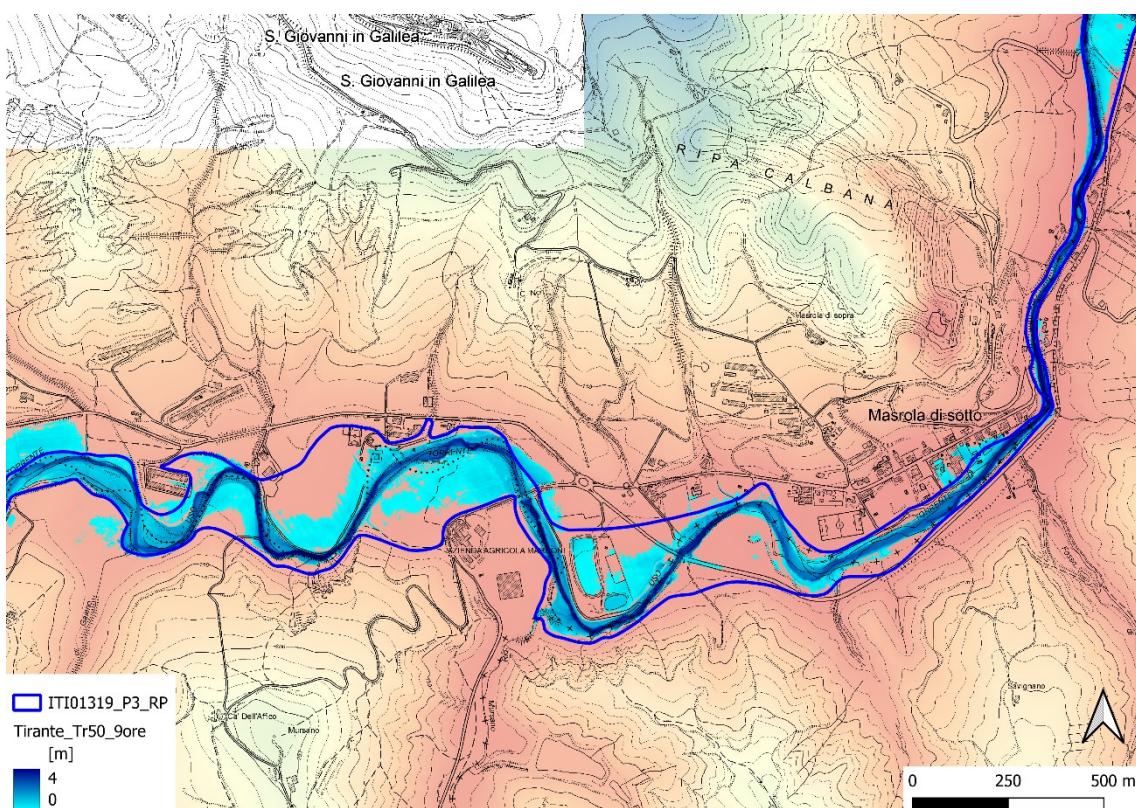
- nella zona di monte la durata critica di pioggia è 6 ore;
- nelle aree di pianura il maggior volume dell'evento di durata 9 ore induce tiranti di qualche centimetro superiori pur impattando il medesimo areale.

Nel seguito sono sinteticamente illustrate le evidenze delle analisi eseguite relativamente ai tre tempi di ritorno indagati per le durate critiche. Si osservi che le restituzioni delle aree inondabili, in termini di tiranti, velocità e quote idriche, rappresentano, per tempo di ritorno, sempre l'inviluppo dei massimi valori ottenuti dalle simulazioni eseguite per eventi di piena definiti dalle diverse durate di pioggia ipotizzate (3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore).

### 7.3.1. Evento T50

Tra Ponte Uso e Santarcangelo, l'ambito fluviale è vincolato dai versanti e i deflussi coinvolgono tale areale senza interessare abitati o infrastrutture.

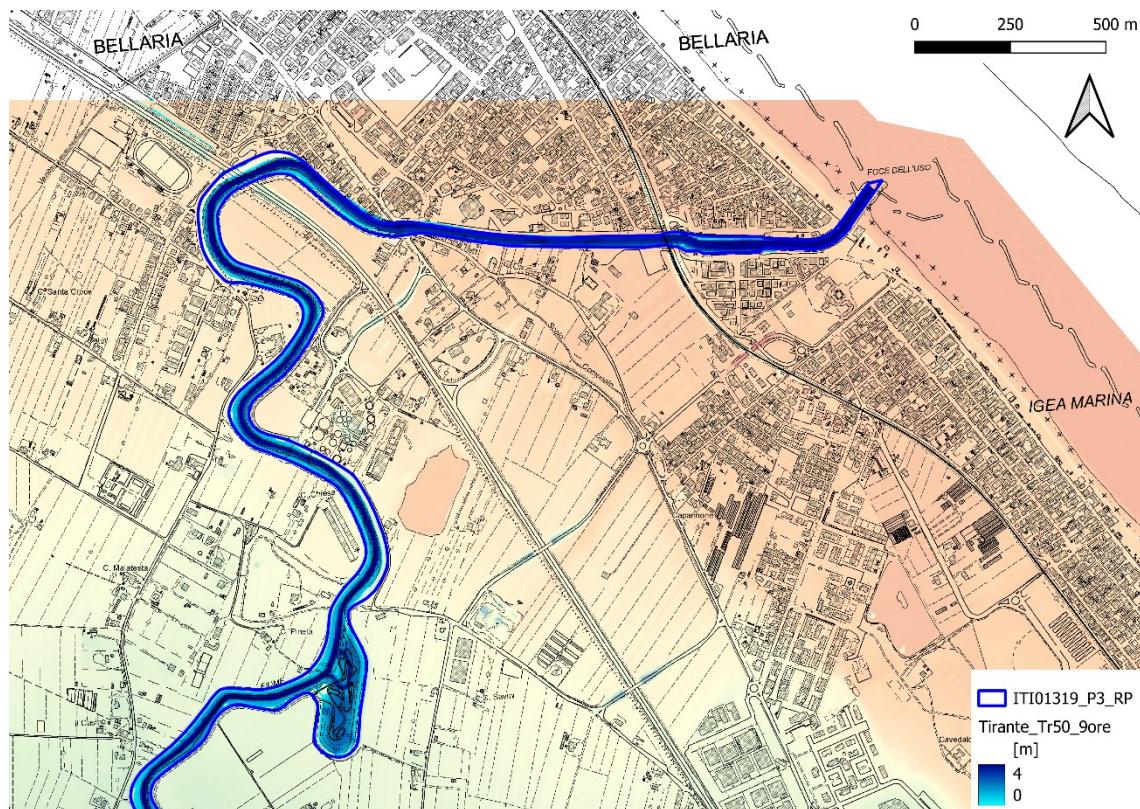
Nel tratto montano del fiume Uso si osserva una buona corrispondenza tra le fasce P3 del PGRA 2021 che riprende la perimetrazione art.9 del preesistente PAI, e le evidenze del modello numerico (Fig. 9).



**Fig. 9 T50 (durata di pioggia 6 ore): massimi tiranti e confronto con limiti P3 PGRA 2021 (in blu) nella zona di Masrola del comune di Borghi (FC)**

Nel tratto terminale del Fiume Uso, in corrispondenza del comune di Bellaria – Igea Marina, a seguito dell'evento del novembre 2015, è stata avviata una progettazione di rialzo dei muri arginali del porto canale a protezione dalle esondazioni principalmente per rigurgito degli eventi meteo marini. Tali manufatti, ancorché in fase di realizzazione, sono stati inseriti nel modello idraulico come SA/2D connections (capitolo 5) con valore della quota sommitale pari alla quota di progetto dei nuovi muri.

Come conseguenza di questo intervento, i massimi livelli simulati in prossimità della foce sono contenuti dai manufatti (Fig. 10).



**Fig. 10 T50 (durata di pioggia 9 ore): massimi tiranti e confronto con limiti P3-PGRA 2021**

### 7.3.2. Evento T200

Tra Ponte Uso e Santarcangelo, l'ambito fluviale è vincolato dai versanti e i deflussi si mantengono all'interno di tale areale senza interessare abitati o infrastrutture anche quando il sistema è forzato da eventi più gravosi con tempo di ritorno 200 anni.

Spostandosi lungo l'asta fluviale verso Santarcangelo di Romagna le aree allagabili diventano più ampie occupando le zone goleinali lungo i meandri. I tiranti massimi simulati per T200 anni si mantengono comunque all'interno delle fasce P2 del PGRA 2021 e, anche nei pressi del centro abitato di Santarcangelo di Romagna, le esondazioni risultano limitate e prevalentemente concentrate in zone rurali senza coinvolgere i grandi centri abitati (Fig. 11).

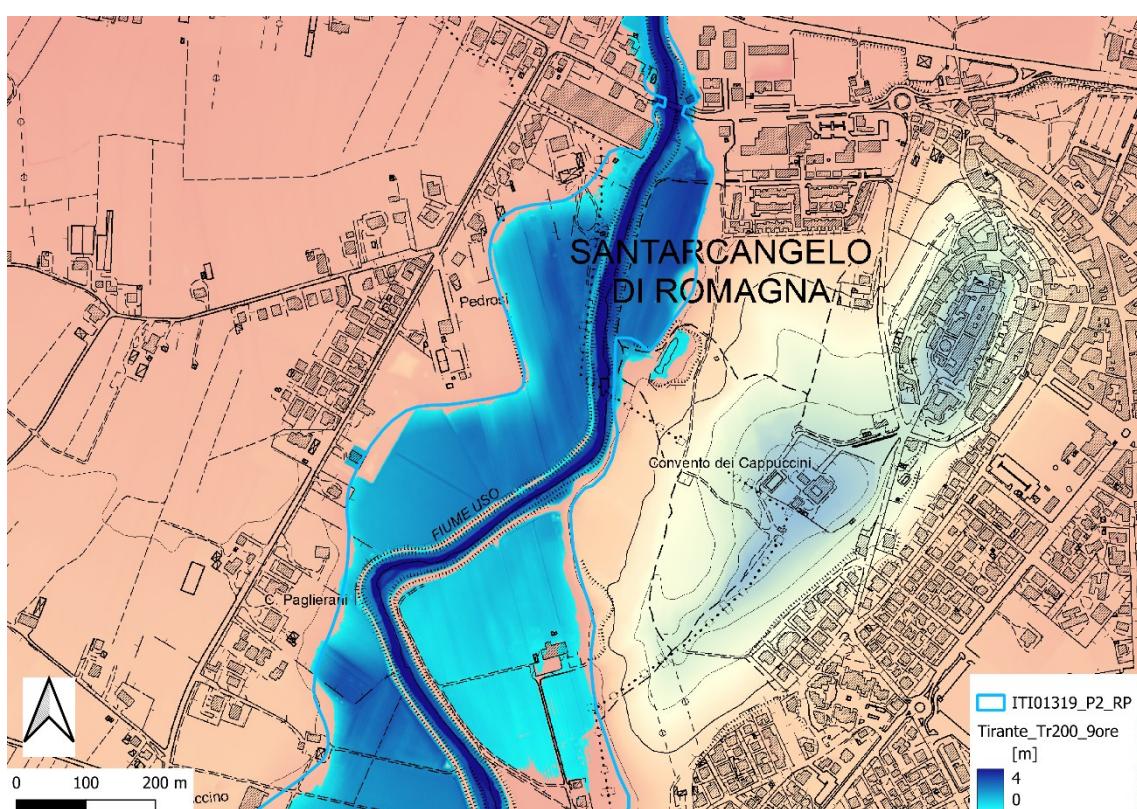
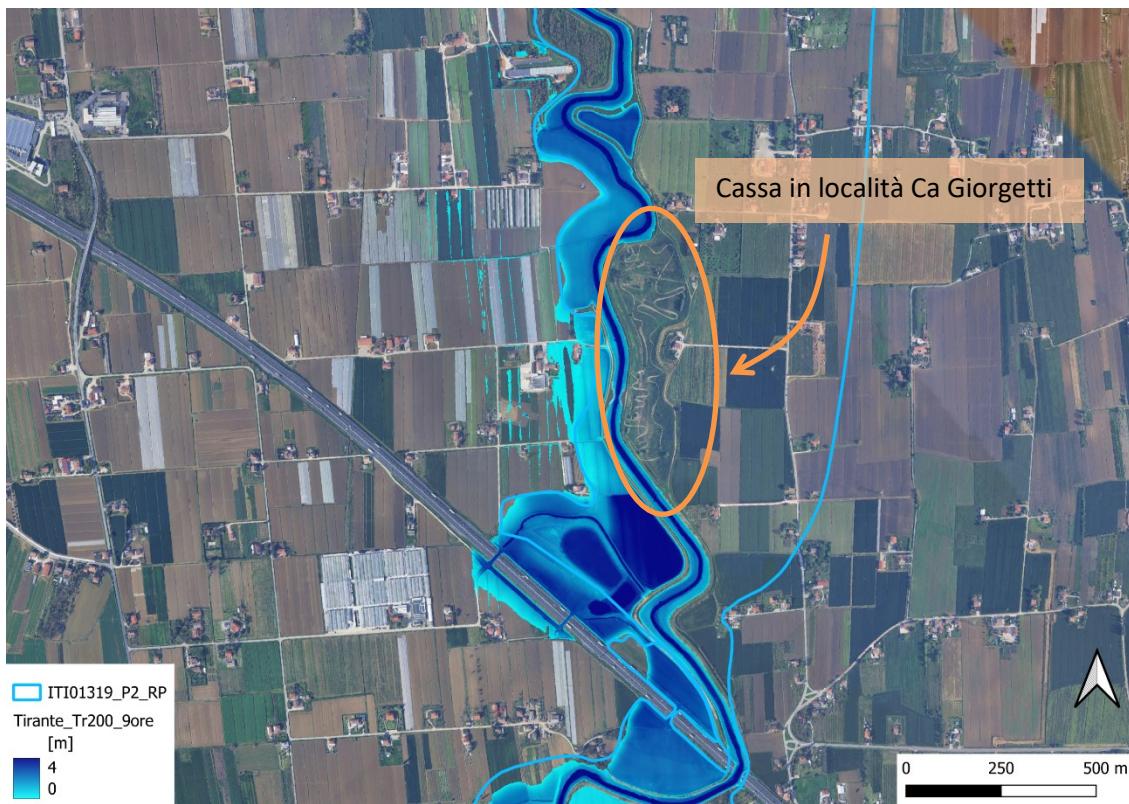
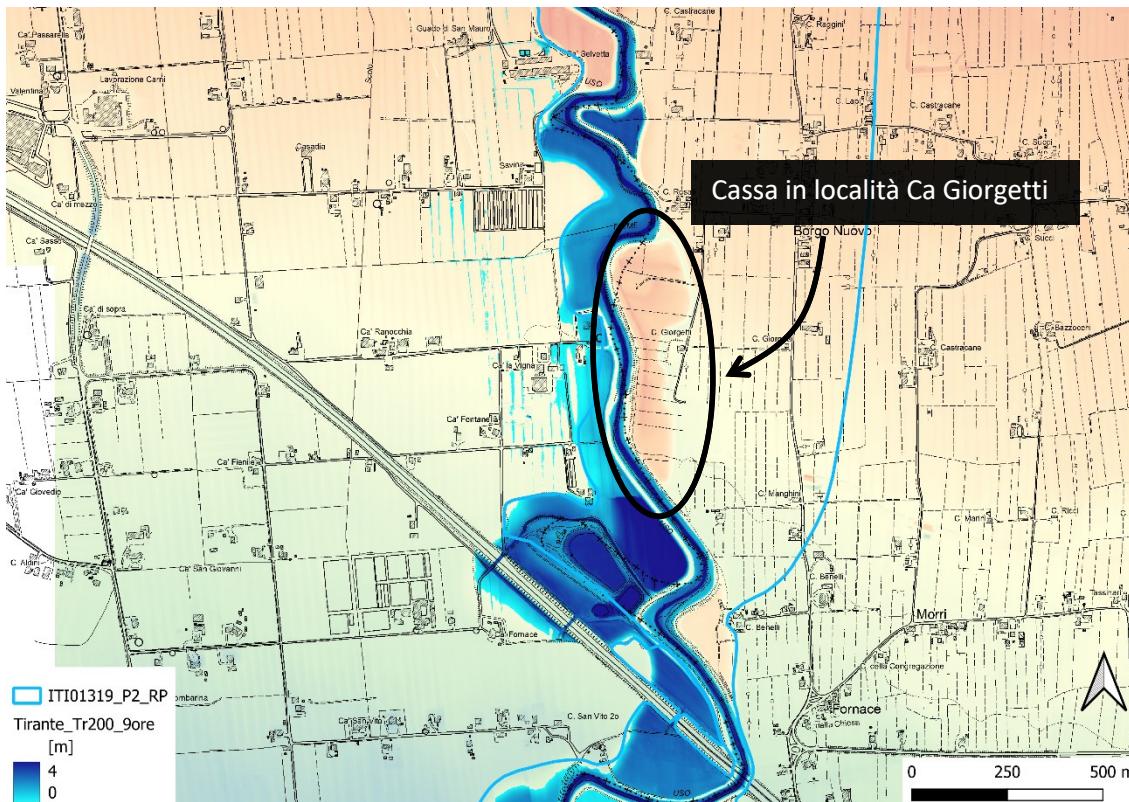


Fig. 11 Tr200: tiranti massimi a Santarcangelo di Romagna e confronto con limiti P2 PGRA 2021

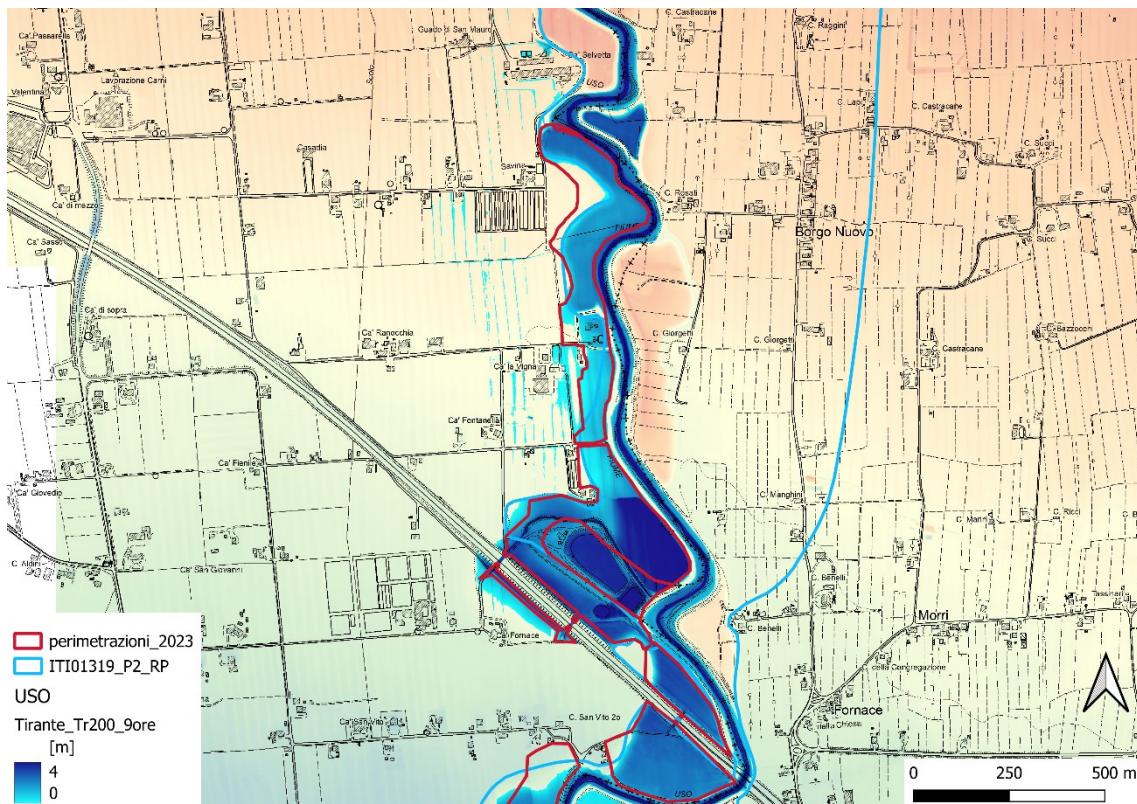
A valle dell'Autostrada A14, lungo il tratto arginato, l'evento duecentennale più critico allaga le zone goleinali in sinistra idraulica ma non coinvolge la cassa di espansione di Ca' Giorgetti a valle dell'Autostrada A14 che non invasa acqua durante l'evento (Fig. 12 e Fig. 13). La Fig. 14 mostra il confronto tra i tiranti simulati associati a T200 anni e le aree allagate osservate a seguito dell'evento del 16-18 maggio 2023 nella stessa zona: si nota come il modello numerico rappresenti correttamente gli allagamenti ed il mancato funzionamento della cassa di espansione.



**Fig. 12 T200 (durata di pioggia 9 ore): tiranti massimi a valle di Autostrada A14 e confronto con limiti P2 PGRA 2021**



**Fig. 13 T200 (durata di pioggia 9 ore): tiranti massimi a valle di Autostrada A14 e confronto con limiti P2 PGRA 2021**



**Fig. 14 T200 (durata di pioggia 9 ore): tiranti massimi a valle di Autostrada A14 e confronto con limiti P2 PGRA 2021 e perimetrazione allagamenti maggio 2023**

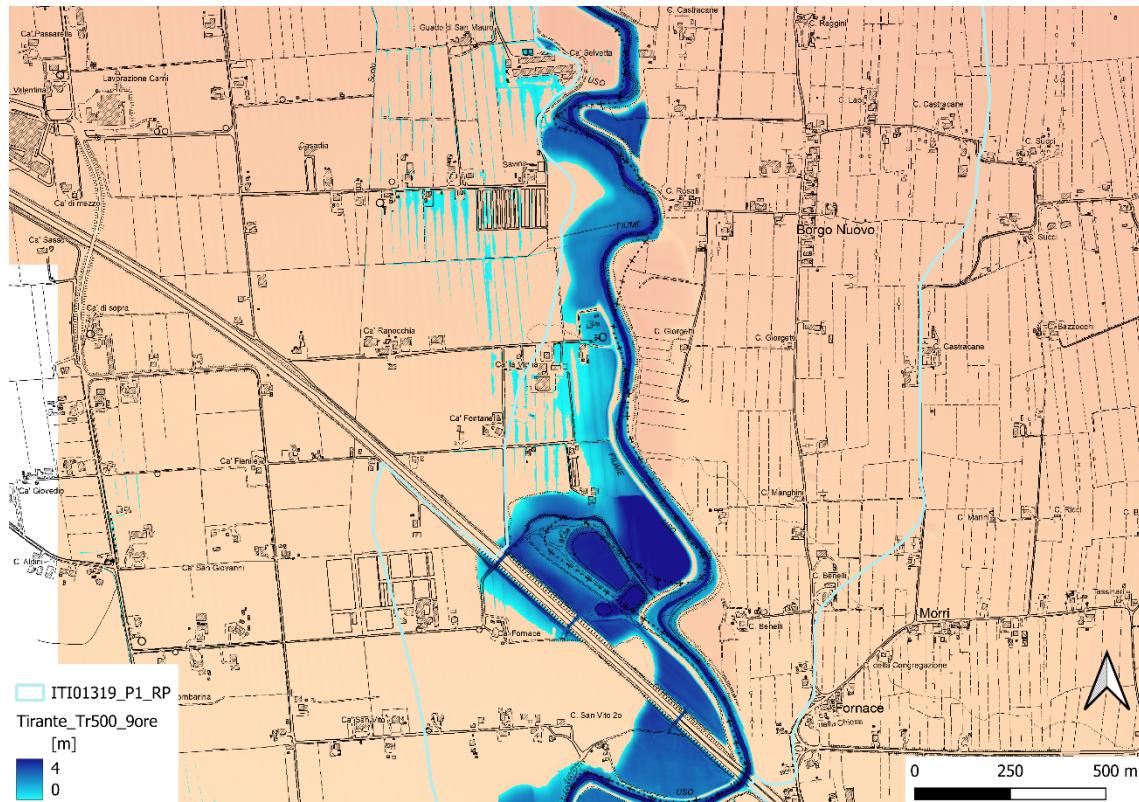
Nel tratto terminale del Fiume Uso, nel comune di Bellaria – Igea Marina le dinamiche sono analoghe a quelle simulate per l'evento T50, seppur con tiranti maggiori ma contenute entro i muri di difesa.

### 7.3.3. Evento T500

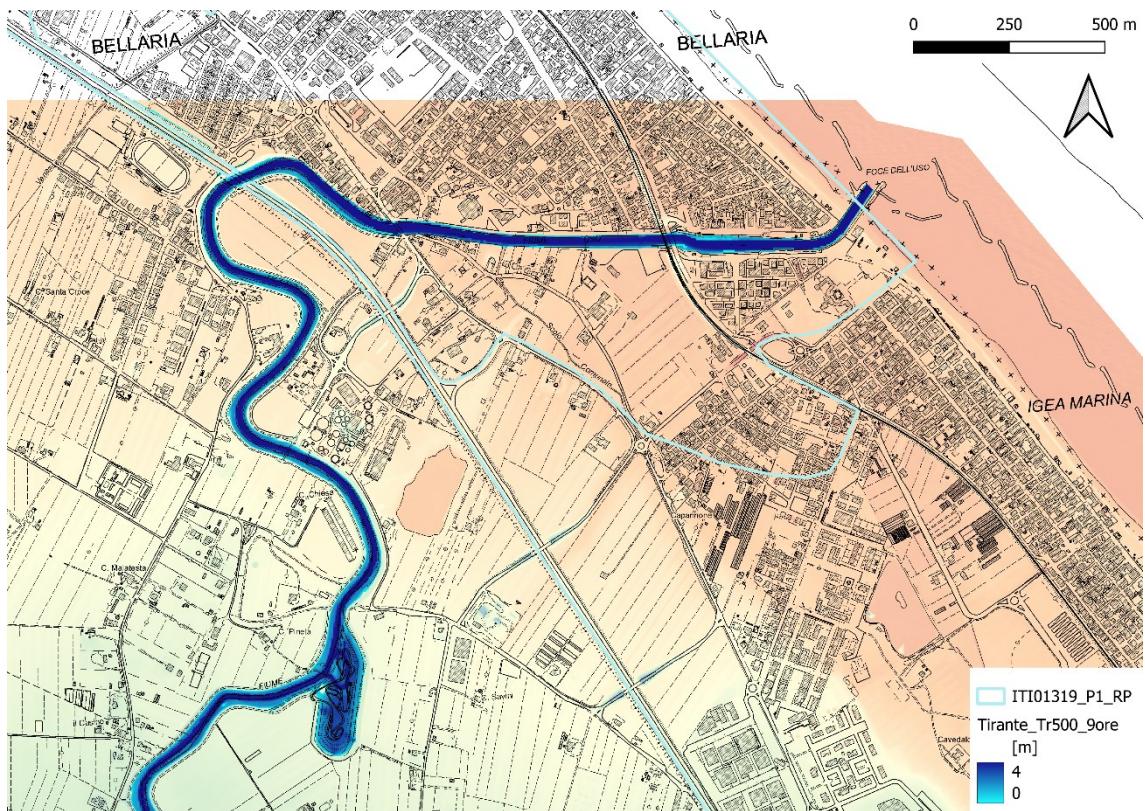
L'evento T500 ha dinamiche analoghe a quelle già riportate per l'evento duecentennale. Anche in questo caso nel tratto collinare dell'asta, fino al centro abitato di Santarcangelo di Romagna si osservano degli allagamenti limitati alle zone rurali che non coinvolgono centri abitati e che sono limitati nelle perimetrazioni indicate dal PAI.

Anche per l'evento critico con tempo di ritorno 500 anni la cassa in località Ca' Giorgetti non si attiva, e la laminazione si concentra esclusivamente in sinistra idraulica dove l'allagamento si estende limitatamente ai terreni agricoli (Fig. 15).

Nel tratto terminale, i muri di difesa attualmente in costruzione a Bellaria – Igea Marina contengono eventuali esondazioni del corso d'acqua.



**Fig. 15 T500 (durata di pioggia 9 ore): tiranti massimi a valle di Autostrada A14 e confronto con limiti P1 PGRA 2021**



**Fig. 16 T500 (durata di pioggia 9ore): tiranti massimi alla foce e confronto con limiti P1 PGRA 2021**

## 7.4 Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento

Nel seguito sono illustrate, nelle condizioni attuali, alcune valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto fluviale oggetto di analisi.

Le classi di valutazione del franco idraulico sui ponti sono riportate in Tab. 7.

Si evidenzia che per i ponti ad arco, il franco è stato valutato rispetto alla quota minima sia della chiave che dell'appoggio dell'arco sulla pila. Questo non rappresenta quindi il valore di franco così come definito da normativa (distanza tra la quota idrometrica e la quota di intradosso del ponte sui 2/3 della luce).

**Tab. 7 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti**

|           |                   |                    |                     |                      |             |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| FR < 0 cm | 0 cm < FR < 30 cm | 30 cm < FR < 50 cm | 50 cm < FR < 100 cm | 100 cm < FR < 150 cm | FR > 150 cm |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------|

### 7.4.1. Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato

In questo ambito, da Ponte Uso a Covignano (Autostrada A14), si è fatto riferimento all'evento T200 anni ed in particolare all'inviluppo delle superfici idriche ottenute per le diverse durate di pioggia simulate.

I livelli idrici H200 sono i massimi riscontrabili nella sezione immediatamente a monte del ponte.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati in Tab. 8.

### 7.4.2. Tratto arginato di pianura

Anche nel tratto arginato di pianura, da Covignano (Autostrada A14) alla foce, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici dei ponti all'evento T200.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati in Tab. 8 di seguito a quelli del tratto montano.

**Tab. 8 Uso da Ponte Uso a foce: attraversamenti e franchi idraulici T200**

| ID      | Ponte, Località                | Comune                          | H 200<br>(m s.m.) | Tipologia ponte  | H chiave<br>(m s.m.) | H appoggio<br>min<br>(m s.m.) | FR chiave<br>(m) | FR<br>appoggio<br>(m) | Note                       |
|---------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|
| USIN004 | Ponte via Gaiano               | Sogliano al Rubicone/Borghi     | 125.82            | intradosso piano |                      | 125.86                        |                  | 0.04                  | Estradosso a 126.60 m s.m. |
| USIN005 | Ponte SP30                     | Torriana/Borghi                 | 113.01            | intradosso piano |                      | 114.61                        |                  | 1.60                  |                            |
| USIN007 | Ponte SP13                     | Torriana/Borghi                 | 108.23            | intradosso piano |                      | 106.45                        |                  | -1.78                 | Estradosso a 107.00 m s.m. |
| USIN008 | Ponte via Giuseppe di Vittorio | Torriana/Borghi                 | 102.38            | intradosso piano |                      | 101.64                        |                  | -0.75                 | Estradosso a 103.00 m s.m. |
| USIN009 | Ponte SP13                     | Torriana/Borghi                 | 94.24             | intradosso piano |                      | 92.22                         |                  | -2.02                 | Estradosso a 92.60 m s.m.  |
| USIN010 | Ponte SP13                     | Torriana/Borghi                 | 92.35             | intradosso piano |                      | 93.22                         |                  | 0.88                  |                            |
| USIN011 | Ponte a valle di Ponte SP13    | Torriana/Borghi                 | 89.03             | intradosso piano |                      | 88.95                         |                  | -0.08                 | Estradosso a 90.55 m s.m.  |
| USIN015 | Ponte SP73                     | Poggio Berni                    | 49.80             | intradosso piano |                      | 51.21                         |                  | 1.41                  |                            |
| USIN016 | Ponte via Andrea Costa         | Santarcangelo di Romagna        | 37.31             | ad arco          | 37.01                | 34.27                         | -0.30            | -3.04                 | Estradosso a 38.80 m s.m.  |
| USIN017 | Ponte SS9 via Emilia           | Santarcangelo di Romagna        | 36.66             | intradosso piano |                      | 36.55                         |                  | -0.11                 | Estradosso a 37.80 m s.m.  |
| USIN018 | Ponte FS                       | Santarcangelo di Romagna        | 34.69             | ad arco          | 35.35                | 33.76                         | 0.66             | -0.93                 | Estradosso a 37.00 m s.m.  |
| USIN019 | Ponte Bailey di San Vito       | Santarcangelo di Romagna/Rimini | 22.83             | intradosso piano |                      | 21.8                          |                  | -1.03                 | Estradosso a 22.40 m s.m.  |
| USIN020 | Ponte Via Emilia Vecchia       | Santarcangelo di Romagna/Rimini | 22.16             | intradosso piano |                      | 24.95                         |                  | 2.79                  |                            |
| USIN021 | Ponte A14 Adriatica            | San Mauro Pascoli/Rimini        | 20.27             | intradosso piano |                      | 21.49                         |                  | 1.22                  |                            |

| ID       | Ponte, Località        | Comune                   | H 200<br>(m s.m.) | Tipologia ponte  | H chiave<br>(m s.m.) | H appoggio<br>min<br>(m s.m.) | FR chiave<br>(m) | FR<br>appoggio<br>(m) | Note                     |
|----------|------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| USIN0022 | Ponte Via Donegallia   | San Mauro Pascoli/Rimini | 15.53             | ad arco          | 17.57                | 17.45                         | 2.04             | 1.92                  |                          |
| USIN0025 | Passerella Via Fornace | Bellaria - Igea Marina   | 5.20              | intradosso piano |                      | 7.22                          |                  | 2.02                  |                          |
| USIN0026 | Ponte SS16 Adriatica   | Bellaria - Igea Marina   | 3.53              | intradosso piano |                      | 6.72                          |                  | 3.19                  |                          |
| USIN0027 | Ponte Via Ravenna      | Bellaria - Igea Marina   | 2.61              | intradosso piano |                      | 1.73                          |                  | -0.88                 | Estradosso a 3.58 m s.m. |
| USIN0028 | Passerella Via Uso     | Bellaria - Igea Marina   | 2.10              | intradosso piano |                      | 5.52                          |                  | 3.42                  |                          |
| USIN0029 | Ponte Bianco           | Bellaria - Igea Marina   | 1.94              | ad arco          | 2.54                 | 1.39                          | 0.60             | -0.55                 | Estradosso a 3.02 m s.m. |
| USIN0030 | Ponte FS               | Bellaria - Igea Marina   | 1.89              | intradosso piano |                      | 4.30                          |                  | 2.41                  |                          |
| USIN0031 | Ponte Via Trabaccolo   | Bellaria - Igea Marina   | 1.75              | intradosso piano |                      | 4.25                          |                  | 2.50                  |                          |

## 7.5 Scenari di rotta arginale

Il modello numerico allestito è stato applicato anche nell'approfondire scenari di rotta arginale; la localizzazione delle rotte è stata definita in funzione dei seguenti criteri:

- punti di sormonto evento T50: tali localizzazioni sono confrontate con le rotte occorse negli eventi 2023 e 2024. Ultimata l'individuazione di tali tratti, viene verificato anche il comportamento dell'evento T200: ulteriori punti sono aggiunti se distanti dai precedenti almeno 3-5 km;
- criticità geometriche locali individuate dalle analisi in permanente, con riferimento allo scenario di scabrezza definito dalle condizioni di uso del suolo attuali;
- prossimità al corso d'acqua di centri abitati rilevanti non colpiti dagli effetti delle rotte precedentemente definite;
- la posizione di ogni singola breccia è stata valutata in modo tale da ottenere un allagamento uniforme del comparto e più cautelativo possibile, ad esempio valutando gli effetti di significativi elementi topografici in grado di regimentare le dinamiche alluvionali (magari aumentando in maniera localizzata la densità di brecce), prediligendo il posizionamento delle brecce nei tratti più di monte del comparto e in posizioni che, considerando le dinamiche inerziali interne al corso d'acqua, favorissero l'esondazione di volumi maggiori.

**Tab. 9 Localizzazione punti di rotta arginale simulati**

| ID Rotta | Località                  | Comune                 | Criterio individuazione         | Sponda |
|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|--------|
| 01       | Valle cassa Cà Giorgetti  | Rimini                 | Criticità moto permanente       | DX     |
| 02       | Via Donegallia            | Bellaria – Igea Marina | Criticità moto permanente       | DX     |
| 03       | Via Fornace               | Bellaria – Igea Marina | Criticità moto permanente       | SX     |
| 04       | Via Fornace               | Bellaria – Igea Marina | Criticità moto permanente       | DX     |
| 05       | Via Santa Apollonia       | Bellaria – Igea Marina | Criticità moto permanente       | SX     |
| 06       | A monte di SS16 Adriatica | Bellaria – Igea Marina | Criticità moto permanente       | DX     |
| 07       | Fornace                   | Rimini                 | Massimo perimetro allagamento   | DX     |
| 08       | Muretto in destra         | Bellaria – Igea Marina | Abitato: Bellaria - Igea Marina | DX     |
| 09       | Muretto in sinistra       | Bellaria – Igea Marina | Abitato: Bellaria - Igea Marina | SX     |

Per ogni punto di rotta sono stati simulati gli eventi T50, T200 e T500 per la durata critica di pioggia del tratto arginato (12 ore).

Inoltre, per tutte le brecce si è ipotizzata una forma trapezia, con una quota che varia gradualmente nel tempo a partire da quella del coronamento arginale fino a raggiungere la quota del piano campagna circostante, e con una larghezza finale alla base assunta pari a 50 m; tale larghezza è stata condivisa in funzione delle evidenze delle rotte reali occorse negli eventi 2023 e 2024. L'innesto della formazione della breccia viene impostato nel momento del passaggio del colmo in prossimità del punto di rotta.

I risultati di tali simulazioni, integrati con i corrispondenti inviluppi degli scenari di analisi ad argini inerodibili, hanno consentito di perimetrire le aree allagabili per i diversi scenari idrologici frequente, poco frequente e raro.

## 8 Linee di assetto

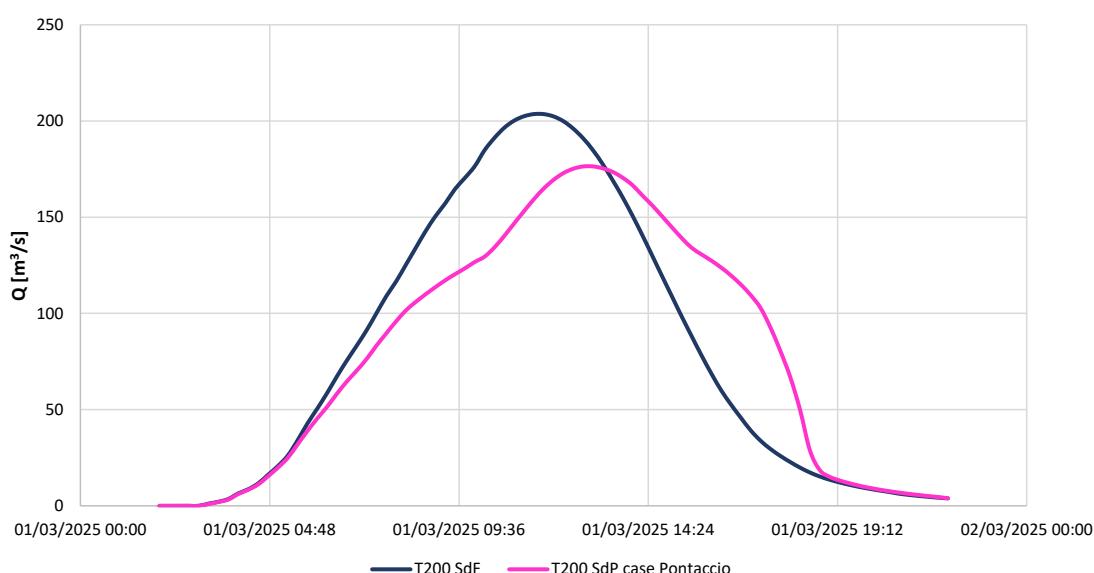
Al fine di conseguire una visione complessiva delle linee di assetto definite nel paragrafo successivo, si rimanda al Capitolo 6 della Relazione Tecnica in cui sono descritte le strategie generali che guidano la definizione delle linee di assetto.

### 8.1 L'assetto del fiume Uso

L'asta del torrente Uso, oggetto di delimitazione delle fasce fluviali e interessata dalla definizione delle linee di intervento, si sviluppa per circa 37 km da Ponte Uso alla foce di Bellaria – Igea Marina, attraversando i territori provinciali di Forlì-Cesena e Rimini.

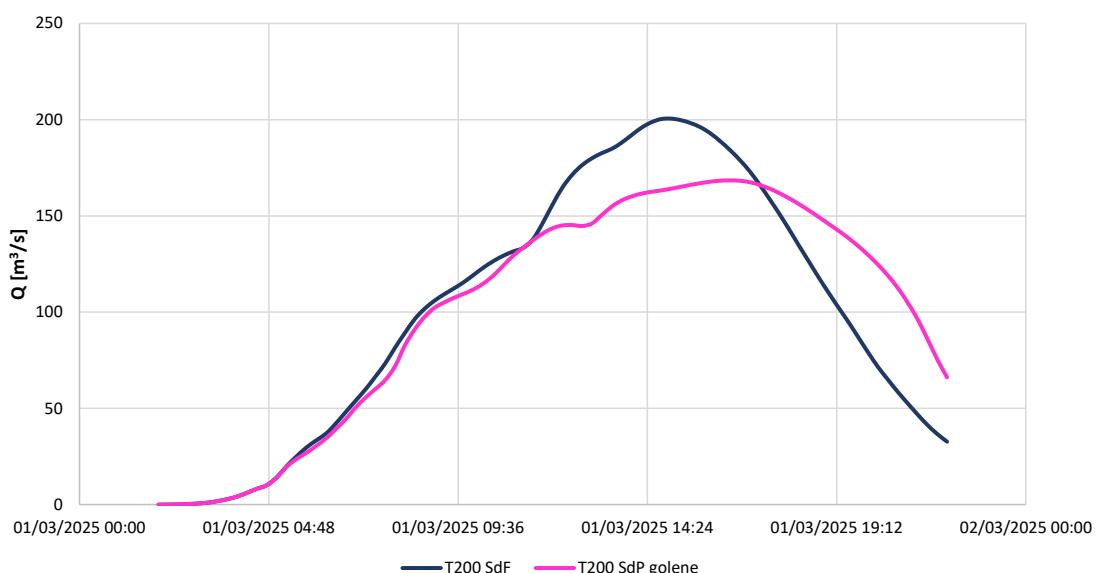
Nel tratto intermedio si prevede la realizzazione della cassa di espansione in linea a Case Pontaccio. Il volume stimato è di 800 000 m<sup>3</sup>, l'area interessata si estende per 33 ha. L'opera di regolazione in linea è costituita da una traversa lunga 40 m con una luce di 20 m<sup>2</sup>. Il confinamento dell'area di laminazione è dato in sinistra da argini e in destra dal versante di un rilievo presente nella località.

Tale opera consente la laminazione della piena duecentennale del 13% con una diminuzione del picco da 204 m<sup>3</sup>/s a 176 m<sup>3</sup>/s. Questo consente un abbattimento dei livelli di piena in corrispondenza degli attraversamenti più critici di valle (ponte di via Andrea Costa a Santarcangelo di Romagna, cfr. Tab. 8) di circa 0.5 m.



**Fig. 17 confronto tra gli idrogrammi dello stato di fatto e di progetto a valle della cassa a Case Pontaccio per evento con T200**

Nel tratto di pianura arginato è presente la cassa di laminazione in derivazione denominata Cà Giorgetti, la cui funzionalità attuale risulta limitata a causa della quota di sfioro attualmente pari a circa 19 m s.m., troppo elevata per garantire un efficace invaso nelle piene di riferimento. Al fine di ottimizzarne l'efficienza idraulica, si raccomanda l'abbassamento dello sfioratore a circa 17.7 m s.m., così da anticipare l'attivazione della cassa e ottenere una laminazione efficace dei colmi di piena, stimabile in circa 235 000 m<sup>3</sup> di volume utile. Considerate le dimensioni contenute dell'opera, si suggerisce inoltre di rendere modulabile lo sfioro mediante paratoie o soglie mobili regolabili, così da consentire la sperimentazione progressiva del sistema e il suo adeguamento sulla base delle osservazioni idrometriche e dei risultati di monitoraggio. L'intervento potrà essere completato da una verifica idraulica complessiva del collegamento in ingresso e in uscita per garantire la piena funzionalità anche in condizioni di piena eccezionale.



**Fig. 18 confronto tra gli idrogrammi dello stato di fatto e di progetto a valle delle golene e della cassa Cà Giorgetti per evento con T200**

Nella parte terminale del tratto arginato, in corrispondenza del centro abitato di Bellaria – Igea Marina sono presenti dei muretti laterali insufficienti a contenere le piene soprattutto quando queste si verificano in concomitanza con importanti fenomeni di marea. Vista la forte criticità che questi manufatti costituiscono per il territorio fortemente urbanizzato in cui si trovano, a maggio 2020 è stato presentato un progetto di adeguamento delle quote sommitali dei muretti nel tratto tra la ex-SS16 e via Trabaccolo. Essendo l’adeguamento già in fase di realizzazione al momento dell’esecuzione del presente studio, le quote sommitali di progetto dei muretti sono state inserite nel modello dello stato di fatto a moto vario e sono state utilizzate per calcolare la capacità del tratto arginale nell’analisi a moto permanente. Non avendo riscontrato criticità con questo assetto nelle analisi a moto vario, non si sono considerati ulteriori innalzamenti della quota sommitale dei muretti.

In corrispondenza dell’Autostrada A14 è presente un rilevato costruito in somma urgenza durante gli eventi del 2023 per limitare l’estensione dell’allagamento verso valle. Si è tenuto in considerazione di questo intervento nelle simulazioni di progetto e per tracciare le fasce lungo l’asta del fiume Uso.

## 8.2 Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento

Al fine di indagare la resilienza dell’assetto proposto rispetto ad eventi superiori a quello di riferimento (T200 anni), il complesso delle sistemazioni proposte è stato sollecitato dall’evento T200, durata di pioggia 9 ore, ottenuto nello scenario idrologico che contempla gli effetti del cambiamento climatico.

Tab. 10 riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del fiume Uso e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando gli effetti del cambiamento climatico per l’evento T200.

**Tab. 10 Portate di piena per il fiume Uso**

| Bacino | Corso d’acqua | Progr (km) | Sezione        | Sup. (km²) | T50 (m³/s) | T200 (m³/s) | T500 (m³/s) | T200 CC (m³/s) |
|--------|---------------|------------|----------------|------------|------------|-------------|-------------|----------------|
| Uso    | Uso           | 11         | Ponte Uso      | 49,3       | 120        | 150         | 170         | 195            |
| Uso    | Uso           | 39         | Autostrada A14 | 113        | 260        | 340         | 395         | 445            |

Si osservi che l’incremento idrologico del picco di portata all’Autostrada A14 è dell’ordine del 30%, invece nella stessa sezione si ha un aumento del 20% in termini volumetrici tra l’idrogramma T200 che considera il cambiamento climatico e il corrispondente idrogramma senza cambiamenti climatici.

Nel tratto collinare, a monte della località Case Pontaccio il transito dell'evento con i cambiamenti climatici non comporta significativi aumenti delle aree inondabili vista la morfologia del territorio che ne garantisce il confinamento. La cassa di laminazione di Case Pontaccio esaurisce la propria capacità di laminazione veicolando verso valle portate che sormontano lo sfioratore superficiale dell'opera di regolazione posta in alveo. A valle l'aumento di portata che transita provoca un aumento dei livelli con conseguente rigurgito in corrispondenza dei ponti che risultavano già ampiamente insufficienti per l'evento con tempo di ritorno 200 anni.

In corrispondenza dell'Autostrada A14 la maggiore portata in arrivo nella simulazione con i cambiamenti climatici sormonta il rilevato che era stato costruito somma urgenza durante gli eventi del 2023/2024 per limitare l'estensione dell'allagamento verso valle. Considerando i cambiamenti climatici gli allagamenti si espandono in sinistra idraulica nelle zone goleinali e più depresse ma rimangono confinati dai terrazzamenti naturalmente presenti nella zona. Nel tratto di valle le arginature esistenti riescono a contenere la portata in arrivo senza che si verifichino esondazioni. In linea generale, è comunque necessario che le opere arginali siano progettate, realizzate e adeguate per evitare il collasso in caso di sormonto.

### **8.3 Quadro degli interventi**

In Tab. 11 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento previste nei tratti di Fascia B di progetto individuati lungo il fiume Uso.

**Tab. 11 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto**

| N | Comune                   | Sponda  | Localizzazione | Tipologia intervento            |
|---|--------------------------|---------|----------------|---------------------------------|
| 1 | Poggio Berni             | SX e DX | Case Pontaccio | Cassa di laminazione in linea   |
| 2 | San Mauro Pascoli/Rimini | SX      | Autostrada A14 | Contenimento dei livelli idrici |

Il quadro degli interventi previsti è completato dalle seguenti opere:

- interventi di ottimizzazione della quota di sfioro della cassa di laminazione Cà Giorgetti;
- interventi di adeguamento del sistema arginale (riduzione di quota) in via Donegallia per consentire l'attivazione delle aree goleinali esistenti.

Si consiglia di prevedere l'inserimento di idrometri e strumenti per valutare i livelli di piena in alveo distribuiti lungo tutta l'asta del fiume Uso, nello specifico nei pressi delle zone in cui sono stati localizzati possibili interventi.

Risulta inoltre necessario predisporre il Programma generale di gestione della vegetazione ripariale in coerenza con le disposizioni regionali di riferimento, evidenziando la necessità di coordinare le azioni di sicurezza idraulica con la tutela e valorizzazione della vegetazione ripariale, riconoscendone da un lato le funzioni ecosistemiche essenziali e dall'altro il ruolo chiave nella mitigazione del rischio idraulico.

Infine, occorre predisporre il Programma generale di gestione dei sedimenti quale strumento conoscitivo, gestionale e di programmazione di interventi, relativi all'assetto morfologico del corso d'acqua, mediante il quale disciplinare le attività di manutenzione degli alvei, delle opere e di gestione dei sedimenti. Il riferimento per la definizione dell'impostazione metodologica del Programma generale è la Direttiva sedimenti del PAI Po. Tale programma dovrà tenere in considerazione gli esiti degli approfondimenti svolti nell'ambito dell'analisi morfologica.

## **8.4 Valutazione dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto**

In Tab. 12 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti tra Poggio Berni (ponte sulla SP73) e foce per l'evento T200 nella configurazione definita dalle linee di assetto.

Si evidenzia che per i ponti ad arco, il franco è stato valutato rispetto alla quota sia della chiave che dell'appoggio dell'arco sulla pila. Questo non rappresenta quindi il valore di franco così come definito da normativa (distanza tra la quota idrometrica e la quota di intradosso del ponte sui 2/3 della luce).

Si osservano degli aumenti dei franchi calcolati rispetto all'appoggio compresi tra 10 e 50 cm per quasi tutti i ponti. Ciò nonostante, la maggior parte dei franchi rimane fortemente critica rispetto alle linee di assetto esclusi gli attraversamenti di SP30 (USIN0005), SP13 (USIN0009), SP73 (USIN0011), l'attraversamento di via Emilia Vecchia (USIN0020), il ponte di via Donegallia (SP15) e gli attraversamenti a Bellaria – Igea Marina (USIN0025, USIN0026, USIN0028, USIN0030, USIN0031) che erano già ampiamente verificati. Si osserva che l'intervento in corrispondenza della Autostrada A14 effettuato durante gli eventi del 2023 causa una riduzione del franco di circa 30 cm sul ponte autostradale.

**Tab. 12 Uso da Poggio Berni a foce: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto**

| ID       | Ponte, Località                   | Comune                             | H 200<br>(m s.m.) | Tipologia ponte  | H chiave<br>(m s.m.) | H appoggio<br>min<br>(m s.m.) | FR chiave<br>(m) | FR<br>appoggio<br>(m) | Note                     |
|----------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| USIN0004 | Ponte via Gaiano                  | Sogliano al Rubicone/Borghi        | 125.74            | intradosso piano |                      | 125.86                        |                  | <b>0.12</b>           | Δ FR appoggio = + 0.07 m |
| USIN0005 | Ponte SP30                        | Torriana/Borghi                    | 112.91            | intradosso piano |                      | 114.61                        |                  | <b>1.70</b>           | Δ FR appoggio = + 0.10 m |
| USIN0007 | Ponte SP13                        | Torriana/Borghi                    | 108.10            | intradosso piano |                      | 106.45                        |                  | <b>-1.65</b>          | Δ FR appoggio = + 0.13 m |
| USIN0008 | Ponte via Giuseppe<br>di Vittorio | Torriana/Borghi                    | 102.17            | intradosso piano |                      | 101.64                        |                  | <b>-0.53</b>          | Δ FR appoggio = + 0.21 m |
| USIN0009 | Ponte SP13                        | Torriana/Borghi                    | 94.18             | intradosso piano |                      | 92.22                         |                  | <b>-1.96</b>          | Δ FR appoggio = + 0.07 m |
| USIN0010 | Ponte SP13                        | Torriana/Borghi                    | 92.22             | intradosso piano |                      | 93.22                         |                  | <b>1.00</b>           | Δ FR appoggio = + 0.13 m |
| USIN0011 | Ponte a valle di<br>Ponte SP13    | Torriana/Borghi                    | 88.91             | intradosso piano |                      | 88.95                         |                  | <b>0.04</b>           | Δ FR appoggio = + 0.12 m |
| USIN0015 | Ponte SP73                        | Poggio Berni                       | 49.55             | intradosso piano |                      | 51.21                         |                  | <b>1.66</b>           | Δ FR appoggio = + 0.26 m |
| USIN0016 | Ponte via Andrea<br>Costa         | Santarcangelo di Romagna           | 36.84             | ad arco          | 37.01                | 34.27                         | <b>0.17</b>      | <b>-2.57</b>          | Δ FR appoggio = + 0.47 m |
| USIN0017 | Ponte SS9 via<br>Emilia           | Santarcangelo di Romagna           | 36.27             | intradosso piano |                      | 36.55                         |                  | <b>0.28</b>           | Δ FR appoggio = + 0.38 m |
| USIN0018 | Ponte FS                          | Santarcangelo di Romagna           | 34.24             | ad arco          | 35.35                | 33.76                         | <b>1.11</b>      | <b>-0.48</b>          | Δ FR appoggio = + 0.45 m |
| USIN0019 | Ponte Bailey di San<br>Vito       | Santarcangelo di<br>Romagna/Rimini | 22.51             | intradosso piano |                      | 21.8                          |                  | <b>-0.71</b>          | Δ FR appoggio = + 0.32 m |
| USIN0020 | Ponte Via Emilia<br>Vecchia       | Santarcangelo di<br>Romagna/Rimini | 21.97             | intradosso piano |                      | 24.95                         |                  | <b>2.98</b>           | Δ FR appoggio = + 0.19 m |
| USIN0021 | Ponte A14<br>Adriatica            | San Mauro Pascoli/Rimini           | 20.59             | intradosso piano |                      | 21.49                         |                  | <b>0.90</b>           | Δ FR appoggio = -0.33 m  |

| ID       | Ponte, Località        | Comune                   | H 200<br>(m s.m.) | Tipologia ponte  | H chiave<br>(m s.m.) | H appoggio<br>min<br>(m s.m.) | FR chiave<br>(m) | FR<br>appoggio<br>(m) | Note                    |
|----------|------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| USIN0022 | Ponte Via Donegallia   | San Mauro Pascoli/Rimini | 15.53             | ad arco          | 17.57                | 17.45                         | <b>2.26</b>      | <b>2.15</b>           | Δ FR appoggio = +0.23 m |
| USIN0025 | Passerella Via Fornace | Bellaria - Igea Marina   | 5.20              | intradosso piano |                      | 7.22                          |                  | <b>2.41</b>           | Δ FR appoggio = +0.39 m |
| USIN0026 | Ponte SS16 Adriatica   | Bellaria - Igea Marina   | 3.53              | intradosso piano |                      | 6.72                          |                  | <b>3.55</b>           | Δ FR appoggio = +0.36 m |
| USIN0027 | Ponte Via Ravenna      | Bellaria - Igea Marina   | 2.61              | intradosso piano |                      | 1.73                          |                  | <b>-0.58</b>          | Δ FR appoggio = +0.30 m |
| USIN0028 | Passerella Via Uso     | Bellaria - Igea Marina   | 2.10              | intradosso piano |                      | 5.52                          |                  | <b>3.64</b>           | Δ FR appoggio = +0.21 m |
| USIN0029 | Ponte Bianco           | Bellaria - Igea Marina   | 1.94              | ad arco          | 2.54                 | 1.39                          | <b>0.79</b>      | <b>-0.36</b>          | Δ FR appoggio = +0.19 m |
| USIN0030 | Ponte FS               | Bellaria - Igea Marina   | 1.89              | intradosso piano |                      | 4.30                          |                  | <b>2.59</b>           | Δ FR appoggio = +0.18 m |
| USIN0031 | Ponte Via Trabaccolo   | Bellaria - Igea Marina   | 1.75              | intradosso piano |                      | 4.25                          |                  | <b>2.64</b>           | Δ FR appoggio = +0.14 m |

## 8.5 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 13 sono riportate le portate di piena al colmo di riferimento nelle sezioni di chiusura a monte del tratto arginato. In nero le portate idrologiche, in blu quelle ottenute da modellazione idraulica bidimensionale. In entrambi i casi è indicato il valore massimo tra tutte le durate di pioggia simulate (3, 6, 9 e 12 ore).

**Tab. 13 Fiume Uso stato attuale – Portate di riferimento a monte del tratto arginato**

| Corso d'acqua | Progr (km) | Sezione        | Sup.<br>(km <sup>2</sup> ) | T50<br>(m <sup>3</sup> /s) | T200<br>(m <sup>3</sup> /s) | T500<br>(m <sup>3</sup> /s) | T50<br>(m <sup>3</sup> /s) | T200<br>(m <sup>3</sup> /s) | T500<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------------|------------|----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Uso           | 11         | Ponte Uso      | 49.3                       | 120                        | 150                         | 170                         | -                          | -                           | -                           |
| Uso           | 39         | Autostrada A14 | 113                        | 325                        | 340                         | 395                         | 175                        | 220                         | 240                         |

Nella tabella seguente si riportano i valori al colmo dell'onda di piena idraulica per il tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 9 ore in corrispondenza del ponte sull'Autostrada A14, nell'ipotesi di realizzazione delle linee di assetto proposte nel capitolo 8.

**Tab. 14 Fiume Uso linee di assetto – Portate di riferimento a monte del tratto arginato**

| Corso d'acqua | Progr (km) | Sezione        | Sup.<br>(km <sup>2</sup> ) | T200<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------------|------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Uso           | 39         | Autostrada A14 | 113                        | 185                         |