



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 Navile e Savena
Abbandonato**

Dicembre 2025

Metadata

Titolo	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Navile e Savena Abbandonato
Descrizione	Il presente documento è la Monografia del Canale Navile e Canale Savena abbandonato 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	Canale Navile e Canale Savena Abbandonato
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_Navile_SavenaAbbandonato
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) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0
Attribuzione	 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 Navile e Savena Abbandonato, Versione 01 del 2025-12-10

Indice

1	Premessa	3
2	L'ambito fluviale in esame	4
3	Analisi morfologica	10
3.1	Canale Navile	10
3.2	Canale Savena Abbandonato	12
4	Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento	14
5	La geometria del modello 2D	22
6	Stima della capacità di portata nel tratto arginato	25
6.1	Condizioni al contorno	25
6.1.1.	Portate	25
6.1.2.	Condizioni al contorno di valle	25
6.2	Scabrezze	26
6.3	Simulazioni e risultati ottenuti	26
7	Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale	28
7.1	Le condizioni al contorno	28
7.1.1.	Portate	28
7.1.2.	Condizioni di valle	29
7.2	Scabrezze	29
7.3	Simulazioni e risultati ottenuti	29
7.3.1.	Navile	30
7.3.1.1	Eventi 2024	30
7.3.1.2	Evento TR50	41
7.3.1.3	Evento TR200	50
7.3.1.4	Evento TR500	58
7.3.2.	Savena Abbandonato	58
7.3.2.1	Eventi 2024	58
7.3.2.2	Evento TR50	62
7.3.2.3	Evento TR200	66
7.3.2.4	Evento TR500	70
7.4	Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento	70
7.4.1.	Navile	70
7.4.1.1	Ambito non arginato di pianura	70
7.4.1.2	Tratto arginato di pianura	71
7.4.2.	Savena Abbandonato	76
7.4.2.1	Ambito non arginato di pianura	76
7.4.2.2	Tratto arginato di pianura	76

7.5	Scenari di rotta arginale	79
8	Linee di assetto	81
8.1	Navile	81
8.1.1.	L'assetto del Canale Navile	81
8.1.2.	Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento	82
8.1.3.	Quadro degli interventi.....	83
8.1.4.	Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto	83
8.2	Savena Abbandonato.....	86
8.2.1.	Assetto del Canale Savena Abbandonato	86
8.2.2.	Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento	87
8.2.3.	Quadro degli interventi.....	88
8.2.4.	Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto	88
9	Portate di piena di riferimento.....	91

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 Canale Navile e al Canale Savena Abbandonato che, nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, sono stati analizzati per i seguenti tratti:

- da via Bovi (Bologna) a confluenza in Reno per il Canale Navile, per una lunghezza pari a circa 39 km;
- da via Aposazza a confluenza in Reno per il Canale Savena Abbandonato, per una lunghezza pari a circa 32 km.

I medesimi tratti sono oggetto del presente progetto di variante e di delimitazione di fasce fluviali, secondo il metodo del PAI Po.

2 L'ambito fluviale in esame

L'ambito di studio interessa il Canale Navile da via Bovi (Bologna) a confluenza Reno (lunghezza del tratto di circa 39 km) e il Canale Savena Abbandonato da via Aposazza a confluenza Reno (lunghezza del tratto di circa 32 km), interamente in provincia di Bologna.

Il Canale di Reno ed il Canale Savena Abbandonato presentano numerose connessioni entro l'area urbana di Bologna, ricevendo inoltre i contributi dei bacini collinari dei torrenti Aposa e Ravone e dei bacini della rete fognaria (acque "bianche" e scolmi da fognature miste). All'altezza dell'abitato di Bentivoglio è presente un collegamento denominato Canale Diversivo, di lunghezza di 4 km, che trasferisce portata del Canale Navile nel Savena Abbandonato. Tale collegamento è utilizzato anche per finalità irrigue e per tale motivo presenta una pendenza del fondo in senso contrario (da Savena a Navile).

Il bacino imbrifero complessivo si sviluppa da monte verso valle in direzione Nord-Est. A monte del Diversivo, il Canale Navile sottende un bacino di estensione 58 km², e quello del Savena Abbandonato di 53 km²; a valle delle confluenze del Diversivo nel Savena Abbandonato, l'estensione del bacino sotteso è pari pertanto a 111 km². I sottobacini dei corsi d'acqua di pianura tributari del sistema hanno estensione complessiva di 40 km².

Si osserva come il Navile sia alimentato attualmente dalle acque derivate da Reno e Savena tramite i rispettivi canali, ma raccolga anche il contributo del torrente Aposa, che scende dalle colline a Sud di Bologna ed è caratterizzato da un bacino imbrifero naturale. I contributi di piena derivano pertanto prevalentemente da questo bacino collinare e dagli apporti meteorici dell'area urbana.

Il Canale Navile si sviluppa dalla ex zona portuale di Bologna, tra porta delle Lame e porta Galliera, immettendosi nel fiume Reno presso la località Passo Segni.

Esso per lungo tempo (dal XI secolo) ha svolto la funzione di via di comunicazione tra Bologna e il Po, costituendo quindi un'infrastruttura di rilevante importanza per lo sviluppo economico dell'area. Il primo tratto del Canale Navile è caratterizzato dalla presenza di difese spondali, tratti canalizzati, plurimi sdoppiamenti dell'alveo e di un sistema storico di chiuse ("sostegni"), tuttora esistente ma non più funzionante, che permetteva alle chiatte o ad altri natanti fluviali di superare il dislivello che separava Bologna dai rami meridionali del delta del Po.

Il primo tratto del Navile, dalla Bova fino a Castel Maggiore, si sviluppa all'interno di una valle terrazzata, mantenendo un tracciato sostanzialmente naturale, sinuoso e parzialmente incassato fino a circa 1,5 km a valle del ponte della SS 253bis, in località Ringhiera, dove ha inizio il tratto rettificato e arginato, che si estende poi per circa 23 km. È verosimile che il primo tratto, vista la relativamente scarsa ampiezza della sezione valliva terrazzata, sia impostato sulla valle abbandonata del torrente Aposa.

All'incile del tratto arginato, in destra idraulica immediatamente a monte del Canale Emiliano Romagnolo, è presente una cassa di laminazione piuttosto ampia (impronta di circa 30 ha), attualmente in fase di completamento: attualmente risulta infatti realizzato il sistema di contenimento perimetrale e un collettore di scarico dotato di chiavica, ma non è presente lo sfioratore di alimentazione, per cui l'opera non è ancora attiva.

Nel tratto successivo gli argini, a banca unica, sono prevalentemente in froldo, di altezza variabile e seguono con continuità l'alveo, con l'esclusione degli attraversamenti di Bentivoglio e Malalbergo in cui essi si interrompono.

Immediatamente a monte di Bentivoglio vi è il Canale Diversivo, alimentato mediante opera di derivazione laterale con casello di manovra (v. figura seguente). Nell'alveo del Navile poco a valle è presente un manufatto di regolazione, che realizza un restringimento d'alveo convergente parzializzato da una paratoia piana, la quale permette di variare l'entità della portata massima che prosegue a valle.

L'attraversamento di Bentivoglio vede la presenza di un fabbricato storico a cavallo dell'alveo, che ospita gli organi di manovra di una paratoia piana che determina una netta parzializzazione della sezione di deflusso. In corrispondenza del centro abitato gli argini si interrompono, solo nel primo tratto sostituiti da un basso muretto in destra, mentre in sinistra la sponda è definita dalla parete di alcuni fabbricati (tra cui lo storico palazzo Pizzardi).

A valle del paese riprendono invece rilevati arginali continui in froldo, con sezione regolare di modesta larghezza (circa 20 m in testa). In prossimità del Reno, il Navile attraversa l'abitato di Malalbergo, immediatamente a valle del sifone del Canale della Botte. Oltrepassato l'alveo di tale Canale, il Navile entra in una lunga tominatura (circa 600 m) con tracciato spezzato da una curva a 45° verso Est. Lo sbocco della tominatura è rigurgitato dalla presenza di una lama sfiorante.

Più a valle il Navile riprende una sezione d'alveo trapezia arginata del tutto analoga alla precedente, con sviluppo rettilineo per circa 4 km parallelo all'alveo del Canale della Botte, dopodiché si ha la confluenza in Reno, presidiata da una chiavica.

Nel tratto terminale la sezione d'alveo si allarga (fino a circa 40 m in testa) per disporre di un maggior volume di invaso. In sinistra è presente un'ampia area interclusa tra Reno e Navile. Il tratto terminale dell'argine sinistro di Navile risulta ribassato rispetto alle quote di monte.



Fig. 1 – Opera di derivazione del Canale Diversivo

Il Savena Abbandonato riceve le acque dal Canale Savena che si sviluppa dalla Chiusa di San Ruffillo, con derivazione dal torrente Savena. Nel passato tale tratto rappresentava il vecchio alveo del Savena, prima che le portate naturali di tale corso d'acqua fossero deviate nel torrente Idice attraverso un diversivo con origine a valle della Chiusa di San Ruffillo e sbocco nell'Idice in prossimità di Caselle. Il tratto di interconnessione tra il punto di diversione e quello in cui torna a cielo aperto nei pressi della Casa Circondariale Rocco d'Amato, dove ha inizio il tratto oggetto di studio, è in parte stato obliterato, in parte è entrato a far parte della rete fognaria sotterranea di raccolta delle acque bianche di Bologna. La distanza tra questi due punti, in linea d'aria, è di circa 7,5 km.

Ancora oggi sono ben riconoscibili due tratti, uno a monte di via Argini con un tracciato ancora apparentemente naturale, l'altro, a valle di tale ponte, del tutto rettificato, con due sole curve poste tra l'abitato di Altedo e la confluenza in Reno.

Il corso d'acqua risulta arginato per circa 22 km, a partire dalla loc. Capo d'Argine (poco a monte del sifone del CER). Gli argini sono in froldo, senza banche, con una larghezza di sezione in testa di 25-30 m.

L'attraversamento di Cà de'Fabbri vede la presenza di un tratto tominato lungo circa 60 m, sul quale è stato realizzato un parcheggio. In destra si ha la continuità del rilevato arginale a valle tominatura, mentre in sinistra, dove il piano campagna è a maggior quota (ma inferiore alla sommità arginale destra)

non è presente. Per circa 120 m a valle tominatura, inoltre, la sponda sinistra è costituita dalla parete di fabbricati ad uso residenziale.

A valle di Cà de'Fabbri la larghezza dell'alveo aumenta, fino a circa 40 m in testa; dopo 1,5 km si ha l'immissione del Canale Diversivo, che recapita le portate scolmate dal Canale Navile.

In questo tratto, presso l'abitato di Casoni, l'argine in sinistra è interrotto da una serie di abitazioni che si affacciano direttamente sull'alveo.

Più a valle l'alveo prosegue completamente rettificato e artificializzato, con un'unica curva a 45° verso Est in loc. Calvi, per accostarsi poi al Reno dopo circa 6,5 km, proseguire in affiancamento per ulteriori 3,3 km circa e confluire in Reno mediante un'immissione presidiata da una chiavica. Nel tratto in affiancamento la larghezza d'alveo si amplia molto (variabile tra circa 100 e 150 m) andando a costituire un'area di laminazione in linea a monte della chiavica.

Nella curva circa a 90°, necessaria per porsi in affiancamento al Reno, il Savena Abbandonato è caratterizzato dalla presenza di una briglia, con un salto sia a protezione del sottostante sifone del Canale della Botte, sia dovuto al maggiore approfondimento della sezione di valle.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Argelato, Baricella, Bentivoglio, Bologna, Budrio, Castel Maggiore, Galliera, Granarolo dell'Emilia, Malalbergo, Minerbio, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale.

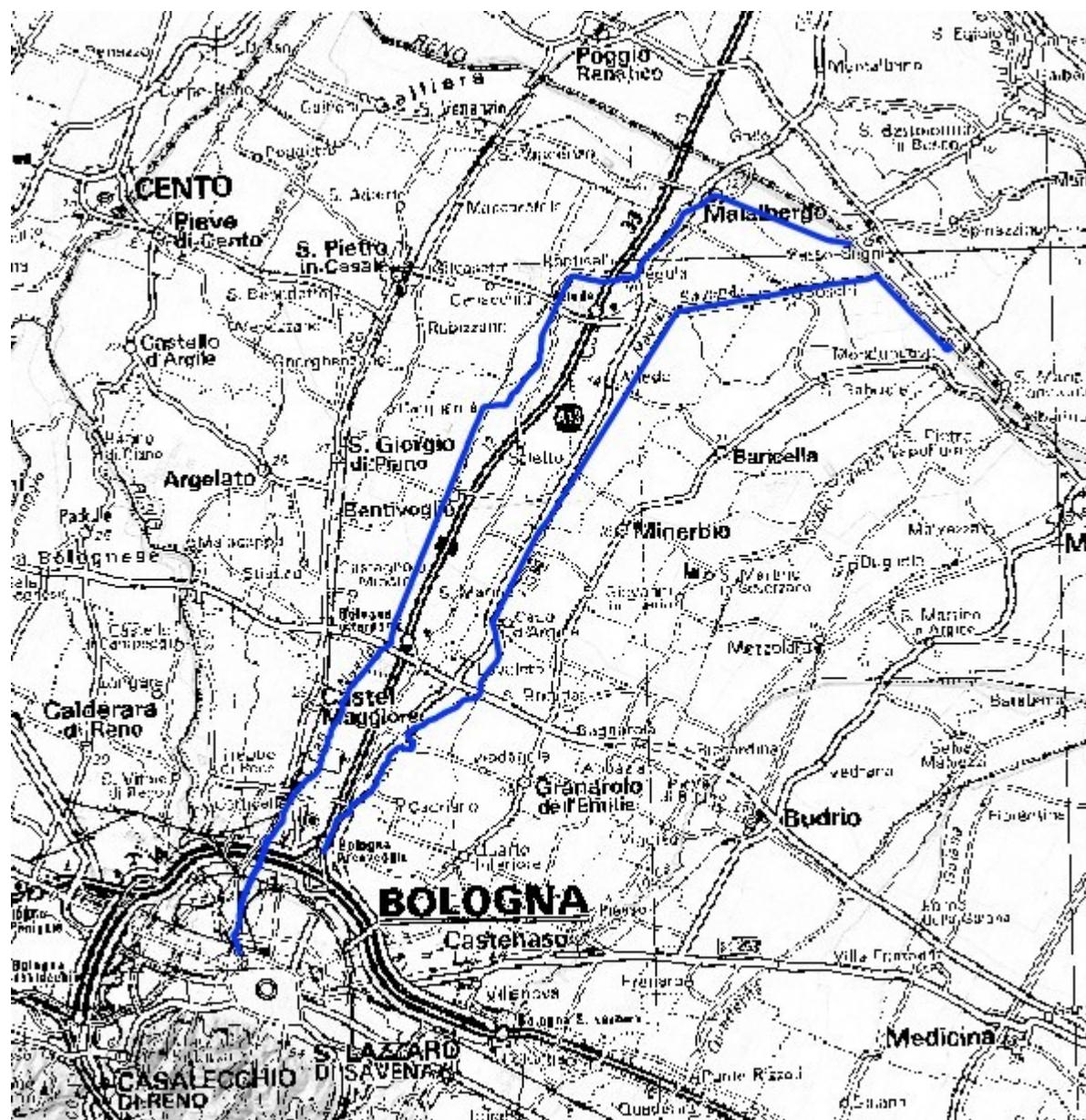


Fig. 2 Inquadramento complessivo del tratto fluviale oggetto di studio

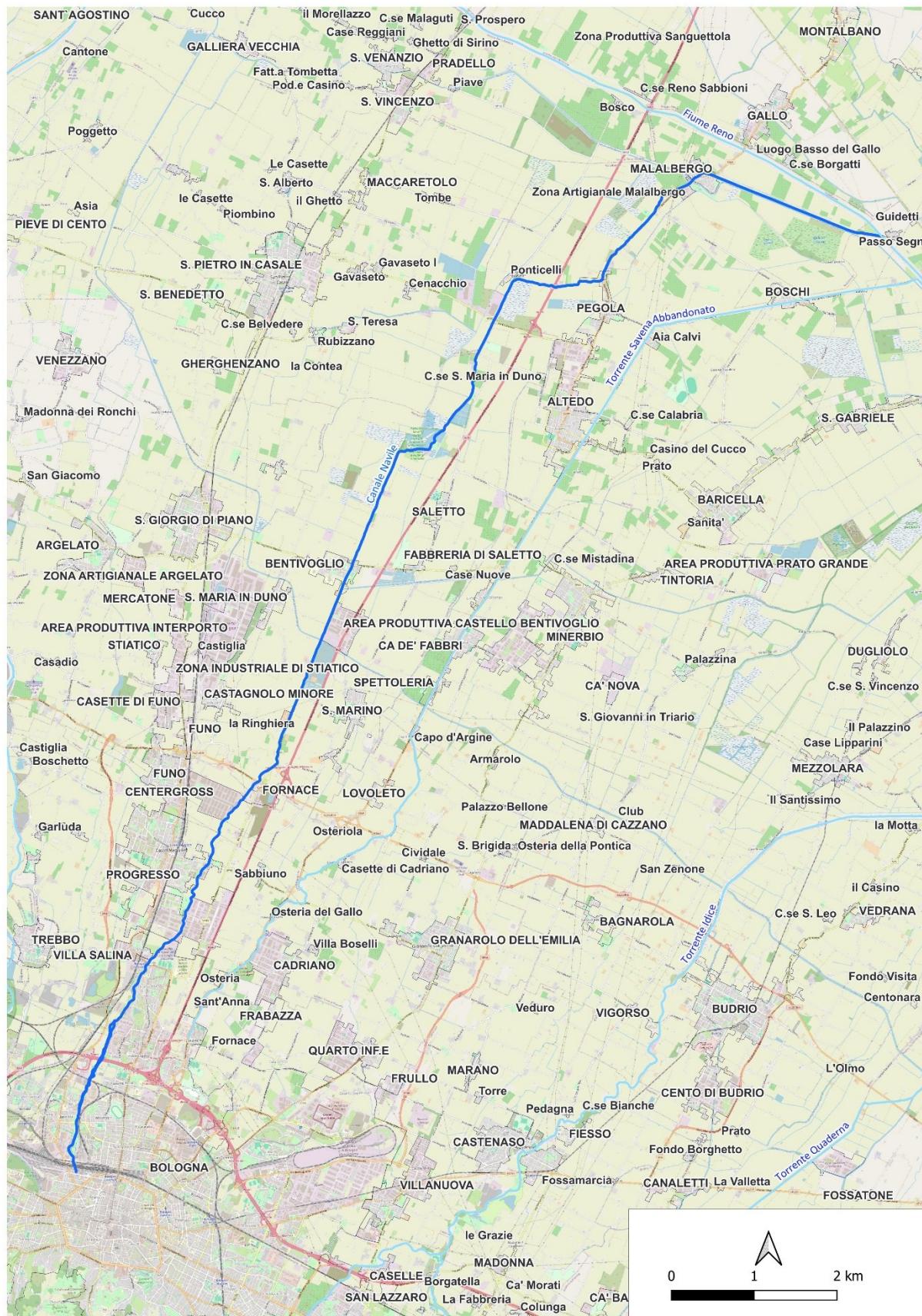


Fig. 3 Inquadramento cartografico ambito di studio Canale Navile: da Bova fino alla confluenza nel fiume Reno in località Passo Segni

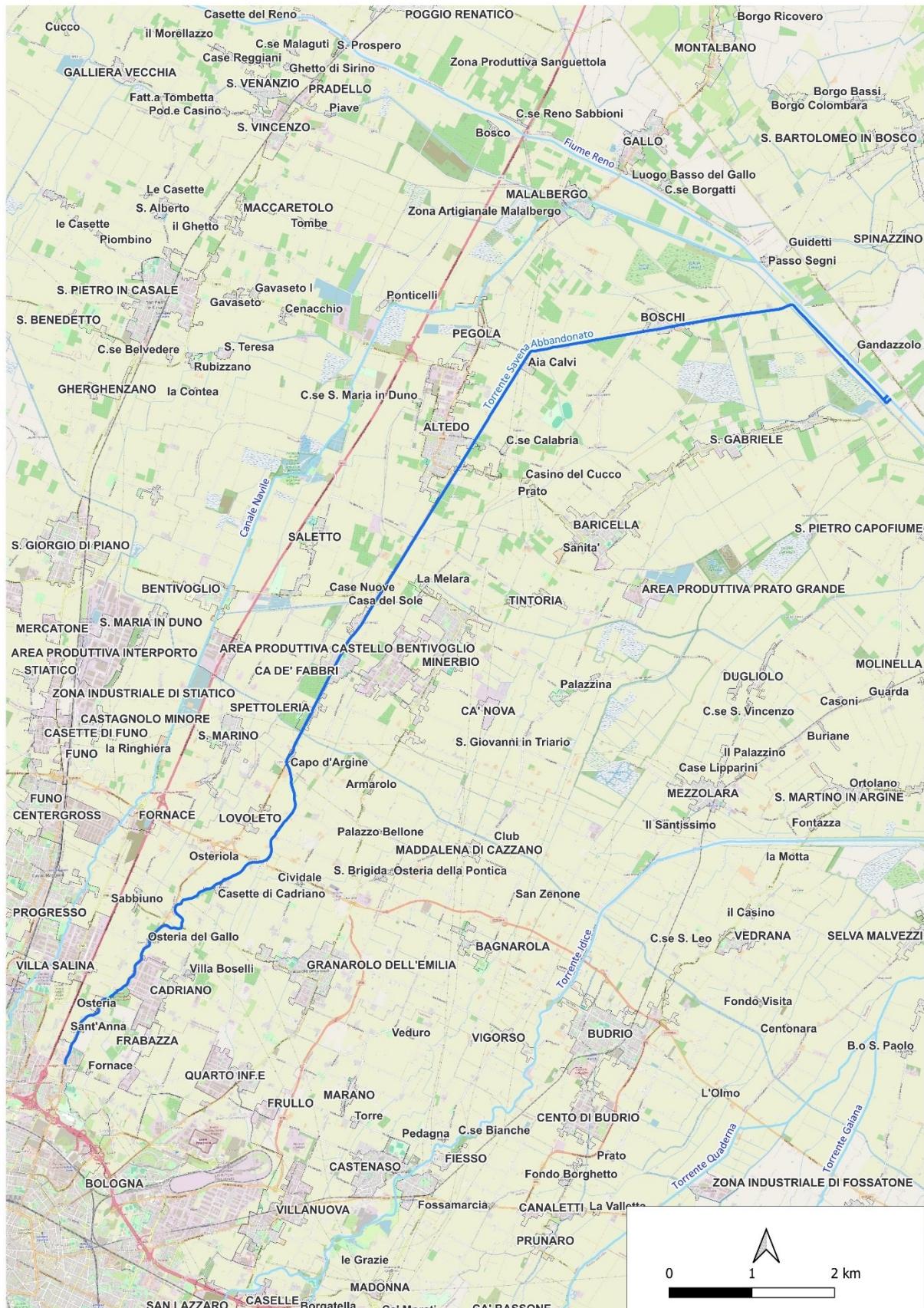


Fig. 4 Inquadramento cartografico ambito di studio Torrente Savena Abbandonato: dai pressi della Casa Circondariale Rocco d'Amato alla confluenza nel fiume Reno

3 Analisi morfologica

3.1 Canale Navile

Il Canale Navile per lungo tempo ha svolto la funzione di via di comunicazione tra Bologna e il Po, costituendo quindi un'infrastruttura di rilevante importanza per lo sviluppo economico dell'area.

La sua prima realizzazione storicamente attestata è dell'XI secolo circa, sebbene il tracciato fosse probabilmente in parte diverso da quello odierno; allora il canale navigabile partiva dall'attuale sostegno della Bova (ai tempi denominato Porto del Maccagnano)¹, posto in corrispondenza dell'inizio del tratto di studio.

A tal proposito si ricorda che i cosiddetti "sostegni" tuttora presenti lungo il tracciato del Navile, sebbene non più funzionanti, sono in realtà a tutti gli effetti delle chiuse, che permettevano alle chiatte o ad altri natanti fluviali di superare il dislivello che separava Bologna dai rami meridionali del delta del Po. La realizzazione delle chiuse/sostegni è tuttavia successiva e per altro va detto che anche precedentemente all'undicesimo secolo Bologna era collegata per vie di acqua al Po, tanto è vero che risulta che "Berengario I, re d'Italia, nell'anno 905 fece concessioni a Bologna sulla navigazione dal Reno al Po e sul porto del Reno".

Per altro il primo tratto del Navile, dalla Bova fino a Castel Maggiore, si sviluppa all'interno di una valle terrazzata, mantenendo un tracciato sostanzialmente naturale e parzialmente incassato fino a poco a valle del ponte della SS 253bis, in località Ringhiera, dove ha inizio il tratto rettificato e arginato.

L'origine di tale valle è incerta; in effetti potrebbe trattarsi di un vecchio alveo del Reno, che secondo alcuni in epoca tardo imperiale "oltrepassato il ponte sulla via Emilia, [...] passava per Pescarola, riceveva a destra come affluente il Torrente Savena, passava per Corticella, Castelmaggiore, Stiatico, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, San Vincenzo/San Venanzio, Poggio Renatico, Coronella, immettendosi in un ramo del Po che passava ad occidente di Ferrara"². In sostanza l'alveo di "questo" Reno seguiva sostanzialmente quello dell'attuale Navile. Altro fattore che avvalorerebbe tale ipotesi è il fatto che proprio verso la fine del 1100 fu realizzata la prima chiusa - traversa di Casalecchio di Reno che alimentava il canale di Reno che a sua volta recapita, tuttora, le acque nel Navile.

Si ricorda che il Navile raccoglie attualmente anche le acque del T. Aposa, che scende dalle colline a sud di Bologna, e parzialmente le acque del Savena, derivate dalla chiusa di San Ruffino e addotte tramite l'omonimo Canale di Savena.

È più probabile, tuttavia, considerata anche la relativamente scarsa ampiezza della sezione valliva terrazzata dove è collocato Navile, che il primo tratto di canale si sviluppi lungo la valle abbandonata del T. Aposa. Le due ipotesi sopra formulate non sono necessariamente alternative, nel senso che lungo il tracciato del Navile possono essere transitati, in periodi diversi sia il Reno che l'Aposa. Così come è possibile, vista anche la lunga storia di Bologna, che anche precedentemente al periodo medioevale le acque del Reno e del Savena possano essere state derivate per alimentare un "protonavile", sia a scopo difensivo che per facilitare il trasporto via fiume.

L'odierno assetto, con la serie di chiuse, deriva da lavori condotti in epoca rinascimentale, prima su impulso di Giovanni II Bentivoglio, alla fine del '400, e in tale occasione, tra l'altro, venne realizzato lo sdoppiamento del canale per un lungo tratto a valle di Battiferro, poi ad opera di Iacopo Barozzi (detto il Vignola) a metà '500, il che permise la riattivazione del porto entro le mura della città.

Tale sistemazione consentì l'utilizzo del canale per circa 4 secoli, finché la concorrenza di altri sistemi di trasporto, tra cui in particolare la ferrovia, ne decretò la crisi, anche se la navigazione cessò definitivamente solo nel 1934.

¹ [Canale Navile - Origine di Bologna](#)

² [Fiume Reno - Origine di Bologna](#)

In termini di assetto attuale si conferma la distinzione in due tratti di canale. Quello di monte, su cui insistono storicamente i “sostegni” e il cui tracciato ricalca verosimilmente quello di un alveo abbandonato, è caratterizzato essenzialmente dalla presenza di difese spondali e tratti canalizzati. Questi ultimi coincidono con i settori interessati dai sostegni.

In particolare, all'inizio del tratto di studio si ha il sostegno della Bova. Segue il Battiferro, ubicato ancora nel nucleo storico di Bologna che regolava i flussi tra il Canalazzo in sinistra, che fungeva da scolmatore e in cui attualmente si ha prevalentemente il passaggio delle acque, e il canale navigabile in senso stretto in destra, noto come la Fossetta. Il settore in cui si hanno due canali paralleli ha uno sviluppo di circa 2,3 km.

Seguono lungo la Fossetta il sostegno Torreggiani e quindi, sempre lungo la Fossetta, il sostegno del Landi, a cui è associato un salto di alcuni metri. Infine, subito a monte del punto di unione tra Canalazzo e Fossetta si ha il sostegno Grassi.

A valle del sostegno Grassi si ha nuovamente un canale unico, salvo due brevi tratti in corrispondenza del sostegno di Corticella, dove rimane l'edificio con paratoie di regolazione lungo il ramo di destra, e il sostegno della Chiusetta.

Tentativi di recupero del sistema di chiuse del Navile sono stati avviati, sebbene tuttora le opere ed edifici connessi siano spesso abbandonati. Le alzaie, ovvero i camminamenti lungo cui avveniva il traino controcorrente delle imbarcazioni, sono state in parte consistentemente recuperate e trasformate in percorsi pedonali e/o piste ciclabili.

A valle del sostegno della Chiusetta si ha presso il ponte di Castel Maggiore, in località Castello. Anche qui vi era probabilmente un sostegno in quanto l'attraversamento del centro abitato presenta le sponde fissate da muri spondali che probabilmente fungevano in origine anche da banchine.

Verso valle segue un tratto con andamento sinuoso, con alveo parzialmente incassato tra due sistemi di terrazzo, sostanzialmente privo di opere idrauliche. Lasciata sulla sinistra la zona artigianale di Funo, a partire dal ponte di via Ringhiera in comune di Bentivoglio, ha inizio la porzione di alveo completamente rettificata e artificializzata. Il sistema arginale ha inizio poco più a valle ovvero subito a monte dell'area industriale di Bentivoglio, in corrispondenza della cassa di laminazione del Navile.

Poco a monte di Bentivoglio si ha l'innesto, regolato da una traversa sul Navile, del Canale Diversivo del Navile che adduce buona parte delle acque di piena quest'ultimo nel Savena Abbandonato.

Il Navile a valle di Bentivoglio presenta sezione regolare con argini in froldo senza sistemazioni idrauliche particolari. Nell'attraversamento di Malalbergo, viceversa, tale corso d'acqua è tombato.

La porzionale terminale di canale a valle di Malalbergo mantiene la stessa tipologia di sezione, sebbene questa appai più ampia rispetto ai settori di monte.

L'immissione nel Reno avviene attraverso una chiavica a gravità; subito a monte il canale passa sotto il fabbricato di una vecchia chiavica dismessa.

In relazione all'evoluzione planimetrica emergono solo variazioni molto modeste, in particolare sulla base del confronto con l'alveo ottocentesco, ma non è possibile accettare con sicurezza se si tratta di evoluzioni effettive oppure, molto più probabilmente, di una non perfetta sovrapposizione cartografica. In ogni caso il Navile dal punto geomorfologico appare stabile, condizione per altro normale per un corso d'acqua sostanzialmente artificiale. Modesti scalzamenti vi sono stati probabilmente nel tratto di monte, ove sono concentrate le, per altro, non particolarmente numerose difese spondali, la cui posa, in ogni caso, era spesso più legata ad esigenze di navigazione, ad esempio per la realizzazione di banchine di sosta, piuttosto che per il contrasto dei processi erosivi.

Alcuni tratti con sponde in probabile arretramento sono stati individuati, comunque, nel settore prossimo all'abitato di Castel Maggiore, nonché si osserva una doppia ansa in fase preliminare di formazione nei pressi della località Paletto, subito a monte del tratto arginato, ma si tratta comunque di processi marginali in relazione all'evoluzione generale del corso d'acqua. Alcuni limitati sedimenti sono stati

osservati lungo le scarpate terrazzate del tratto vallivo iniziale, ma si tratta di fenomeni non necessariamente correlati alla dinamica fluviale.

La metodologia Dem of Difference di confronto tra il DTM del 2024 e quello MATTM del 2009 non ha fornito risultati significativi, sia per la modesta ampiezza della sezione, sia per l'assenza di barre o rilevanti parti emerse dell'alveo attivo. Unico dato di interesse è la quantificazione statistica delle variazioni medie di altezza sui due tratti principali delineati sopra (non arginato e arginato); tale tipologia di elaborazione, infatti, dovrebbe compensare gli errori legati alla non perfetta sovrapposizione dei DTM di riferimento. Comunque, anche tale analisi conferma la sostanziale stabilità dell'alveo, con un lieve abbassamento, dell'ordine di 10 cm, che però potrebbe essere semplicemente legato a differenti condizioni idrologiche in cui si è proceduto al rilievo dei DEM.

3.2 Canale Savena Abbandonato

Il Savena fu deviato verso il corso attuale nel 1776, in corrispondenza del tratto in curva di via Luigi Longo a Bologna. Il Savena abbandonato corrisponde, pertanto, al vecchio alveo del Savena a valle dell'agglomerato urbano di Bologna. Il settore di interconnessione tra il punto di diversione e quello in cui torna a cielo aperto nei pressi della Casa Circondariale Rocco d'Amato, dove per altro ha inizio il tratto oggetto di studio, è in parte stato obliterato, in parte è entrato a far parte della rete fognaria sotterranea di raccolta delle acque bianche di Bologna. La distanza tra questi due punti, in linea d'aria, è di circa 7,5 km.

Già nel 1500 l'allora Savena era stato oggetto di interventi di sistemazione a Nord di Bologna, tanto che nelle carte storiche dell'inizio del 1600 (Magini, 1599) era riportato un Savena Nuovo e più ad est un Savena Vecchio. Allora sia l'alveo del Savena Nuovo che quello del Savena Vecchio andavano a spandersi in un'area paludosa posta a Sud del Po di Primaro, senza raggiungere direttamente quest'ultimo.

In base all'assetto attuale sono ben riconoscibili due tratti, uno a monte del ponte di Capo d'Argine con un tracciato ancora apparentemente naturale, l'altro a valle di tale ponte del tutto rettificato, con due sole curve poste tra l'abitato di Altedo e la confluenza in Reno.

Si tratta quindi di un corso d'acqua ampiamente e storicamente artificializzato, in cui il regime idrografico è stato profondamente alterato. A partire da Capo d'Argine si ha un alveo canalizzato con argini in frondo senza alcun grado di libertà. Inoltre, nel tratto terminale, l'immissione nel Reno non è libera ma avviene attraverso due chiaviche e la sezione intrarginale, sempre nel tratto subito a monte della suddetta confluenza, è stata notevolmente ampliata, con sezione che da circa una trentina di metri passa ad una larga oltre 100 m. In tutta evidenza si tratta di una vasca di accumulo destinata ad agevolare il funzionamento delle due chiaviche di immissione nel Reno. A monte di Capo d'Argine il tracciato mantiene alcuni elementi di naturalità descrivendo alcune anse localizzate, in particolare all'altezza di Castel Maggiore; si tratta tuttavia verosimilmente di forme fossili, con raggio di curvatura troppo ampio per essere in equilibrio con l'assetto idrologico attuale.

Di rilevante importanza nel funzionamento idraulico generale è l'immissione in sinistra del canale Diversivo del Navile che, all'altezza di Bentivoglio, adduce buona parte se non la totalità delle acque di piena del Navile nel Savena Abbandonato.

In relazione all'evoluzione planimetrica emergono solo variazioni molto modeste, in particolare sulla base del confronto con l'alveo ottocentesco. In ogni caso il tracciato del Savena Abbandonato dal punto geomorfologico appare stabile.

Modesti scalzamenti si hanno soprattutto nel tratto di monte, ma senza particolari interessamenti di infrastrutture di rilevante importanza, anche se potenzialmente rimane esposto un tratto della SS 64. Difese spondali, per quanto visibili, sono pertanto rare. Una variazione di tracciato localizzata e recente, in tutta evidenza effetto di un intervento di disalveo, ha accentuato un'ansa in prossimità dell'incrocio tra la SS 64 e via Peglion, in comune di Bologna, distanziando di una trentina di metri la sponda da alcune abitazioni.

Due potenziali paleoalvei sono stati riconosciuti tramite fotointerpretazione nei pressi dell'attraversamento della SS 253 bis. Uno di questi, in particolare, dovrebbe essere il Savena Vecchio oggetto degli interventi di diversione del 1500 di cui si è accennato sopra. Di tale alveo di fatto rimane traccia solo nella toponomastica (via Savena Abbandonato) e non nella topografia della piana alluvionale.

Dato il contesto la metodologia Dem of Difference di confronto tra il DTM del 2024 e quello del MATTM 2009 non ha fornito risultati significativi, sia per la modesta ampiezza della sezione, sia per l'assenza di barre o rilevanti parti emerse dell'alveo attivo. Unico dato di interesse è la quantificazione statistica delle variazioni medie di altezza sui due tratti principali delineati sopra, tale tipologia di analisi, infatti, dovrebbe compensare gli errori legati alla non perfetta sovrapposizione dei DTM di riferimento. In particolare, a valle di Capo d'Argine l'alveo risulterebbe stabile, mentre a monte si registrerebbe un leggero abbassamento dello stesso, comunque inferiore a 0,5 m.

4 Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento

Nel presente paragrafo sono sintetizzate le evidenze dell'analisi idrologica, alla quale si rimanda per ogni dettaglio.

Le portate al colmo del Canale Navile, per eventi a differente frequenza probabile, sono riportate nella tabella seguente.

Tab. 1 Portate di piena per il Canale Navile

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro ³
Reno	Navile	0	Loc. Stazione FS	18,8	50	70	90	
Reno	Navile	4,3	Arcoveggio	27	60	80	105	Arcoveggio
Reno	Navile	15,4	Loc. Bologna Interporto	45,7	65	105	130	

Le portate al colmo del Canale Savena Abbandonato, per eventi a differente frequenza probabile, sono riportate nella tabella seguente.

Tab. 2 Portate di piena per il Canale Savena Abbandonato

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro
Reno	Savena Abbandonato	0	Loc. La Dozza	33,2	30	45	85	
Reno	Savena Abbandonato	11	Loc. Capo d'Argine	111,2	70	105	150	

Gli eventi di piena di riferimento, nelle diverse sezioni di chiusura indicate e per durate di pioggia pari a 3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore, sono riportati nelle immagini seguenti. 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 diverse durate di pioggia indagate, arrotondato a multipli di 5.

³ Idrometri rete ARPAE 2025

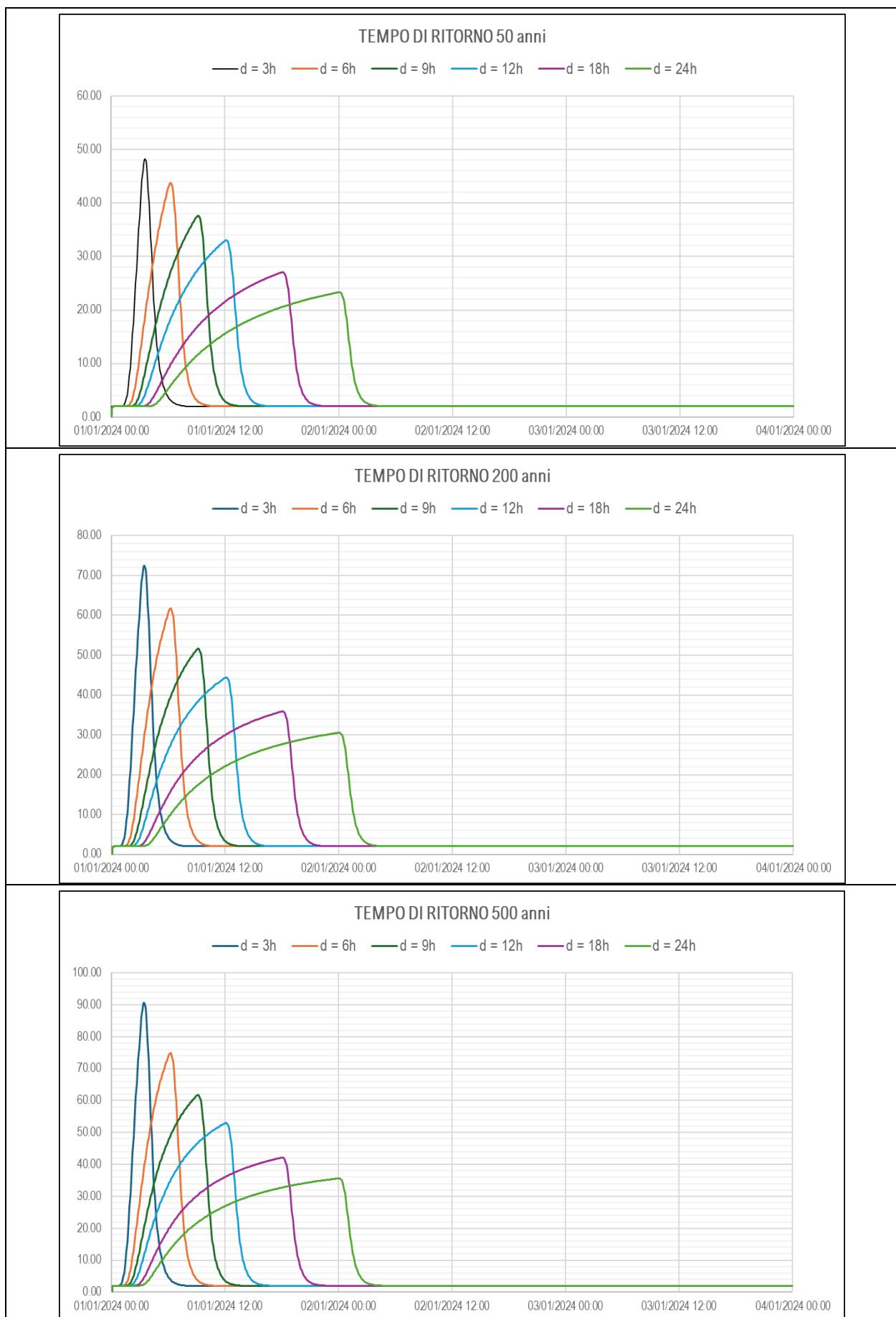


Fig. 5 Navile Loc. Stazione FS: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500 (Portate in m^3/s)

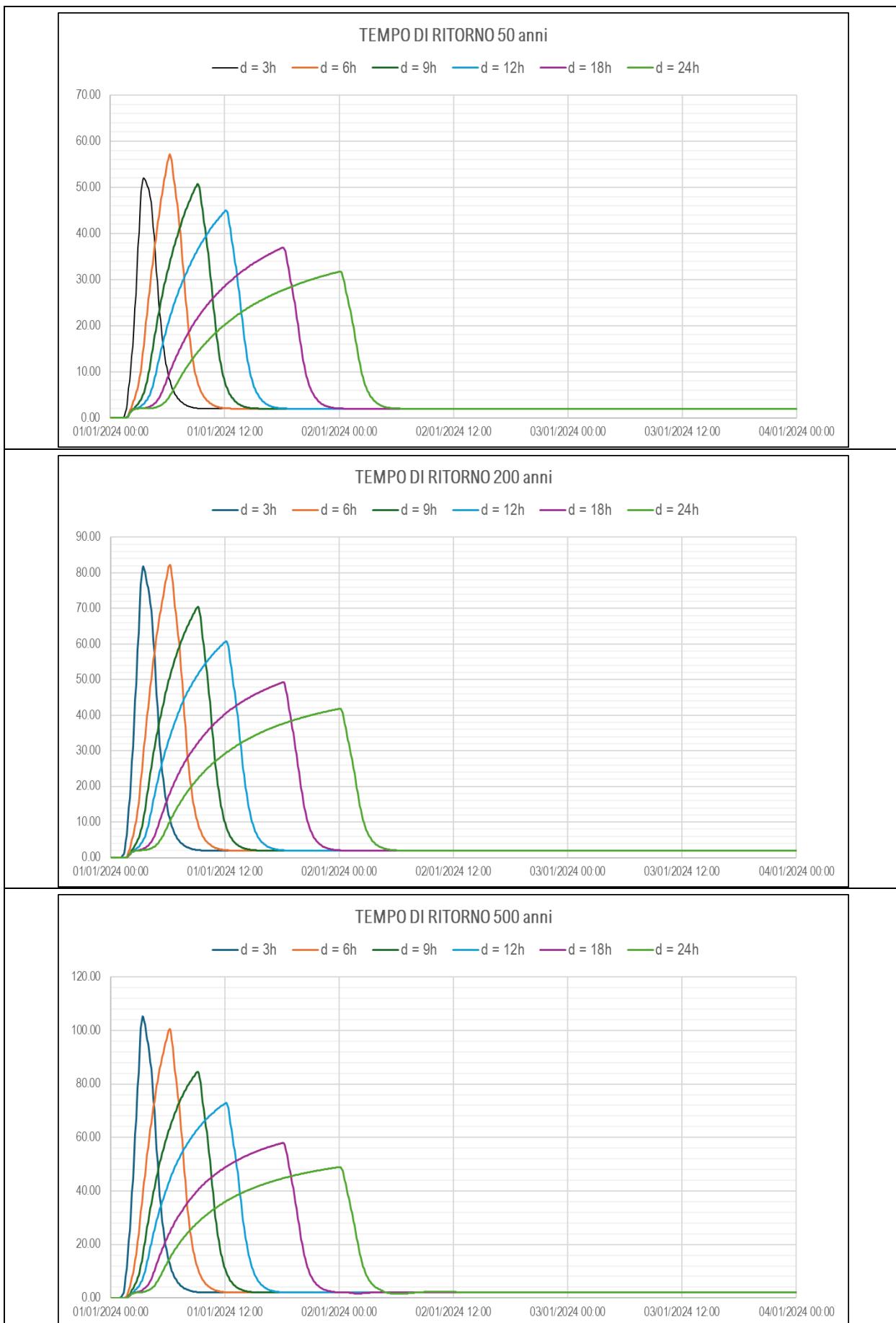


Fig. 6 Navile ad Arcoveggio: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500 (Portate in m^3/s)

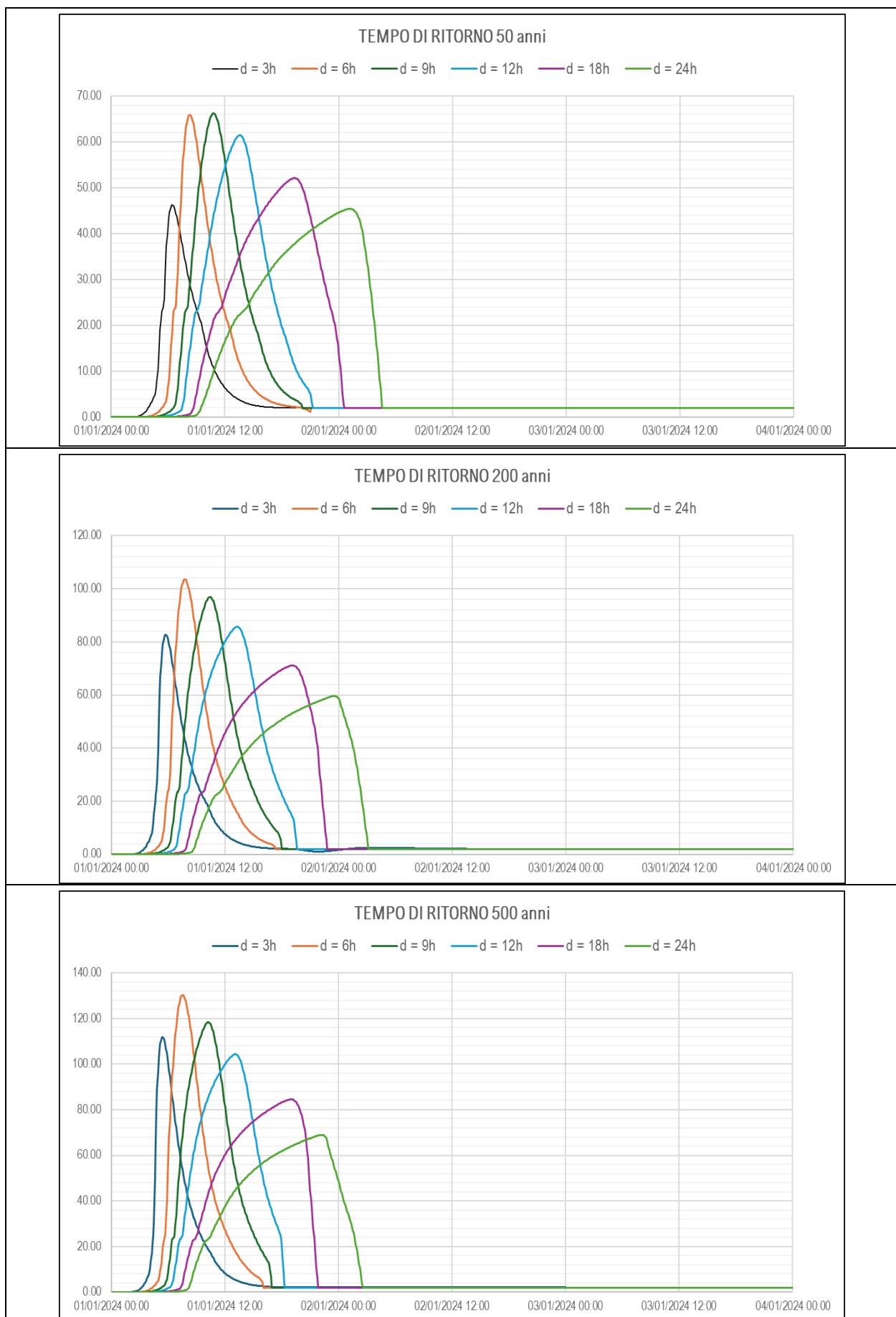


Fig. 7 Navile Loc. Bologna Interporto: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500 (Portate in m^3/s)

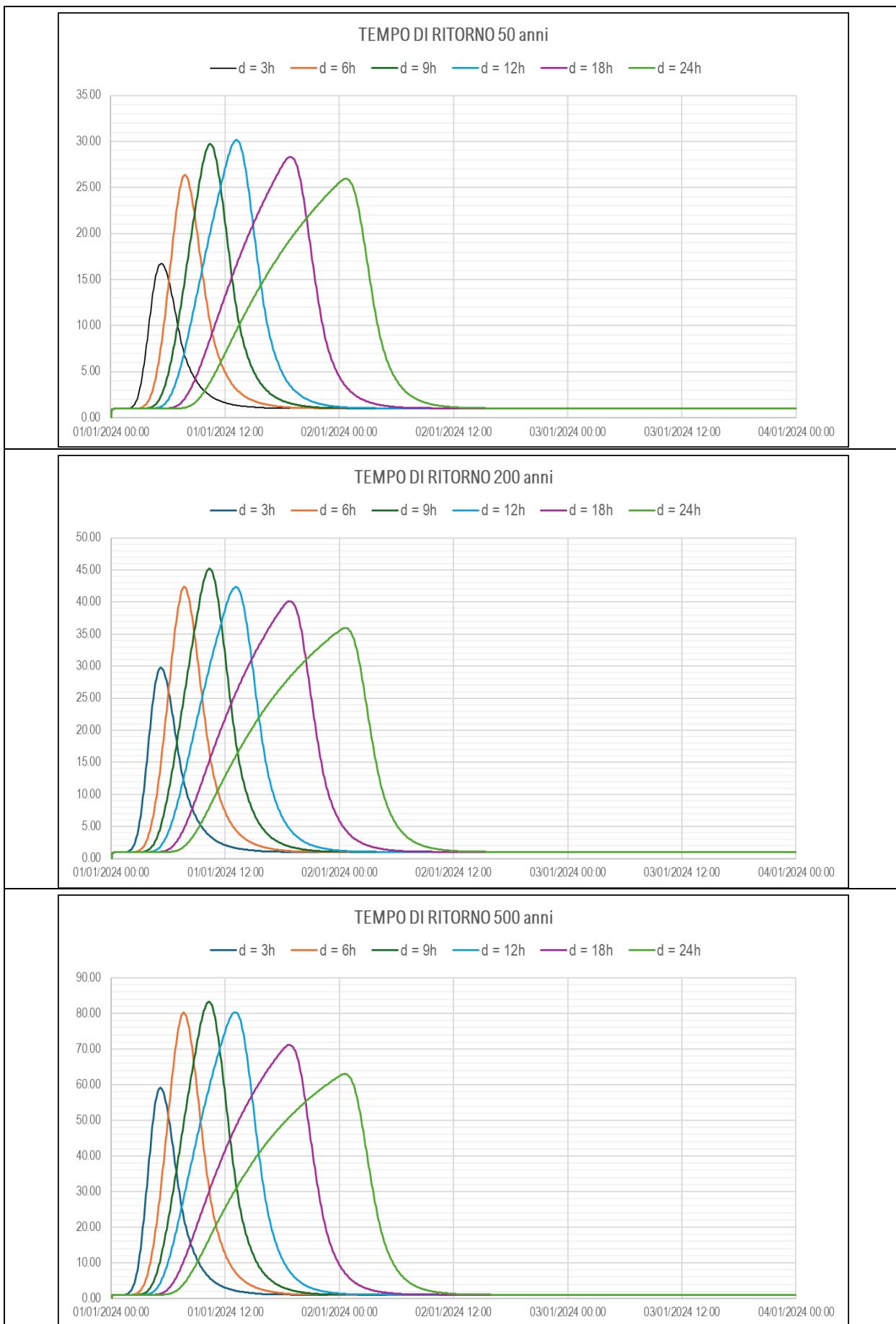


Fig. 8 Savena Abbandonato Loc. La Dozza: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500 (Portate in m^3/s)

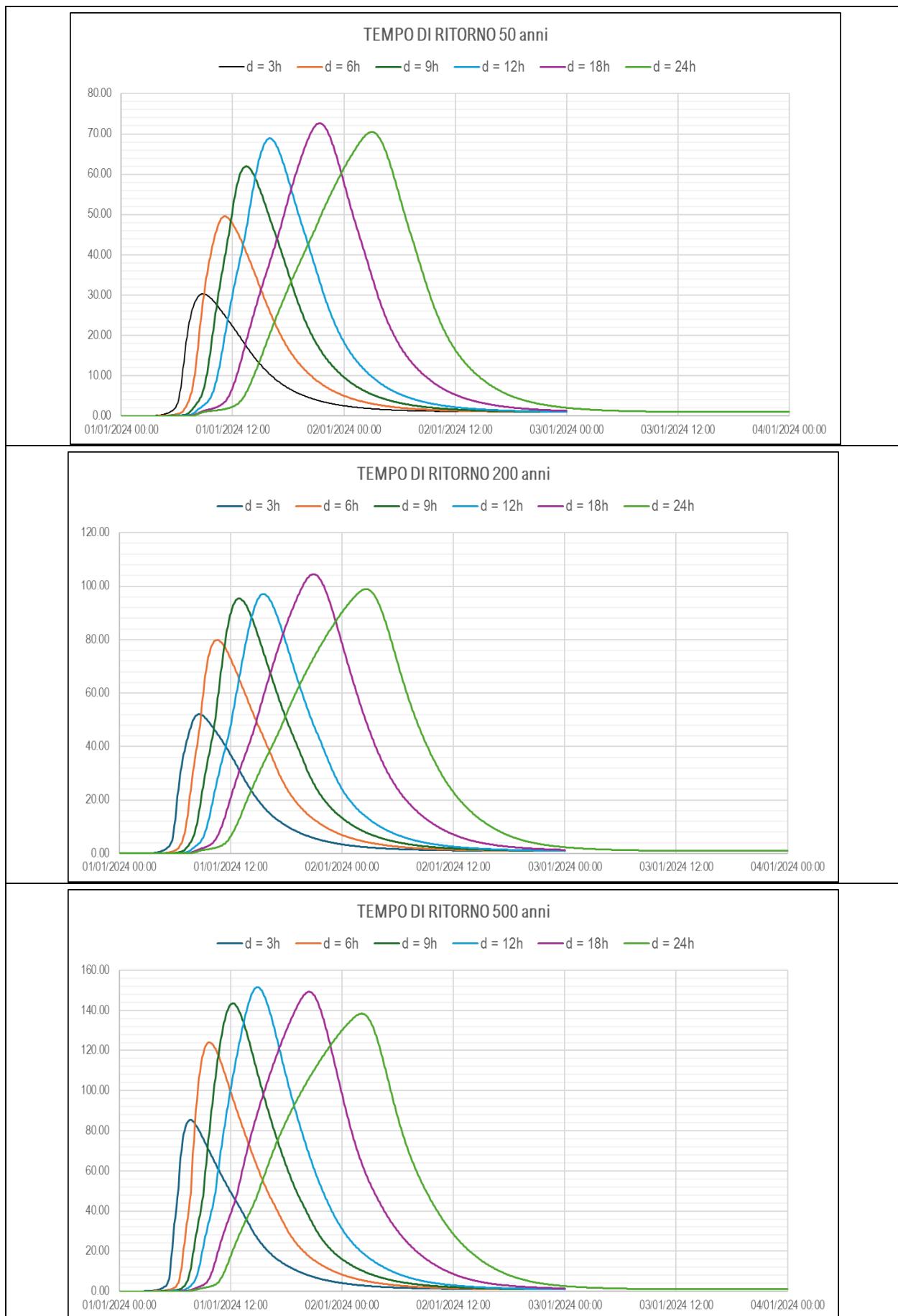


Fig. 9 Savena Abbandonato Loc. Capo d'Argine: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500 (Portate in m^3/s)

Nell'ambito dell'analisi idrologica è stata inoltre eseguita la ricostruzione degli idrogrammi di piena potenziali degli eventi gravosi più recenti (2023-2024). Per quanto concerne la stima di quest'ultimi, a causa dell'assenza di valutazioni affidabili di portata agli idrometri, 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.

Nei grafici di Fig. 10 è proposto il confronto, per diverse sezioni di chiusura dei bacini di Navile e Savena Abbandonato, 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.

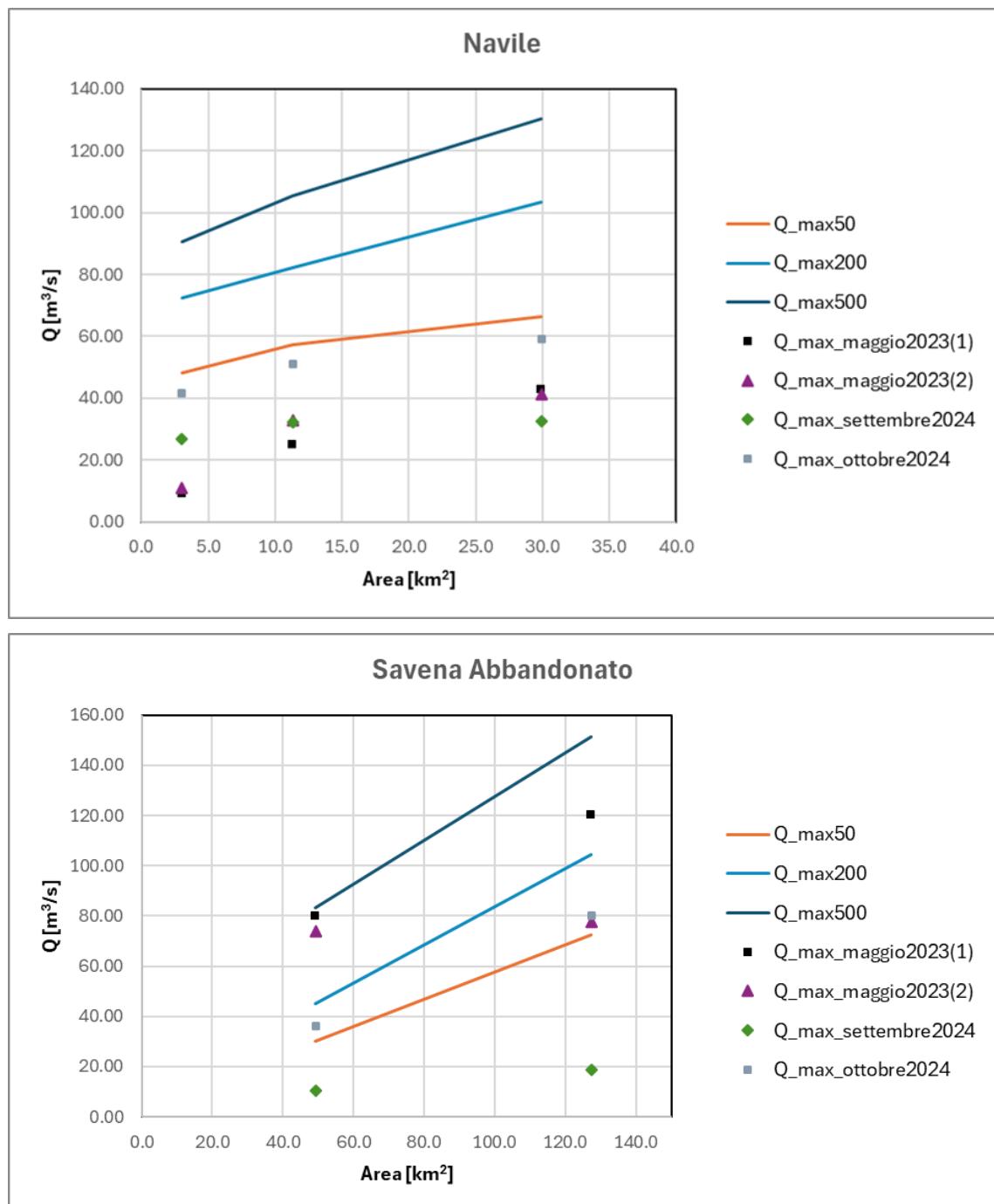


Fig. 10 Confronto tra portate al colmo idrologiche eventi reali e portate di riferimento per Navile e Savena Abbandonato.

Per quanto riguarda il Canale Navile le altezze di massima precipitazione registrate nel corso degli eventi degli anni 2023-2024 presso i pluviometri di riferimento non sono risultate eccessivamente gravose, e conseguentemente, le portate ottenute dal modello non superano il tempo di ritorno di 50 anni (l'evento ottobre 2024 è il più prossimo a questo valore).

Per il bacino del Savena Abbandonato invece le precipitazioni registrate sono risultate più gravose, e gli eventi del 2023 nella porzione di testata del bacino sfiorano (in termini di portate restituite dal modello) il tempo di ritorno di 500 anni.

5 La geometria del modello 2D

Nell'implementazione dei modelli 2D si è prestata particolare cura e attenzione alla definizione delle caratteristiche piano-altimetriche. 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://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm_apc_fiumi_2024), ove disponibile; per l'asta di monte del fiume Reno con i relativi affluenti (Setta, Samoggia, Ghironda, Lavino) il DTM più recente di riferimento è prevalentemente il 2023 (pre-evento);
- per le aree di pianura, al DTM Regione Emilia-Romagna 2023-2024 (https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmrer2023_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; nelle zone sovrapposte è stato considerato il DTM ricavato attraverso le sezioni batimetriche. 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.

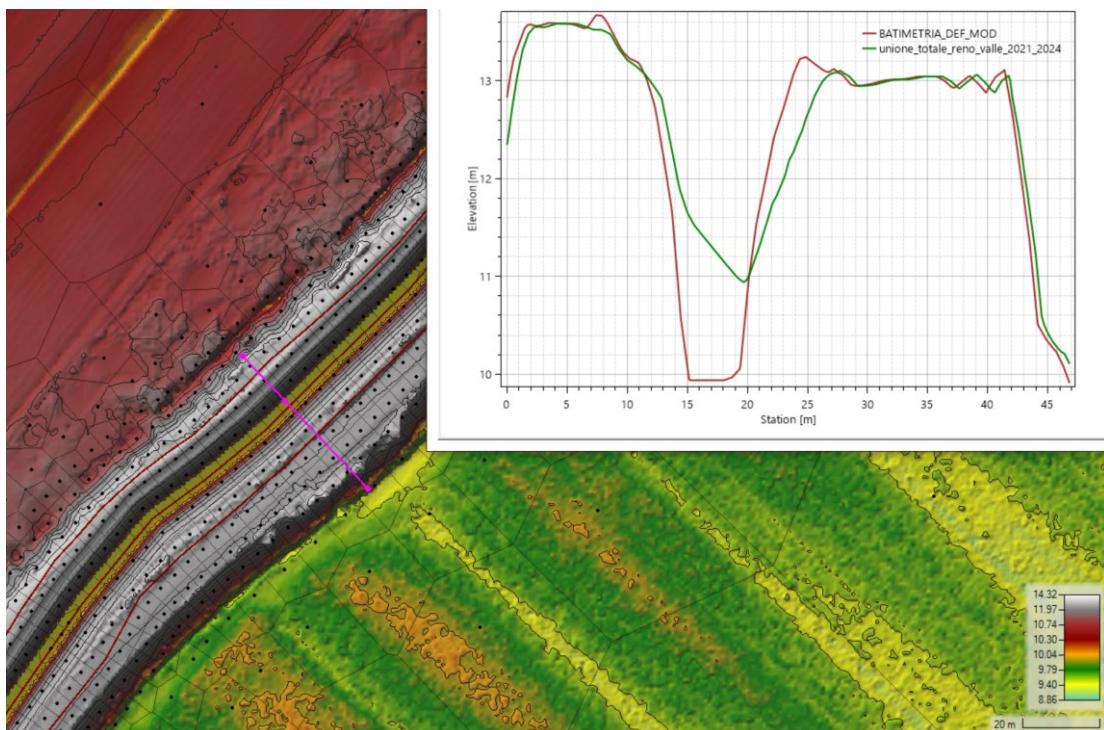


Fig. 11 – Batimetria del modello 2D a confronto con DTM originale

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 (queste ultime talvolta già descritte dal DTM e quindi non introdotte come struttura). Le strutture interferenti con il corso d'acqua sono state implementate direttamente nella griglia di calcolo con l'apposita funzione modellistica SA/2D connection.

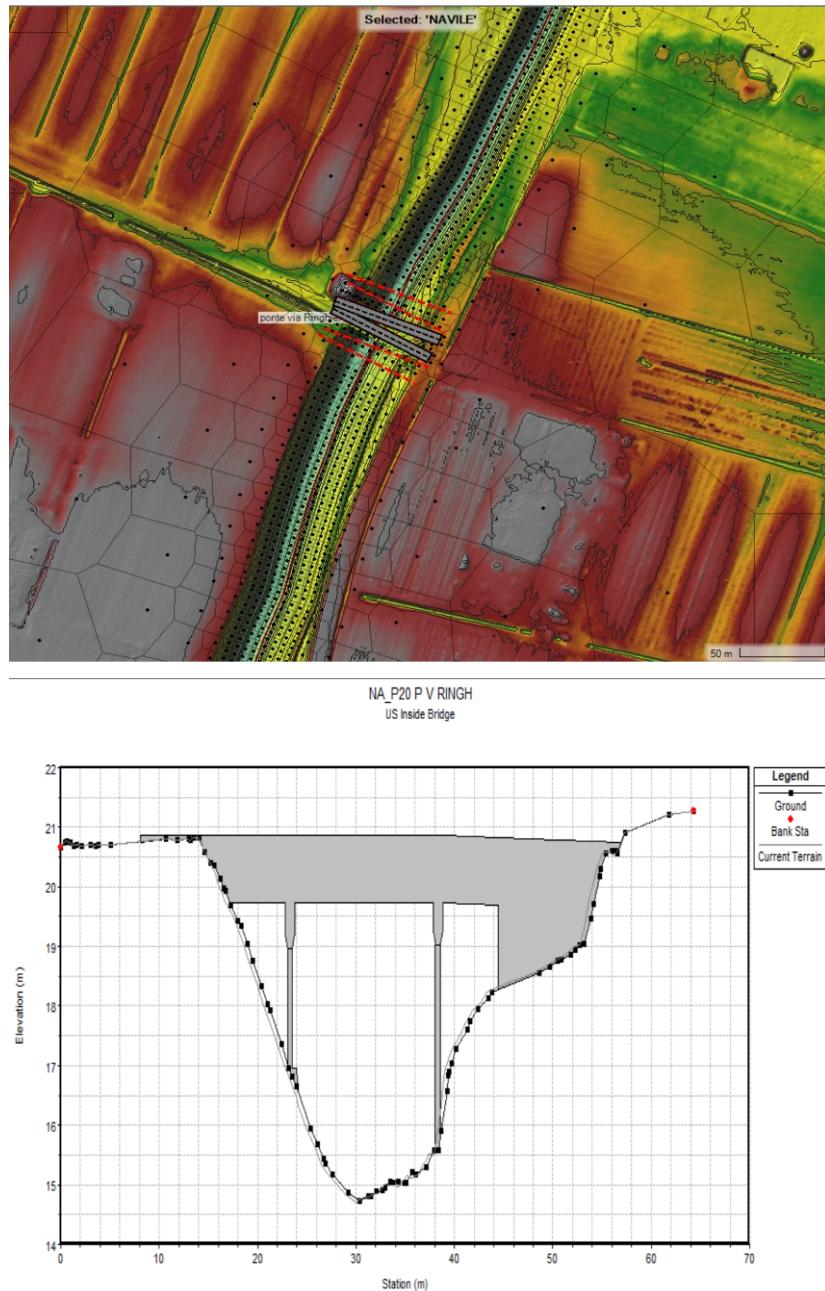


Fig. 12 Esempio della geometria di un attraversamento

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.

Il sistema fluviale Navile – Savena Abbandonato è stato incluso in un più ampio modello bidimensionale che descrive anche il tratto vallivo del Reno (a valle di confluenza Setta) e il sistema Samoggia-Ghiaia-Lavino-Ghironda, nell'ottica di poter rappresentare correttamente le mutue interazioni tra tali corsi d'acqua in piena e l'eventuale sovrapposizione delle esondazioni.

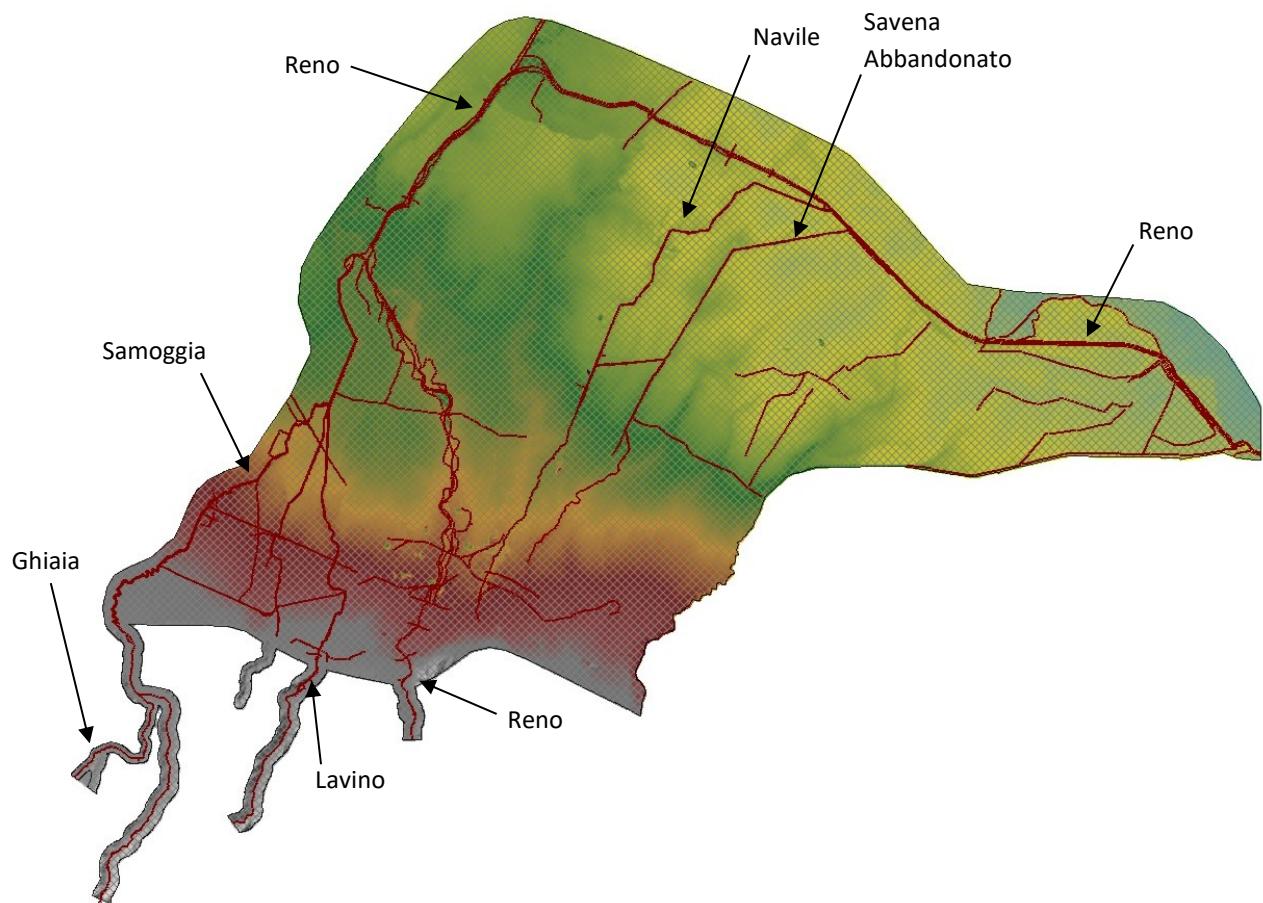


Fig. 13 Schema complessivo del modello 2D allestito (DTM, mesh, schema delle breaklines principali)

Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D è di **1.149.866**. 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 anche 5 m x 5 m o inferiori nei punti in cui si è discretizzato al massimo il dettaglio delle discontinuità morfologiche del terreno con particolare interesse alle zone in prossimità delle viabilità, arginature, rialzi morfologici e canali.

Le lunghezze dell'asse dei vari alvei rappresentati sono di seguito elencata:

- Reno (da valle confluenza Setta a monte confluenza Idice): 130,1 km;
- Samoggia: 53,2 km;
- Ghiaia: 9,0 km;
- Ghironda: 13,8 km;
- Lavino: 27,1 km;
- Navile: 36,2 km;
- Savena Abbandonato: 32,3 km.

Complessivamente nelle aste sopra elencate sono state inserite **193** strutture di attraversamento (secondo le modalità sopra descritte).

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, dei tratti arginati dei corsi d'acqua in studio, ovvero:

- Navile: dalla cassa di Bentivoglio a confluenza Reno;
- Savena Abbandonato: da Capo d'Argine a confluenza Reno.

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

Si precisa come i due corsi d'acqua siano collegati dal Diversivo che comporta un trasferimento di portata tra i due alvei, che è stato necessario mantenere anche nelle analisi in moto permanente per evitare importanti fenomeni di rigurgito da valle sul Navile per artificiosi incrementi di livello sopra le quote arginali (la capacità di portata del tratto terminale è inferiore a quella di monte).

Entrambi i corsi d'acqua inoltre risentono del rigurgito di Reno, particolarmente il Navile, che incide sulle modalità di deflusso del tratto terminale.

Nelle simulazioni in moto vario finalizzate alla definizione dell'assetto di pericolosità attuale, tali effetti possono portare a riscontrare variazioni nella portata effettivamente smaltibile dai tratti in esame. Le portate compatibili valutate secondo l'analisi di moto permanente pertanto tendono a essere maggiormente cautelative rispetto all'analisi in moto vario

6.1 Condizioni al contorno

6.1.1. Portate

I valori di portata di riferimento per il Navile e il Savena Abbandonato sono stati inizialmente definiti a partire dalle portate con tempo di ritorno 50 anni individuate nell'analisi idrologica; il primo step di analisi, in termini di portate, è definito dallo Scenario A in Tab. 3. Successivamente le portate sono state decrementate di un analogo valore ricercando la massima portata compatibile per i diversi tratti risultati critici - Scenari B e C.

Per tutti gli scenari (A, B, C) è stato assegnato un valore di portata defluente nell'alveo del Reno rappresentativo di un contributo di piena di entità modesta ma non trascurabile, pari a 150 m³/s (a fronte di un valore al colmo a Casalecchio per TR200 pari a circa 2.550 m³/s), per simulare una condizione più rappresentativa dei reali effetti di interferenza.

Lo schema delle portate simulate per Navile e Savena Abbandonato è indicato in Tab. 3.

Tab. 3 Portate in moto permanente per Navile e Savena Abbandonato [m³/s]

Q (m ³ /s)	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Navile	55	40	25
Savena Abbandonato	90	70	50
Reno	150	150	150
TOT a confluenza Reno	295	260	225

6.1.2. Condizioni al contorno di valle

Essendo stato utilizzato il modello completo dell'alveo del Reno per la verifica in moto permanente, la condizione al contorno di valle è assegnata molto distante dai tratti di interesse, in modo da verificare la non influenza sui risultati ottenuti; essa è imposta come livello di moto uniforme sul Reno a termine modello.

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 (da letteratura, in particolare *Open-channel hydraulics, Ven Te Chow*) riportati nella tabella seguente.

Tab. 4 Uso suolo – coefficienti di scabrezza associati (Gauckler-Strickler)

Uso suolo	Scabrezza ($m^{1/3}/s$)
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
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

Sono stati inoltre simulati due ulteriori scenari di scabrezza:

- scabrezza omogenea su intera sezione traversale assunta pari a $25 m^{1/3}/s$ (Gauckler-Strickler);
- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale assunta pari a $35 m^{1/3}/s$ (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. 5 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 intradosso in chiave che permette una prima valutazione sull'effettiva adeguatezza della quota dell'impalcato rispetto ai massimi livelli di piena.

Tab. 6 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 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.

Tab. 7 Portata compatibile Canale Navile – scenario scabrezza da uso del suolo

ID	Tratto	Q compatibile (m ³ /s)
1	Dalla cassa di Bentivoglio a Diversivo	25
2	Da Diversivo a confluenza Reno	<25*

* Risente di rigurgito di Reno

Tab. 8 Portata compatibile Canale Savena Abbandonato – scenario scabrezza da uso del suolo

ID	Tratto	Q compatibile (m ³ /s)
1	Da S.S.253bis a loc. Capo d'Argine	<50
2	Da loc. Capo d'Argine a loc. Cà De Fabbri	70
3	Da Cà De Fabbri a Diversivo	90
4	Da Diversivo a Altedo	50*
5	Da Altedo a confluenza Reno	50*

* Nello scenario C, per effetto del Diversivo, la portata effettiva che defluisce a valle è pari a 55 m³/s.

7 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale

Le analisi in moto vario hanno interessato i canali Navile (da idrometro Bova) e Savena Abbandonato (da Via del Gomito – SS64 nel comune di Bologna) fino alla loro confluenza in Reno.

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

Come già descritto, il modello della piana bolognese allestito comprende sia gli alvei del Navile e Savena Abbandonato, sia quelli del Reno e del Samoggia con relativi affluenti; le simulazioni in moto vario sono state condotte per tutti gli scenari simulando contestualmente eventi di pari tempo di ritorno e durata su tutti i corsi d'acqua, in modo da tenere adeguatamente conto delle mutue influenze. Nel presente documento sono descritti i risultati per i soli corsi d'acqua sopra citati, rimandando alle omologhe monografie per i rimanenti.

Sulla base delle informazioni fornite dall'Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile della Regione Emilia-Romagna, il sistema Navile – Diversivo – Savena Abbandonato attualmente viene esercito mantenendo completamente chiusa la paratoia sul Navile a valle dell'imbocco del Diversivo, in modo che l'intera portata afferente al Navile sia deviata nel Diversivo e immessa nel Savena Abbandonato. L'alveo del Navile a valle di questa paratoia, infatti, è caratterizzato da una modesta capacità di deflusso, in ragione delle limitate dimensioni e della presenza di numerose strutture trasversali di piccola luce.

La chiavica sul Navile a confluenza Reno viene posta in posizione di chiusura all'occorrenza di eventi di piena, per evitare l'ingressione di portata dal corso d'acqua principale.

Per quanto riguarda il Savena Abbandonato, a monte del Diversivo, l'alveo è caratterizzato da una limitata capacità di deflusso, mentre a valle essa incrementa invece in modo significativo. La chiavica a confluenza Reno è mantenuta normalmente aperta e chiusa solo al raggiungimento di un livello pari o superiore alla soglia gialla.

Per le finalità della presente analisi di pericolosità relativa allo stato attuale sono state inizialmente effettuate simulazioni di scenario nelle condizioni peggiori possibili, ovvero con tutte le chiaviche e la paratoia del Navile aperte, per indagare le massime condizioni di pericolosità potenziale.

Successivamente, identificate per ciascun tempo di ritorno le condizioni maggiormente critiche, sono state anche condotte simulazioni più rappresentative delle effettive modalità di esercizio attuali, ovvero considerando chiuse la paratoia del Navile a valle del Diversivo e la chiavica a confluenza Reno.

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 Capitolo 4.

Per ogni tempo di ritorno sono stati simulati eventi associati a durate di pioggia di 3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore.

Gli input di portata sono forniti come di seguito descritto.

- In ingresso nella sezione di monte del Reno è stato inserito l'idrogramma di portata in uscita dal modello 2D che rappresenta il tratto di monte (Alto Reno e Setta) per tutti gli scenari considerati.
- Per gli altri corsi d'acqua è invece stato inserito in input nella sezione di monte di ciascun tratto il contributo concentrato dei bacini di testata derivante dall'analisi idrologica.
- I contributi propri relativi ai sottobacini successivi di valle sono stati inseriti rispettando lo stesso schema del modello idrologico-idraulico dell'analisi idrologica (per assicurare la coerenza degli idrogrammi potenziali risultanti), ovvero: concentrati alla confluenza per gli affluenti più significativi o uniformemente distribuiti lungo l'intero tratto tra due sezioni idrologiche consecutive per gli altri sottobacini.

7.1.2. Condizioni di valle

Le sezioni d'alveo di outlet del modello sono due posti all'estremità dei tratti modellati di Reno e del Cavo Napoleonico. Per entrambi è stata adottata una scala di deflusso di moto uniforme nella sezione terminale, che per il Cavo equivale a ipotizzare assenza di limitazioni allo scarico (ovvero non concomitanza di una piena di Po).

7.2 Scabrezze

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. 4 desunte da letteratura.

7.3 Simulazioni e risultati ottenuti

I modelli numerici 2D allestiti 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 (settembre e ottobre 2024, data la minore significatività degli eventi del 2023 sul bacino del Reno).

Per tali eventi, assai gravosi nel loro complesso, non sono disponibili idrogrammi di portata misurati ma solo alcune stime puntuali approssimate di valori di portata al colmo. Questa condizione limita di fatto una taratura diretta del modello. Poiché risultano comunque disponibili gli andamenti misurati dei livelli, si è proceduto ricostruendo, con il modello idrologico allestito per l'analisi idrologica, gli idrogrammi di portata stimati per gli eventi di cui sopra sulla base delle precipitazioni misurate presso i pluviometri disponibili della rete ARPAE. Tale procedura inserisce nell'analisi l'ulteriore componente di incertezza legata alle approssimazioni del modello idrologico e particolarmente della validità spaziale del dato puntuale di precipitazione intensa misurato al pluviometro.

Pur con tutti i limiti intrinseci nell'approccio proposto, gli idrogrammi così ricostruiti sono stati applicati ai modelli numerici idrodinamici allestiti, verificando presso i principali idrometri la coerenza con i livelli idrici misurati e restituiti dal modello, nell'ottica di poter eventualmente calibrare il parametro di scabrezza per ottenere un migliore riscontro. I risultati ottenuti mostrano una discreta coerenza negli idrogrammi di livello; gli scostamenti osservati sui colmi appaiono compatibili con il grado di incertezza sopra descritto, dipendente da più fattori.

In tali condizioni, si è optato per un approccio cautelativo sulla scabrezza che prevede di mantenere la perimetrazione di dettaglio delle forme di uso del suolo, alle quali sono stati associati i valori di scabrezza da letteratura riportati in Tab. 4.

Nel seguito si forniscono, per il sistema idrografico in esame di Samoggia e affluenti, i risultati relativi agli eventi di settembre e ottobre 2024, caratterizzati da maggiore completezza dei dati di confronto.

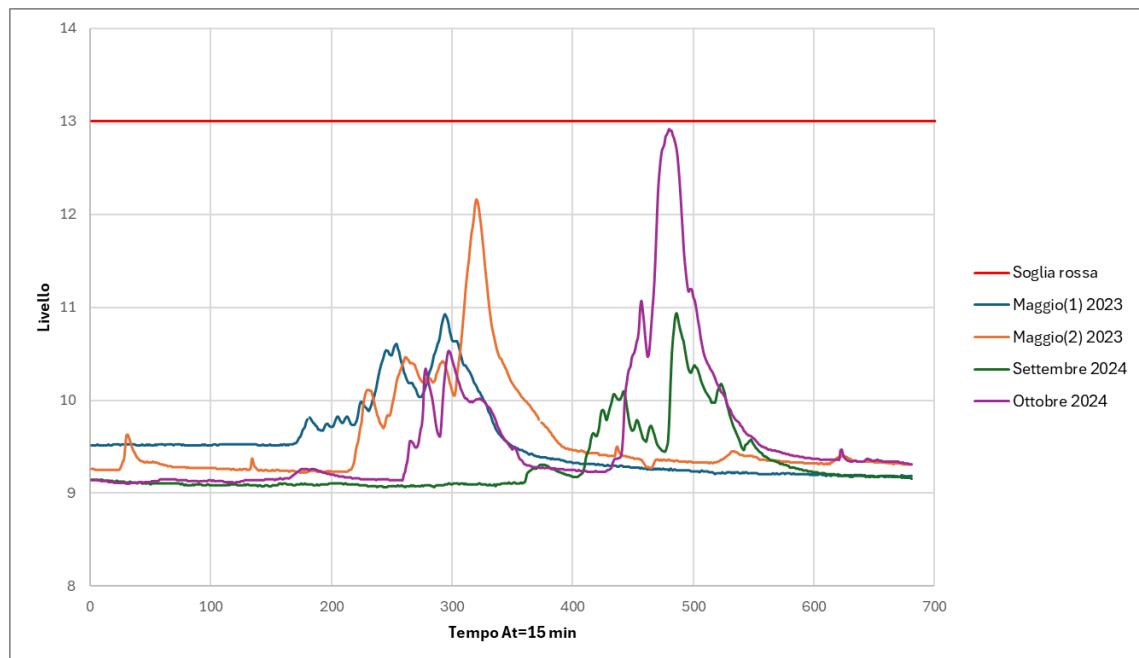


Fig. 14 Navile ad Arcoveggio: livelli idrometrici ARPAE eventi 2023 e 2024

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

- evento T50: perimetrazione P3 PGRA 2021 che riprende le *Aree ad alta probabilità di inondazione* (art.16 preesistente PAI), aree inondabili per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni;
- evento T200: perimetrazione P2 PGRA 2021;
- evento T500: perimetrazione P1 PGRA 2021.

Nel seguito sono sinteticamente illustrate le evidenze delle analisi eseguite relativamente ai tre tempi di ritorno indagati. 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. Navile

7.3.1.1 Eventi 2024

Di seguito sono descritti i risultati ottenuti dalle simulazioni degli eventi di settembre e ottobre 2024. Dove possibile, i risultati sono stati confrontati con le limitate segnalazioni di allagamento occorse durante gli eventi reali e i dati di livello in alveo misurati agli idrometri. Spesso da tale raffronto si sono ottenuti risultati positivi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentati i risultati della simulazione dell'evento di settembre 2024 in termini di massimi tiranti idrici.

A monte del Diversivo si riscontrano sul Navile solo limitati allagamenti (espansioni laterali) in due aree, una subito a monte della A14 e l'altra circa 600 m a valle (Fig. 15).

Dall'idrometro di Castelmaggiore fino al Diversivo non si registrano aree allagate.

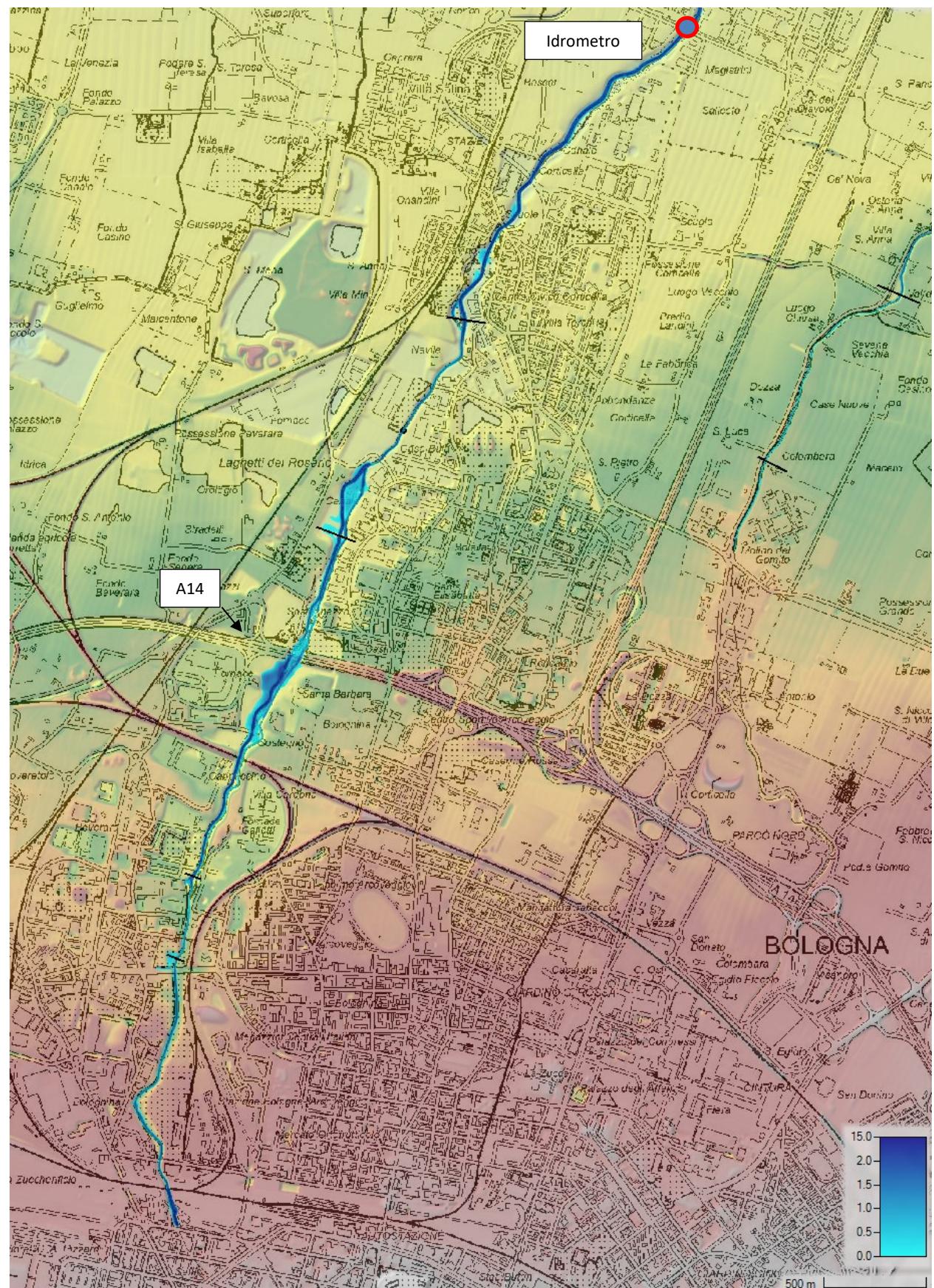


Fig. 15 Evento settembre 2024: tiranti massimi da monte tratto di studio a Idrometro Castelmaggiore

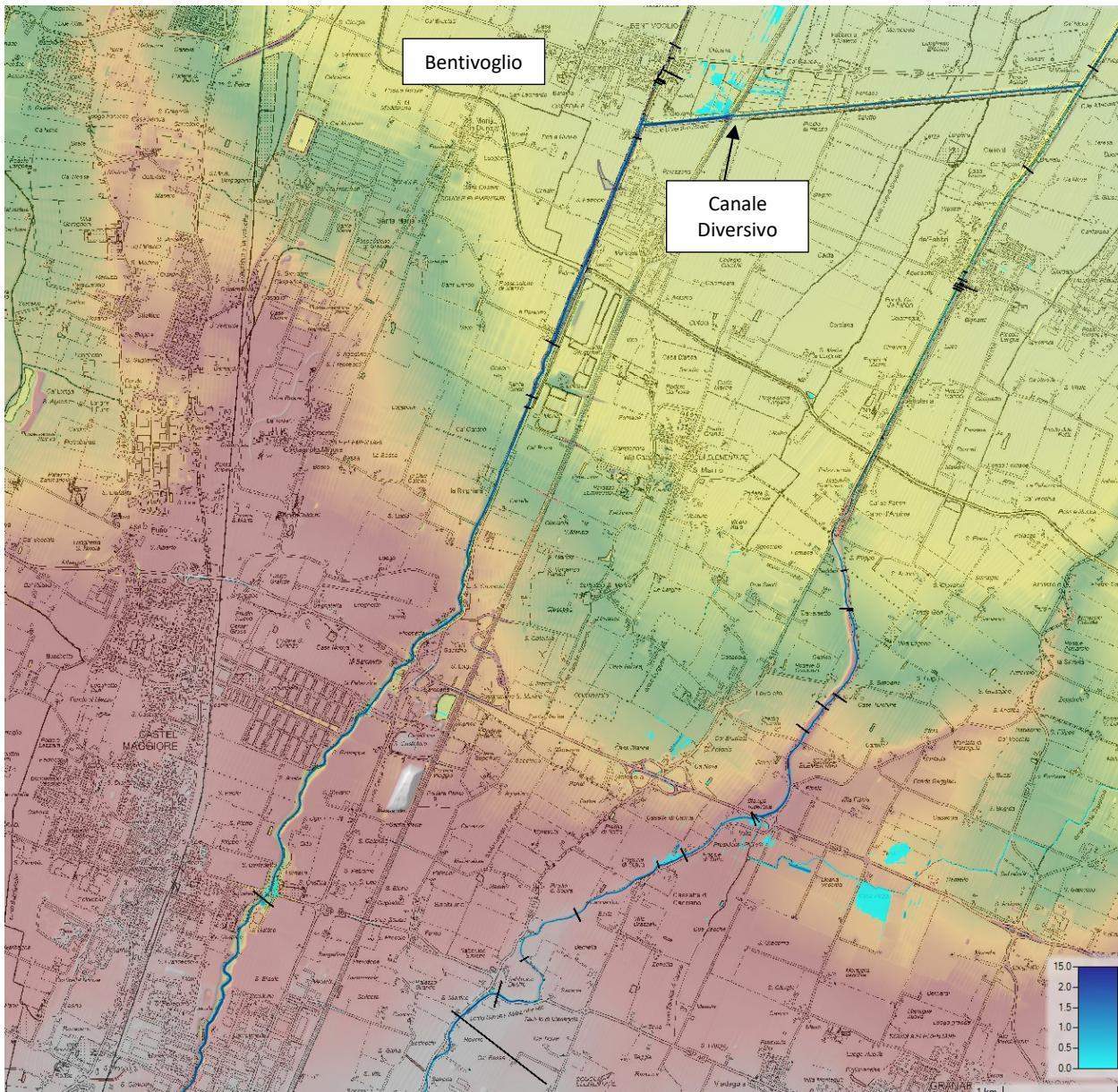


Fig. 16 Evento settembre 2024: tiranti massimi da Idrometro Castelmaggiore a Diversivo

Nei pressi di Bentivoglio si riscontrano limitati allagamenti di aree coltive dovute all'esondazione del Canale Diversivo (Fig. 17) in quanto nella simulazione dell'evento di settembre è stata chiusa la paratoia sul Navile di regolazione per la derivazione del Diversivo proprio come verosimilmente è successo nel corso dell'evento reale. Le portate defluite nel Navile verso valle sono quindi inferiori e non generano allagamenti.

Anche nell'area di confluenza in Reno non si osservano particolari allagamenti, l'evento è stato, infatti, simulato chiudendo la chiavica di immissione in Reno come avvenuto nel corso dell'evento reale (Fig. 18).

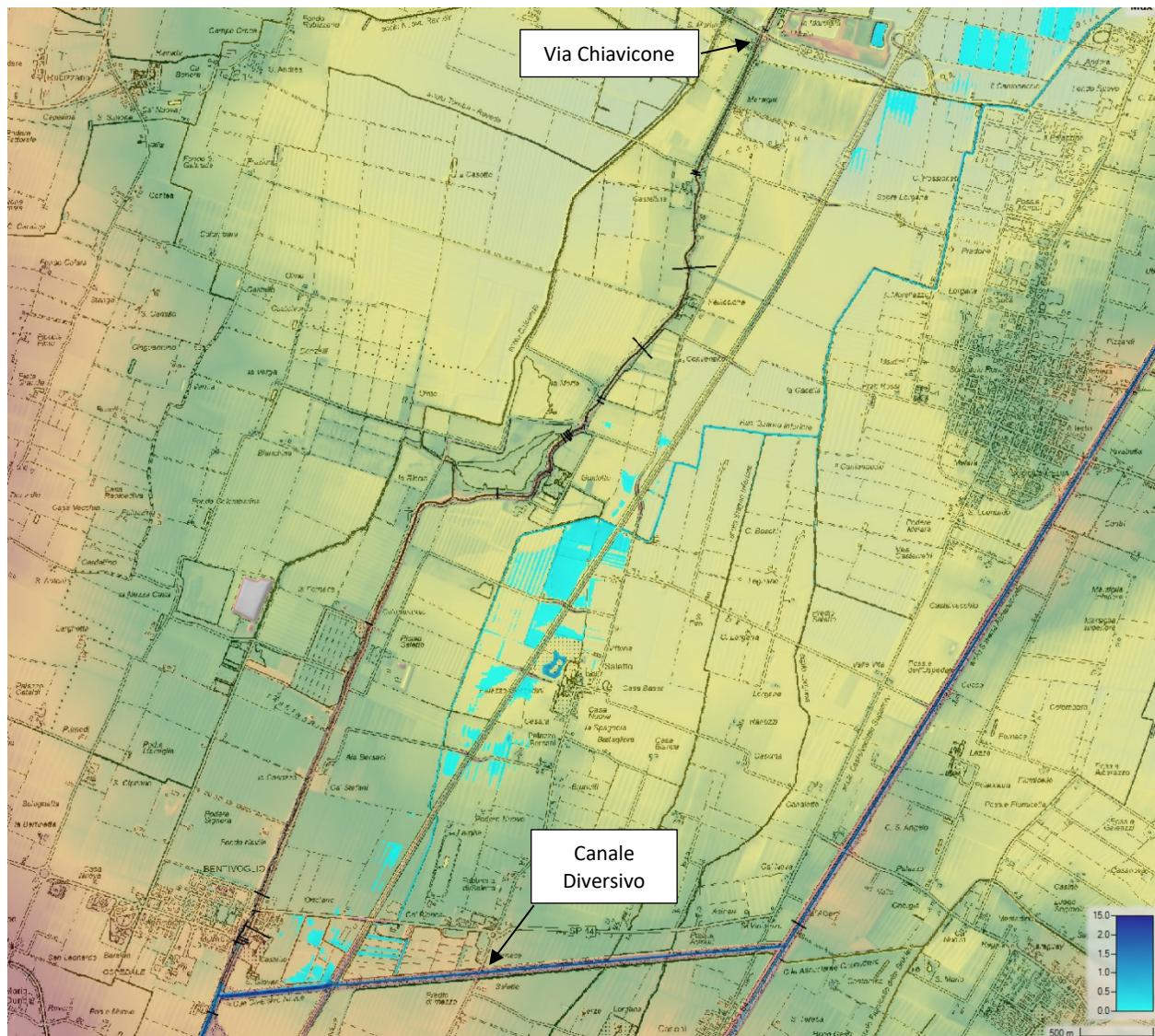


Fig. 17 Evento settembre 2024: tiranti massimi da Diversivo a via Chiavicone

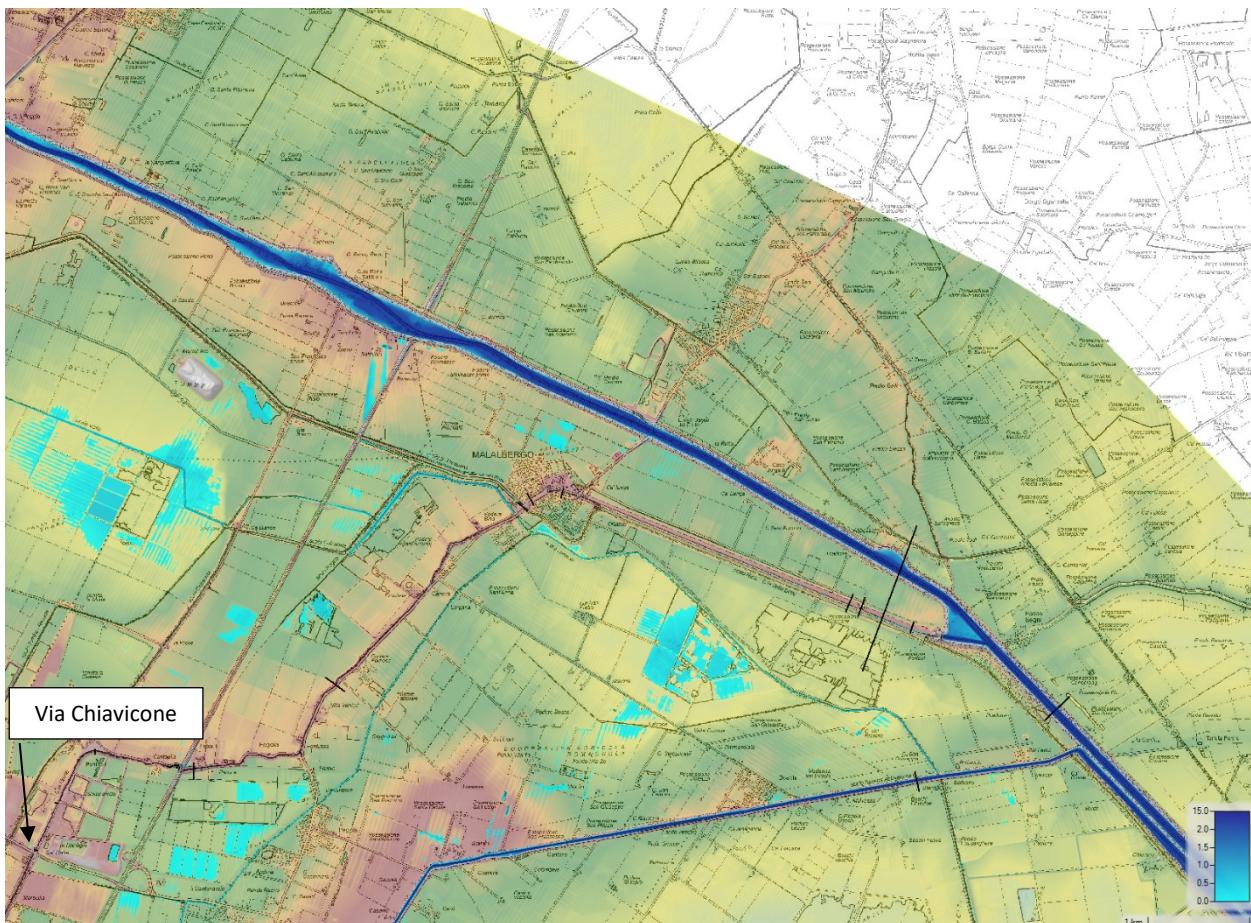


Fig. 18 Evento settembre 2024: tiranti massimi da via Chiavicone a confluenza Reno

Le immagini di Fig. 19 riportano il confronto tra i livelli del Navile risultati dal modello e quelli registrati agli idrometri di Arcoveggio, Castelmaggiore e Bentivoglio durante l'evento di settembre 2024.

Si riscontra una buona corrispondenza tra il dato misurato e quello ottenuto dalla simulazione, soprattutto per gli idrometri di Arcoveggio e Castelmaggiore, da cui si desume una accettabile coerenza delle portate massime di evento ricostruite per il Navile. Per l'idrometro di Bentivoglio, posto in corrispondenza dell'opera di regolazione sul Navile per il Diversivo, il livello simulato è di poco superiore al livello misurato, probabilmente per effetto della regolazione della paratoia.

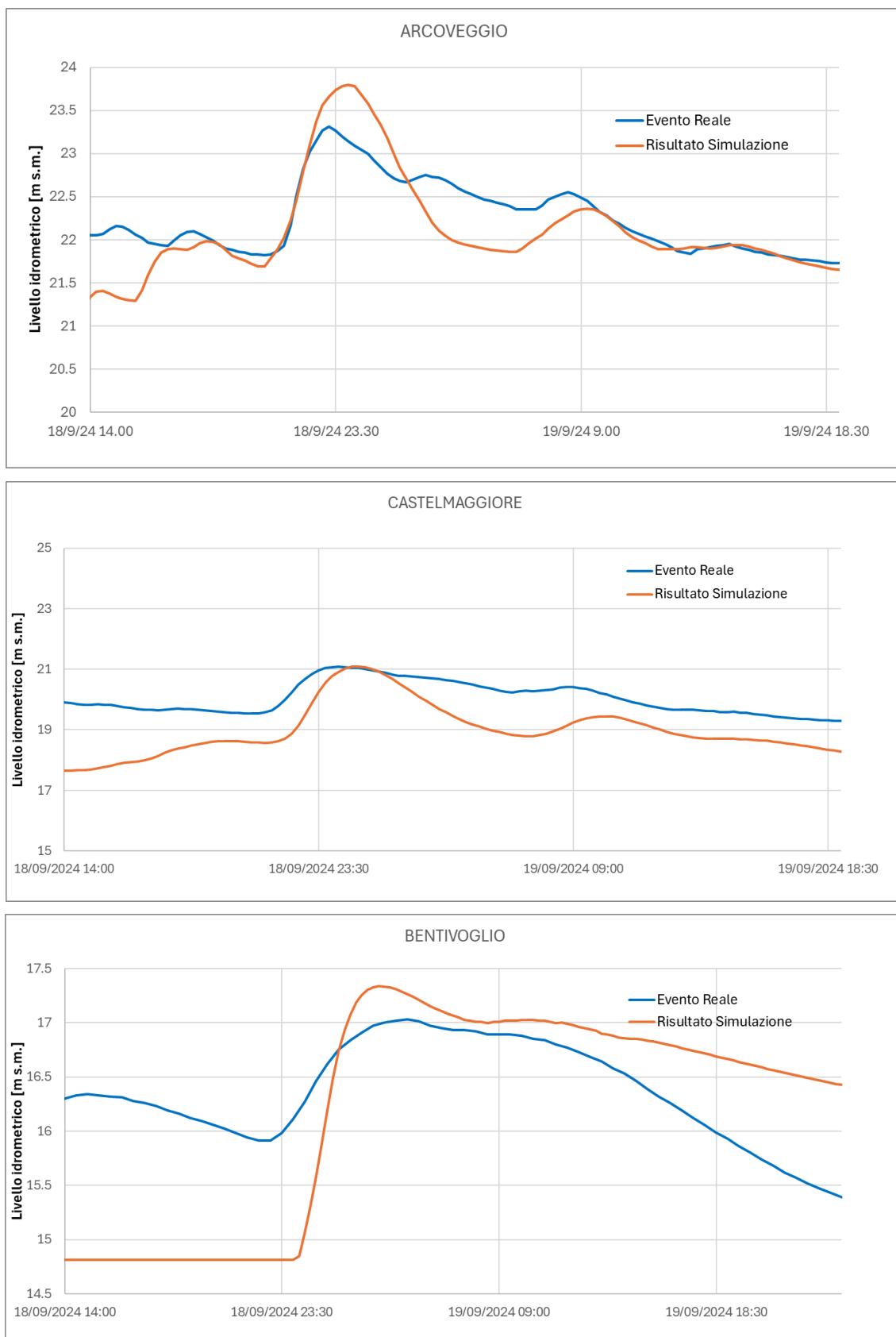


Fig. 19 Confronto livelli per gli idrometri di Arcoveggio, Castelmaggiore e Bentivoglio per l'evento di settembre 2024.

L'estensione delle esondazioni risultate dalla simulazione dell'evento di ottobre 2024 è maggiore rispetto a quella ottenuta nel corso dell'evento di settembre. Le segnalazioni di allagamenti d'altro canto sono quasi trascurabili ma confrontabili nella zona a monte del CER.

Nelle figure seguenti vengono rappresentati i risultati della simulazione dell'evento di ottobre 2024 in termini di massimi tiranti idrici.

Oltre ai limitati allagamenti già riscontrati anche nell'evento di settembre 2024 (nelle aree a monte della A14 e a circa 600 m a valle di essa), si osservano sormonti di entrambe le sponde a circa 2 km a valle della A14 che provocano allagamenti limitati nel centro abitato (Fig. 20).

Dall'idrometro di Castelmaggiore fino al Diversivo si registrano aree allagate come da segnalazione occorsa durante l'evento di ottobre (aree perimetrati con linea rossa in Fig. 21) nelle zone coltive poste a monte del Canale Emiliano Romagnolo in sinistra idrografica del Canale Navile.

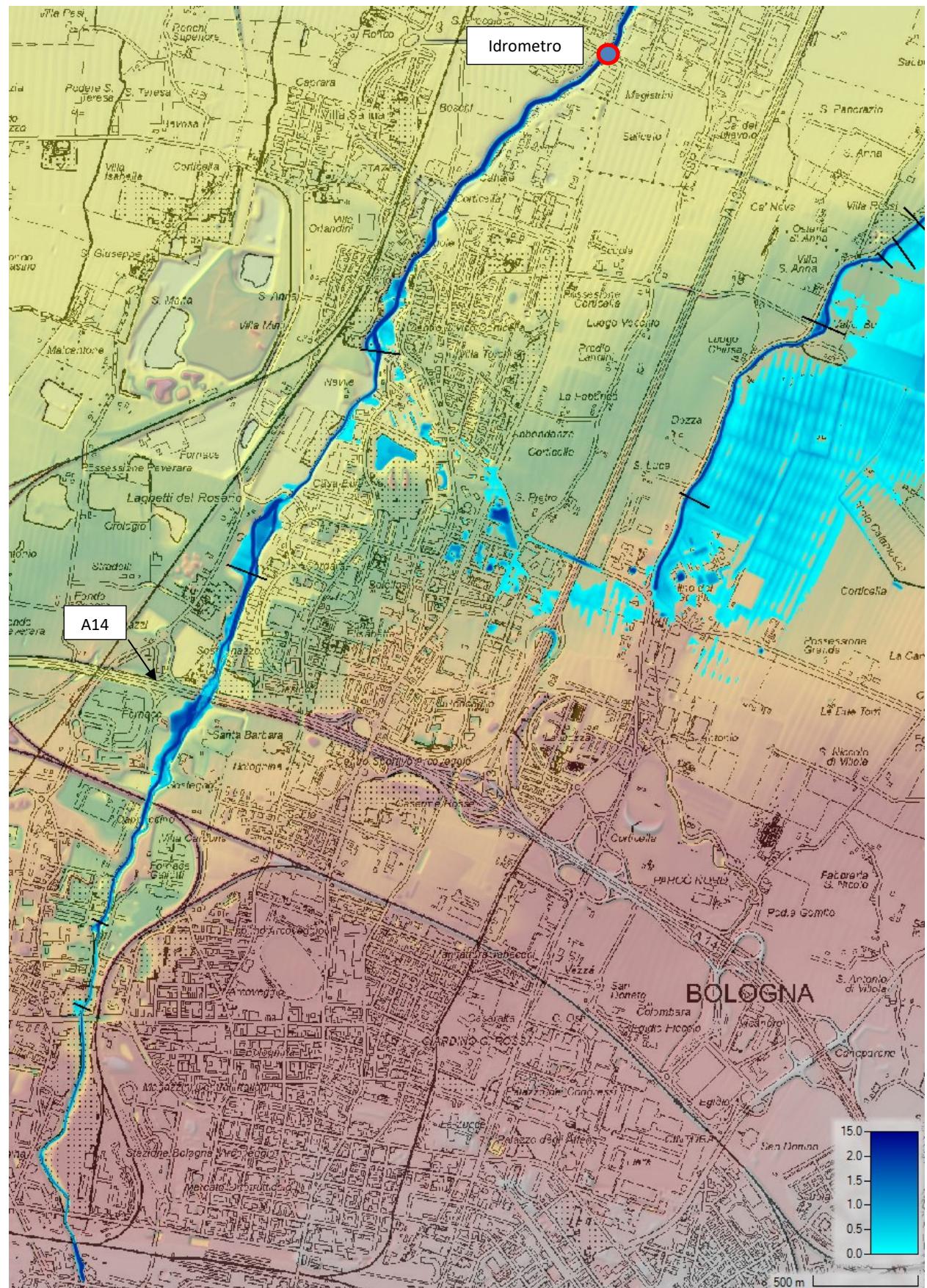


Fig. 20 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da monte tratto di studio a Idrometro Castelmaggiore

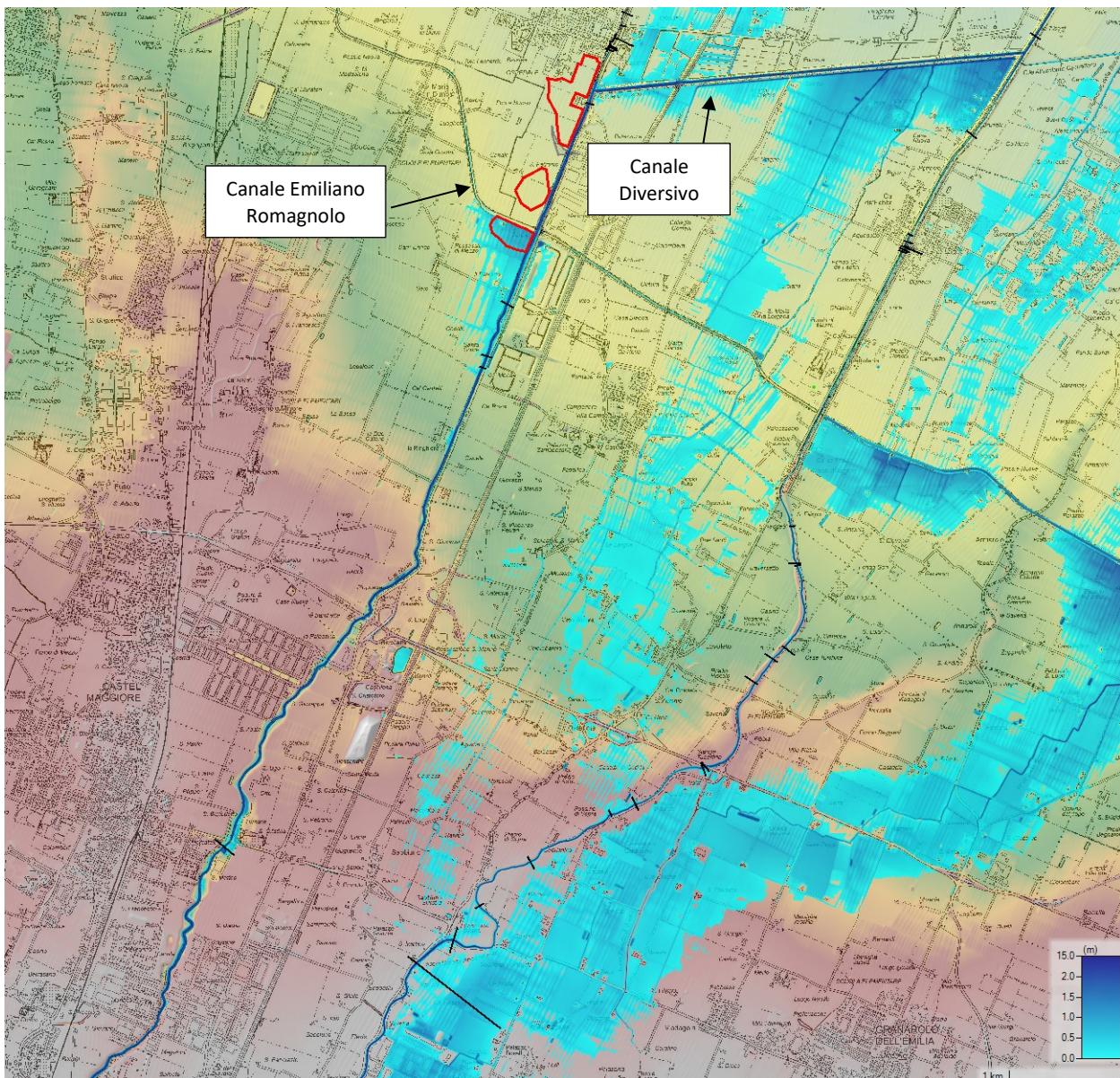


Fig. 21 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da Idrometro Castelmaggiore a Diversivo

Nei pressi di Bentivoglio si riscontrano allagamenti di aree coltive dovute all'esondazione del Canale Diversivo (Fig. 22) in quanto nella simulazione dell'evento di ottobre è stata chiusa la paratoia sul Navile di regolazione per la derivazione del Diversivo proprio come verosimilmente è successo nel corso dell'evento reale. Le esondazioni si propagano verso Nord, attraverso il sistema di canali irrigui, nella campagna circostante arrivando nei pressi della frazione di Saletto e dell'abitato di Altedo. A valle della confluenza del Canale Diversivo non si riscontrano allagamenti dovuti al Navile.

Come per l'evento di settembre, anche nell'area di confluenza in Reno non si osservano particolari allagamenti; l'evento è stato, infatti, simulato chiudendo la chiajava di immissione in Reno come avvenuto nella realtà (Fig. 23).

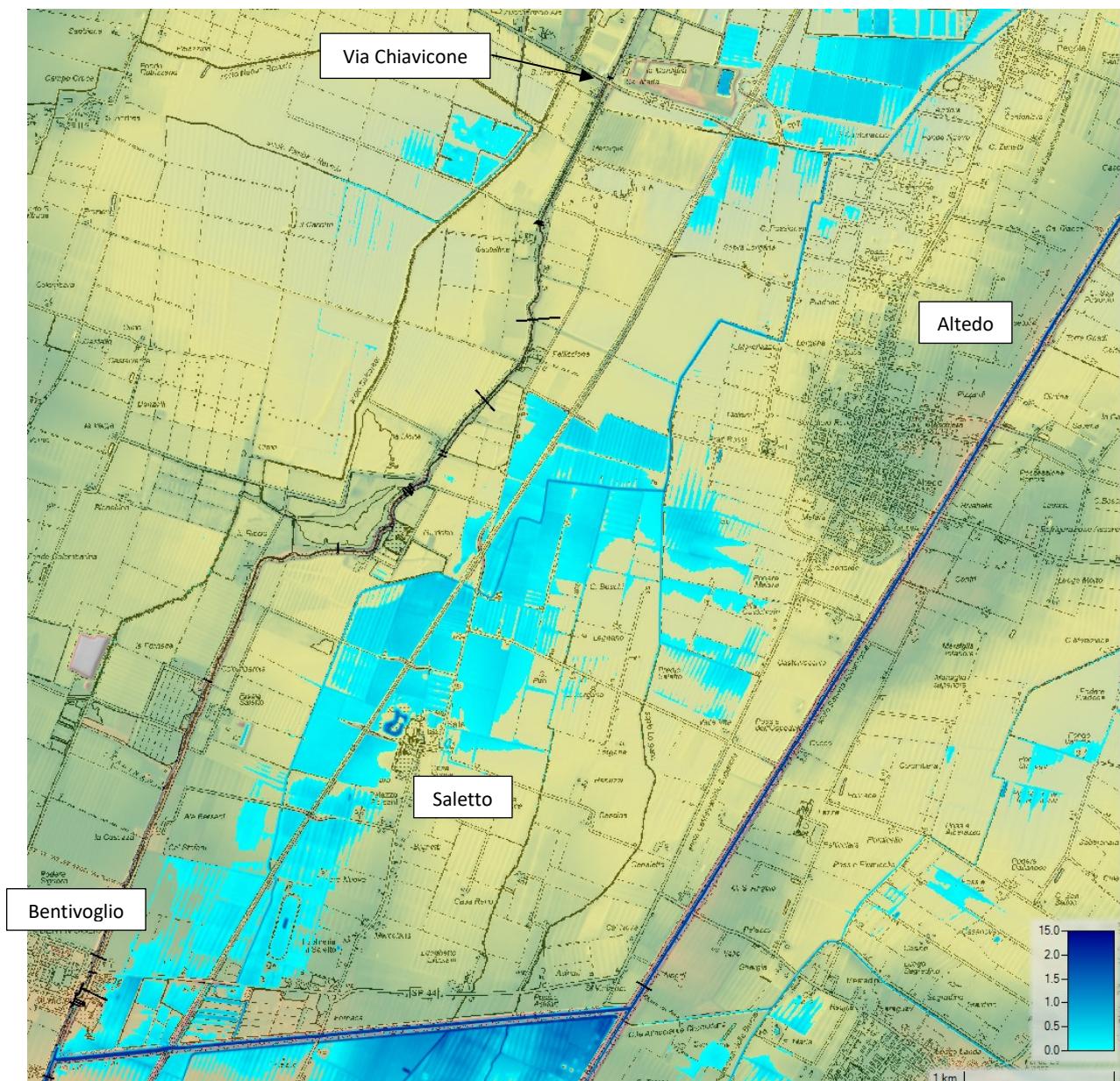


Fig. 22 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da Diversivo a via Chiavicone

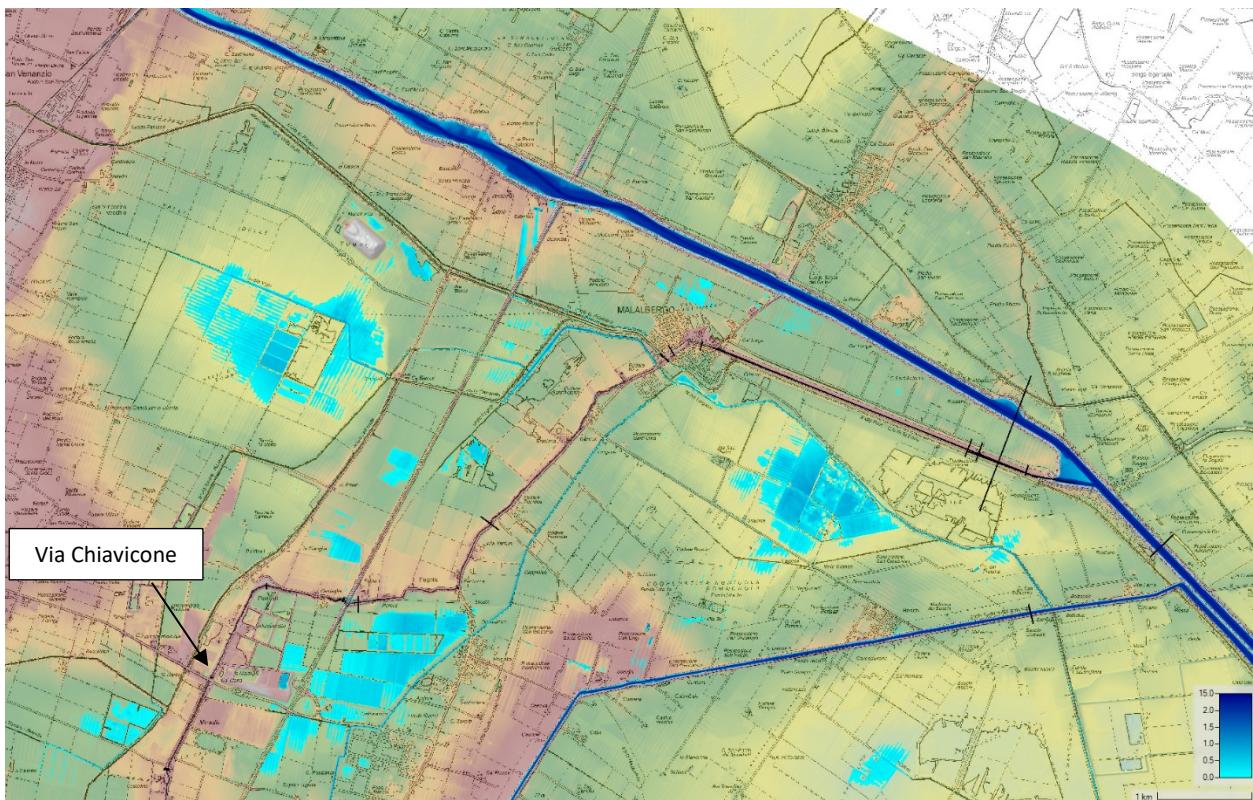
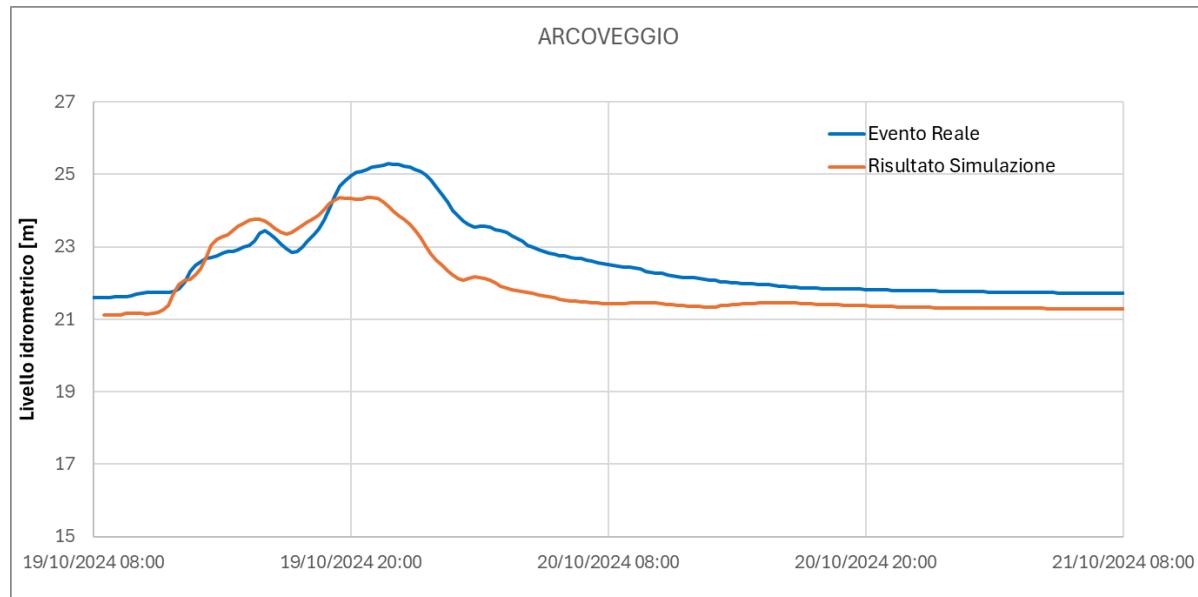


Fig. 23 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da via Chiavicone a confluenza Reno

Le immagini di Fig. 24 riportano il confronto tra i livelli del Navile risultati dal modello e quelli registrati agli idrometri di Arcoveggio, Castelmaggiore e Bentivoglio durante l'evento di ottobre 2024.

Si riscontra una discreta corrispondenza tra il dato misurato e quello ottenuto dalla simulazione da cui si desume una accettabile coerenza delle portate massime di evento ricostruite per il Navile soprattutto per l'idrometro di Bentivoglio. Per gli idrometri di Arcoveggio e Castelmaggiore si osserva una sottostima dei livelli massimi del modello rispetto all'evento reale.



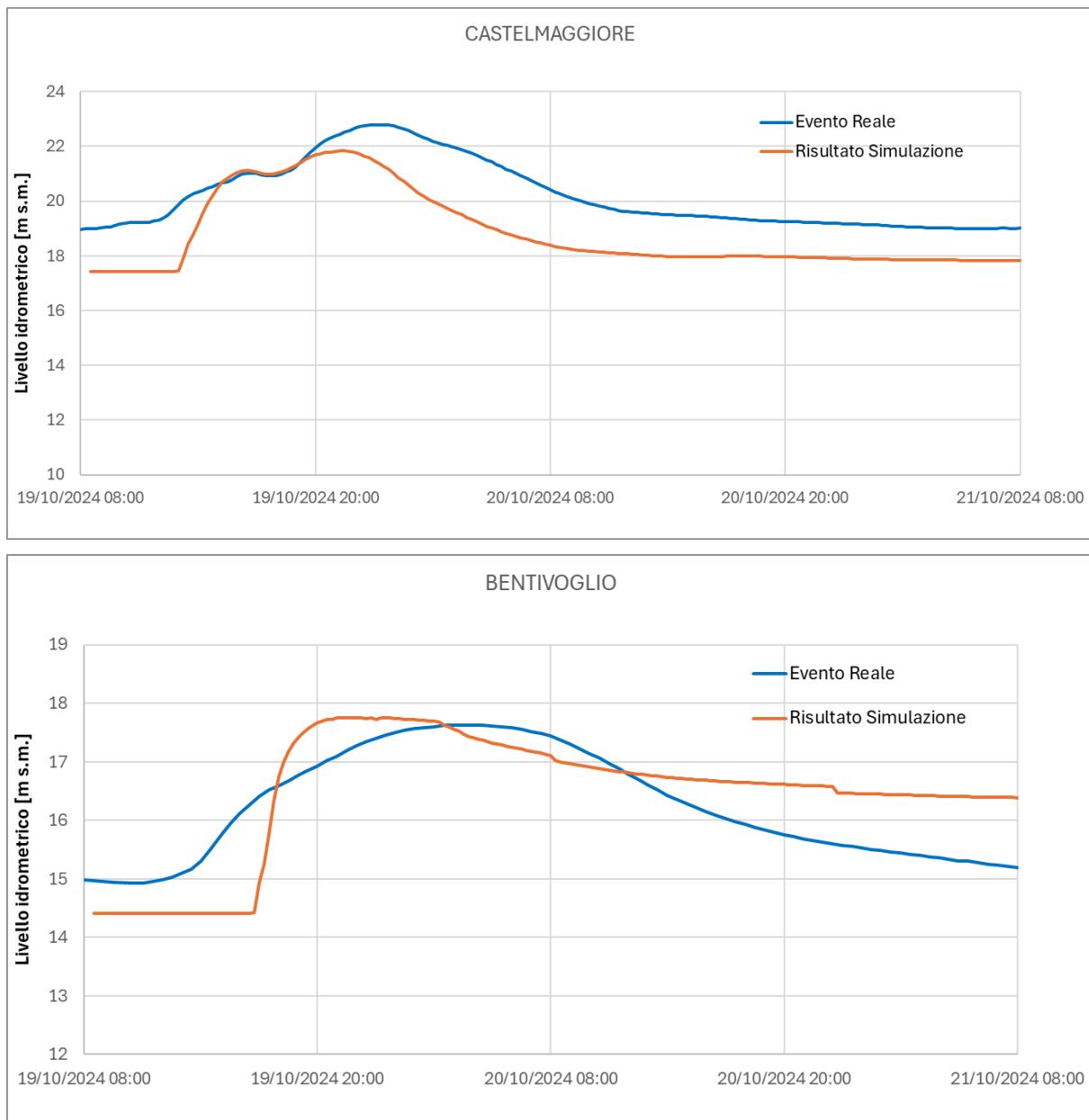


Fig. 24 Confronto livelli per gli idrometri di Arcoveggio, Castelmaggiore e Bentivoglio per l'evento di ottobre 2024.

7.3.1.2 Evento TR50

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati della simulazione con tempo di ritorno 50 anni e con durata di precipitazione pari a 9 ore, la quale risulta essere la più critica per l'asta del Navile. I risultati della simulazione vengono confrontati con la perimetrazione del PGRA 2021 relativa alla fascia P3 al fine di valutare la corrispondenza degli allagamenti.

Per il tratto di monte del Navile risultano alcune aree allagate, di modesta estensione ma esterne alla fascia P3 definita dal PGRA 2021, in sinistra idraulica a monte della A14, e anche in un'area in sinistra idraulica a monte dell'idrometro di Arcoveggio (Fig. 35). Tali allagamenti non interessano aree edificate.

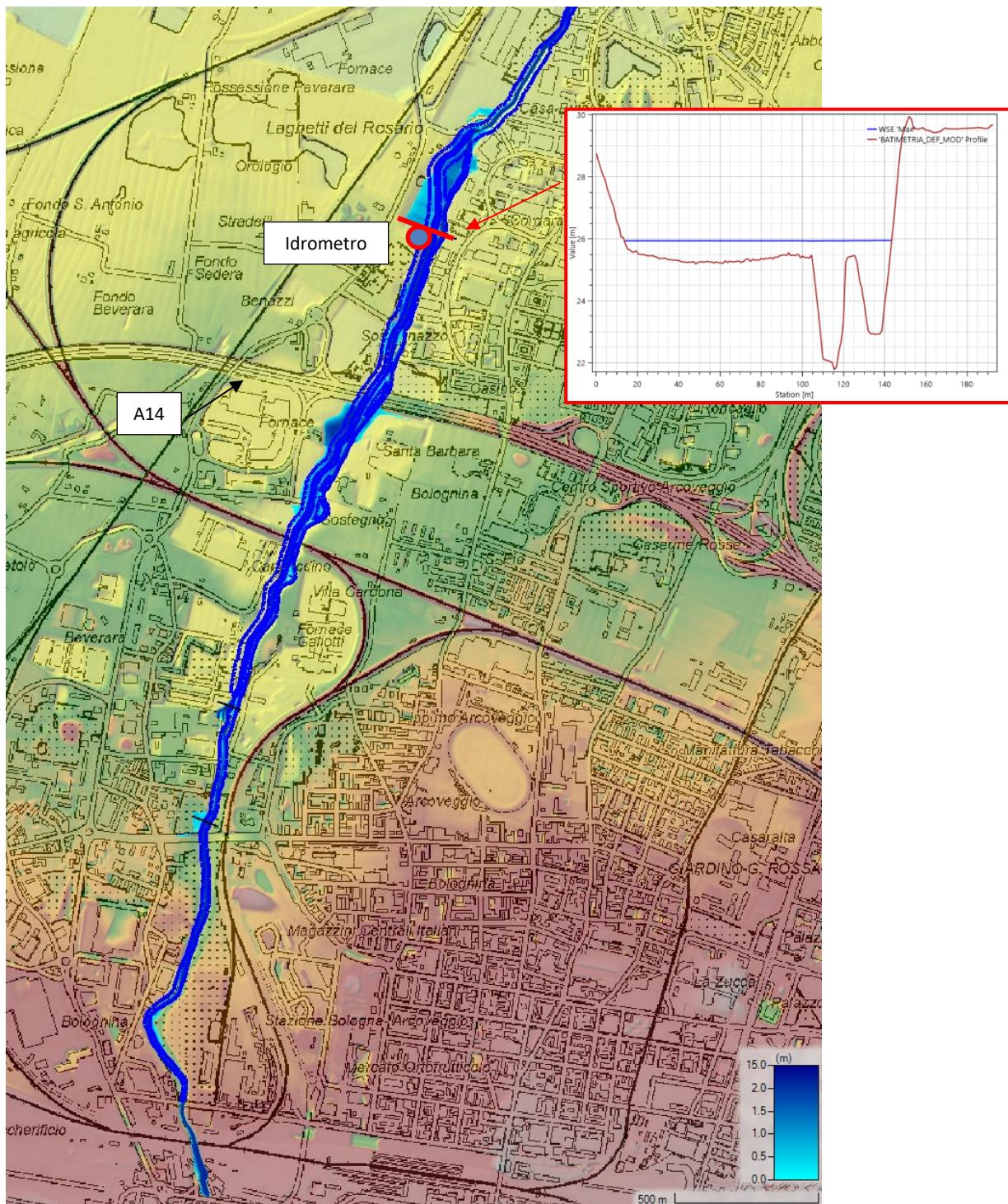


Fig. 25 – TR50: Massimi Tiranti tra monte tratto di studio e idrometro di Arcoveggio (in blu P3 PGRA 2021)

Un’ulteriore aerea allagata esterna alla P3 è presente in zona Corticella (Fig. 36). L’esondazione interessa una zona artigianale ed alcuni caselli presenti in sponda destra, mentre più a valle si rilevano allagamenti in sponda sinistra in corrispondenza di alcune abitazioni.

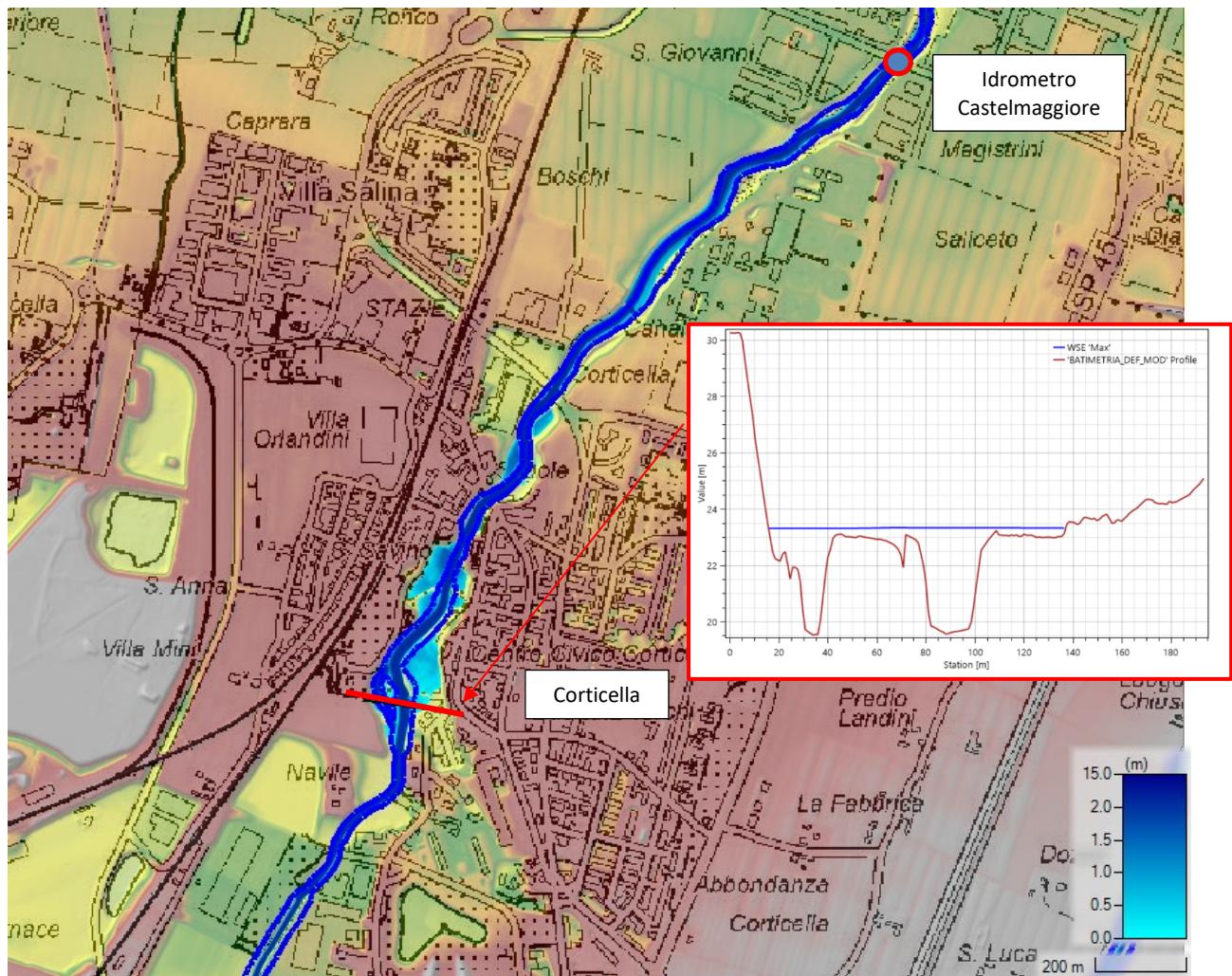


Fig. 26 – TR50: Massimi Tiranti nel tratto a valle dell'idrometro di Arcoveggio fino all'idrometro Castelmaggiore (in blu P3 PGRA 2021)

Più a valle, come mostrato in Fig. 27, in destra idraulica è presente una piccola area soggetta ad allagamenti in corrispondenza di Via G. Matteotti che lambisce alcune case in Via Albertina e in Piazza Martiri della Libertà.

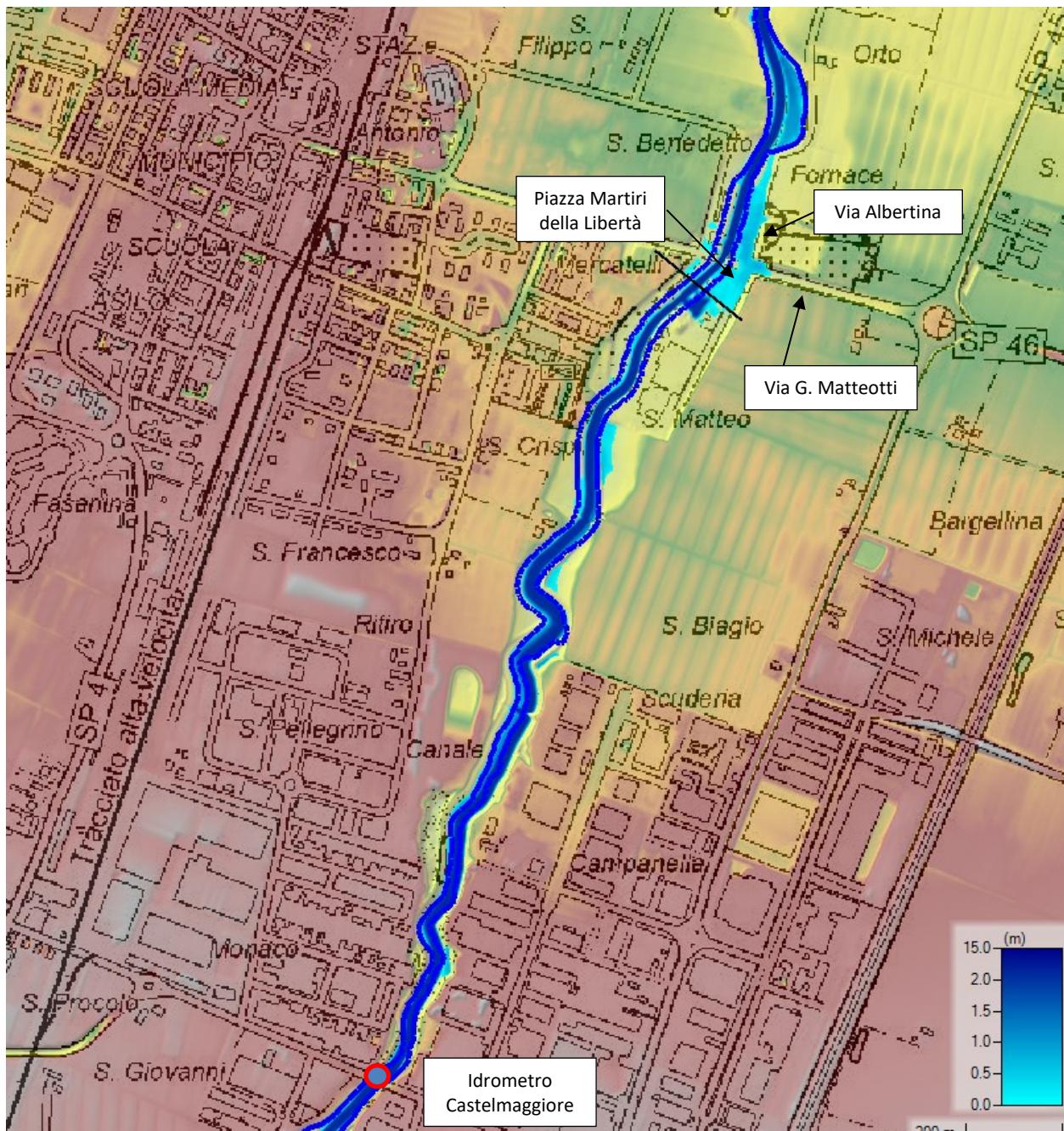


Fig. 27 – TR50: Massimi Tiranti tra idrometro Castelmaggiore e via G. Matteotti (in blu P3 PGRA 2021)

A valle di Via G. Matteotti non si verificano allagamenti esterni alla fascia P3 del PGRA 2021 (Fig. 28).

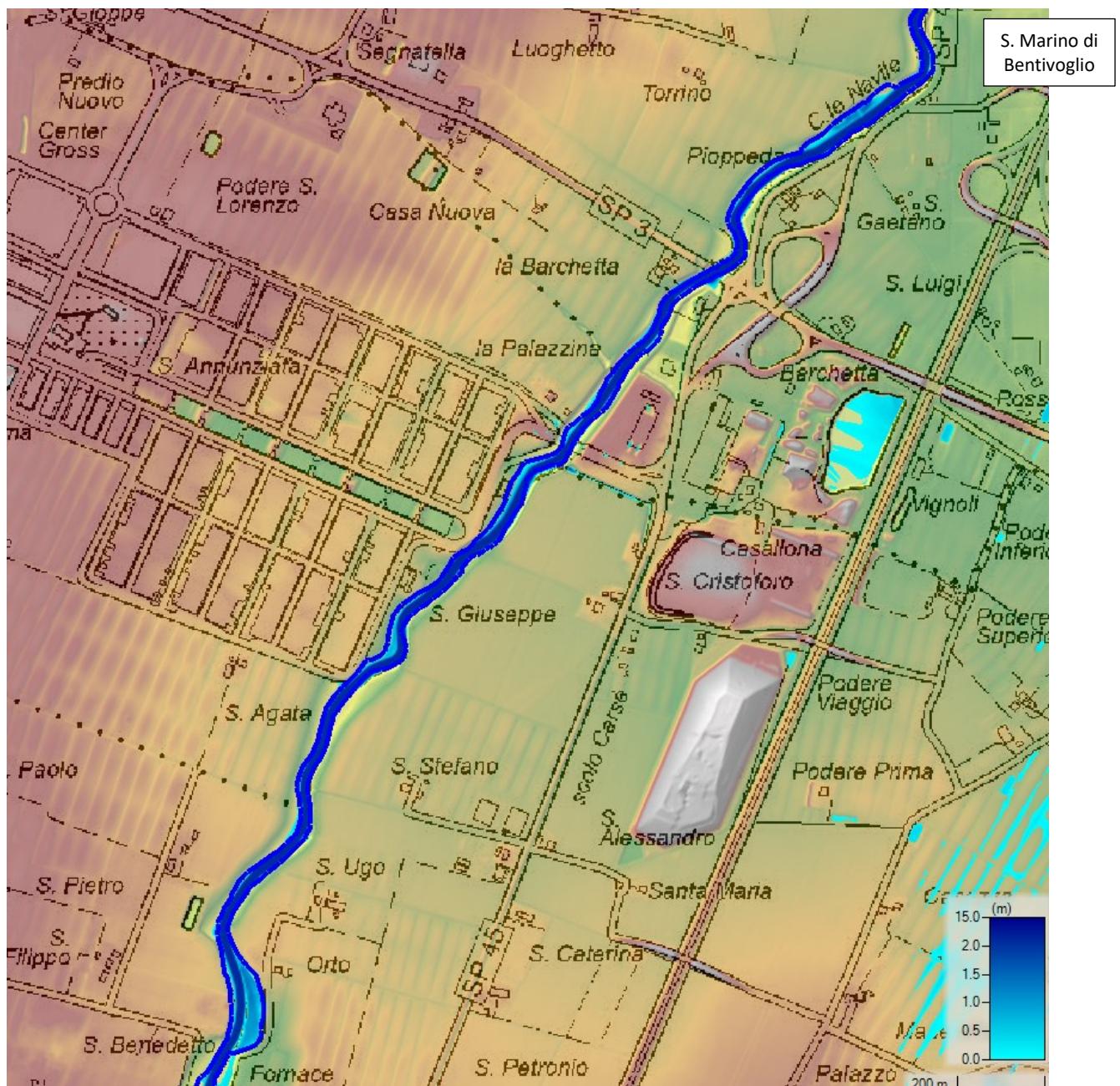


Fig. 28 – TR50: Massimi Tiranti nel tratto a valle di via G. Matteotti fino a S. Marino di Bentivoglio (in blu P3 PGRA 2021)

Solo in corrispondenza del Diversivo, come mostrato in Fig. 29, sono presenti allagamenti la cui propagazione si estende fino in località Pegola (Fig. 31). L'esondazione in tali aree è da attribuirsi prevalentemente alla portata uscente dal Navile a valle del Diversivo, a causa del sostegno che parzializza in modo rilevante la sezione di deflusso, e in parte anche a un'esondazione dall'argine sinistro del Diversivo nel primo tratto.

Si precisa come le condizioni di simulazione hanno ipotizzato la non chiusura della paratoia di regolazione del Navile, con immissione quindi non dell'intera portata di piena all'interno del Diversivo, bensì solo di una parte (Fig. 20). Essa appare comunque già superiore a quella smaltibile dal tratto; pertanto, anche in caso che si chiuda la paratoia di regolazione sul Navile, le esondazioni osservate si manifesterebbero comunque per fuoriuscita dal Diversivo.

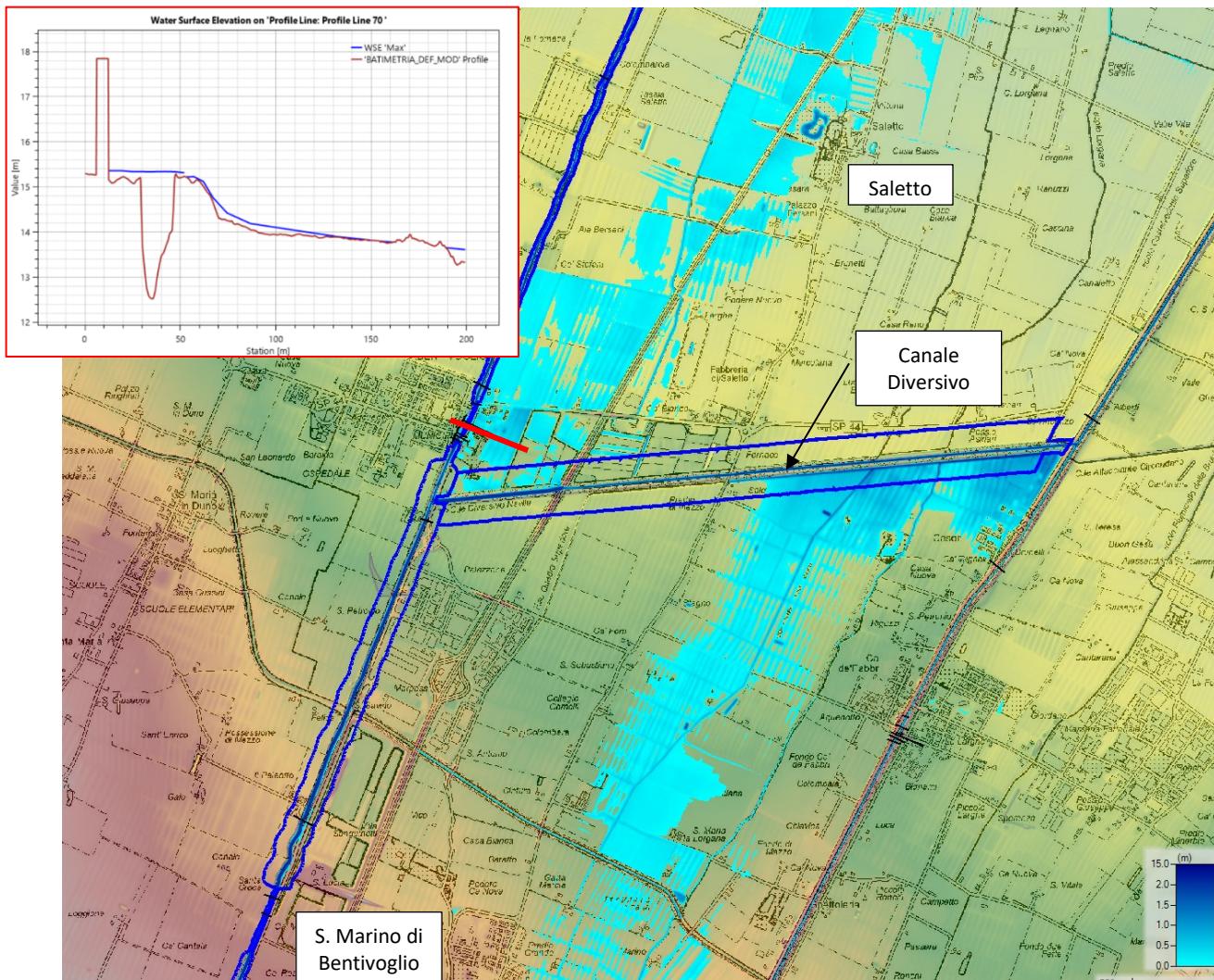


Fig. 29 – TR50: Massimi Tiranti tra S. Marino di Bentivoglio e Saletto (in alto) e livelli a valle del Diversivo (in basso) (in blu P3 PGRA 2021)

Il grafico di Fig. 30 mostra gli idrogrammi a monte e valle del Diversivo e nel Diversivo stesso. In particolare, viene immessa nel Diversivo una portata di picco di circa $13 \text{ m}^3/\text{s}$.

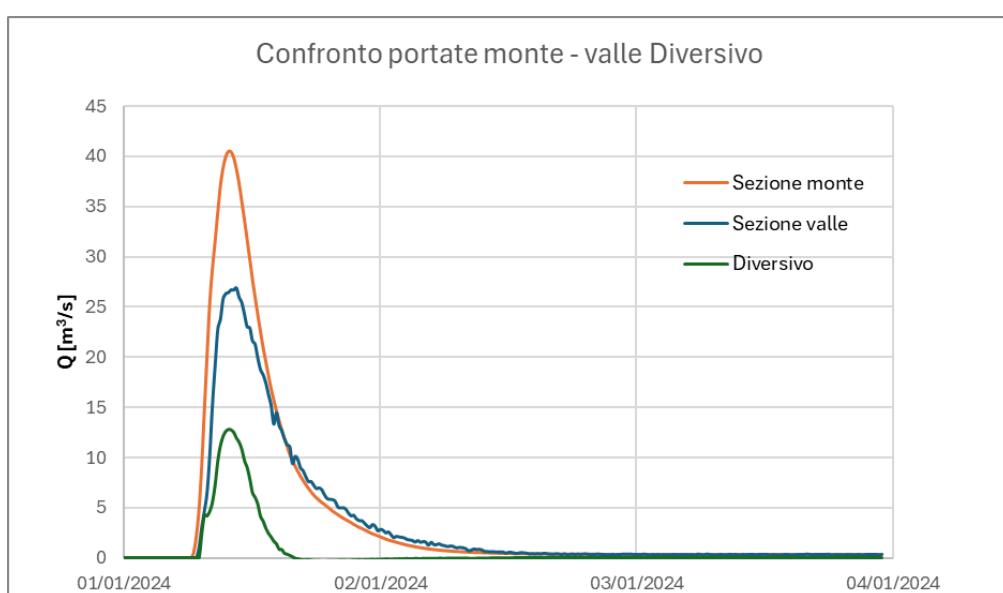


Fig. 30 – TR50: Confronto portate monte – valle Diversivo

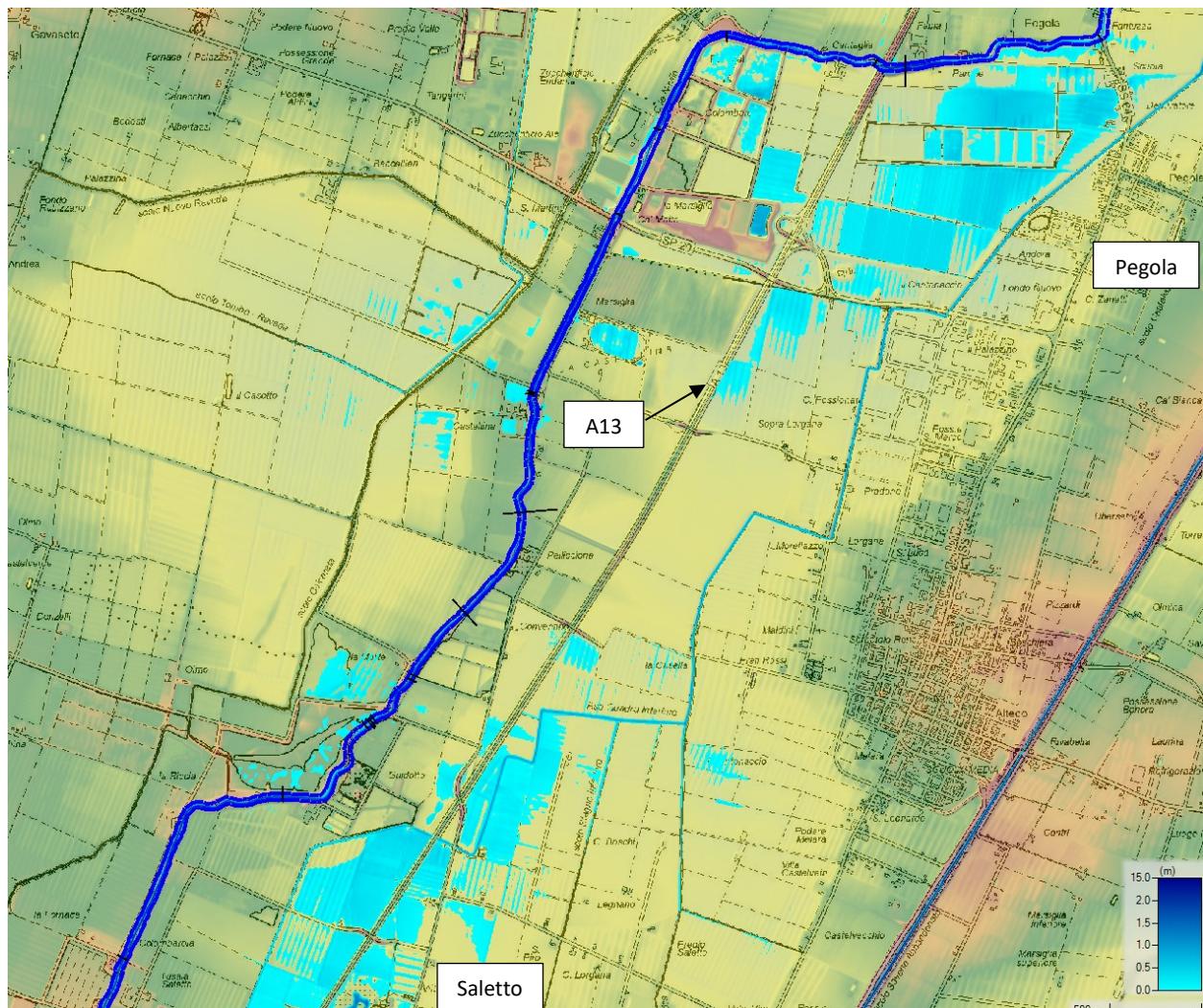


Fig. 31 – TR50: Massimi Tiranti tra Saletto e la A13 (in blu P3 PGRA vigente)

In corrispondenza della confluenza con il Reno, nella simulazione si è cautelativamente mantenuta aperta la chiacica di immissione. Si riscontra tuttavia come, anche per portate di Reno non critiche, le quote della sezione di quest'ultimo fiume sono tali da rigurgitare in modo importante il Navile (Fig. 33, Fig.24), con risalita di portata dal Reno che comporta l'allagamento (per sormonto dell'argine sinistro di Navile) dell'area interclusa tra i due corsi d'acqua. Tale allagamento si propaga ulteriormente a monte della S.S.64 interessando anche l'abitato di Malalbergo, fino alla località Valli delle Tombe (Fig. 32).

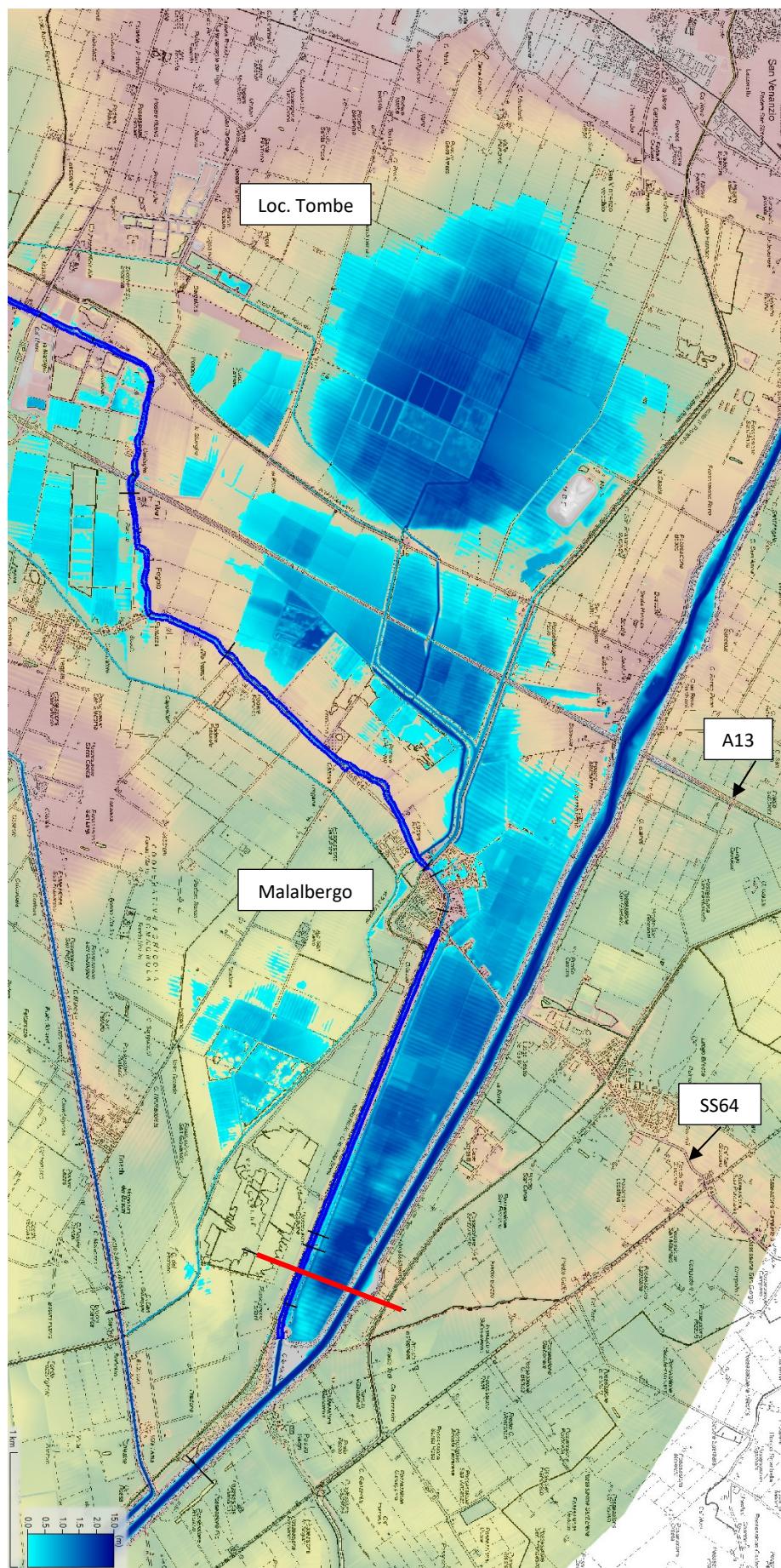


Fig. 32 – TR50: Mass imi Tiranti tra la A13 e confluenza Reno (in blu P3 PGRA 2021)

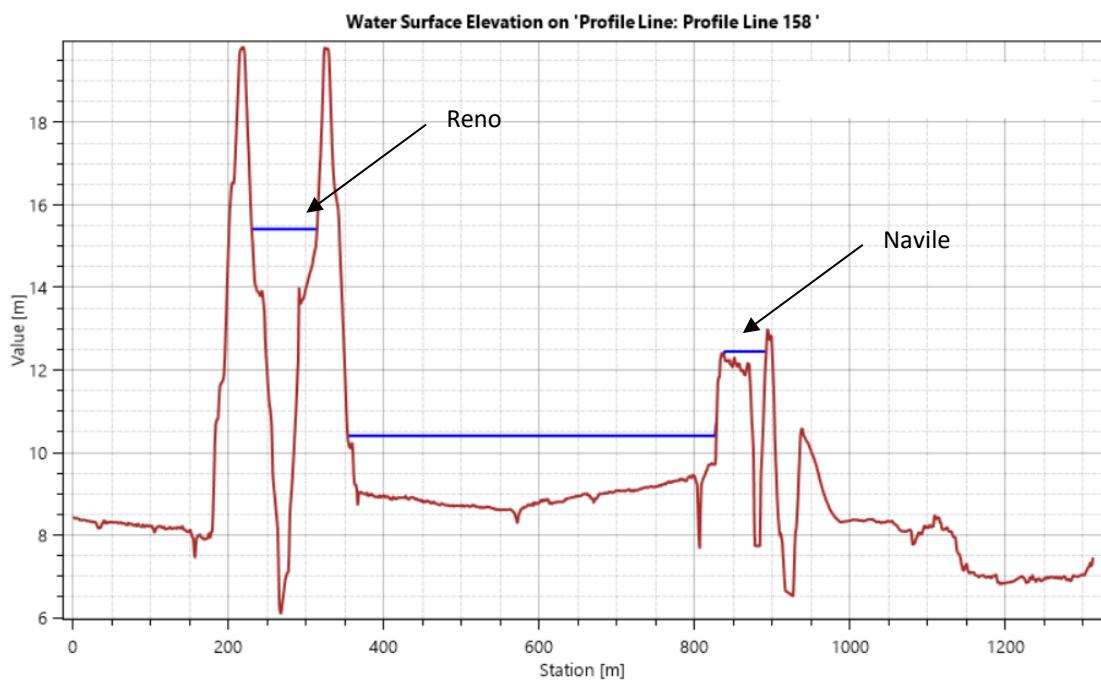


Fig. 33 – TR50: Sezione trasversale con massimi tiranti di Reno e Navile poco a monte della confluenza.

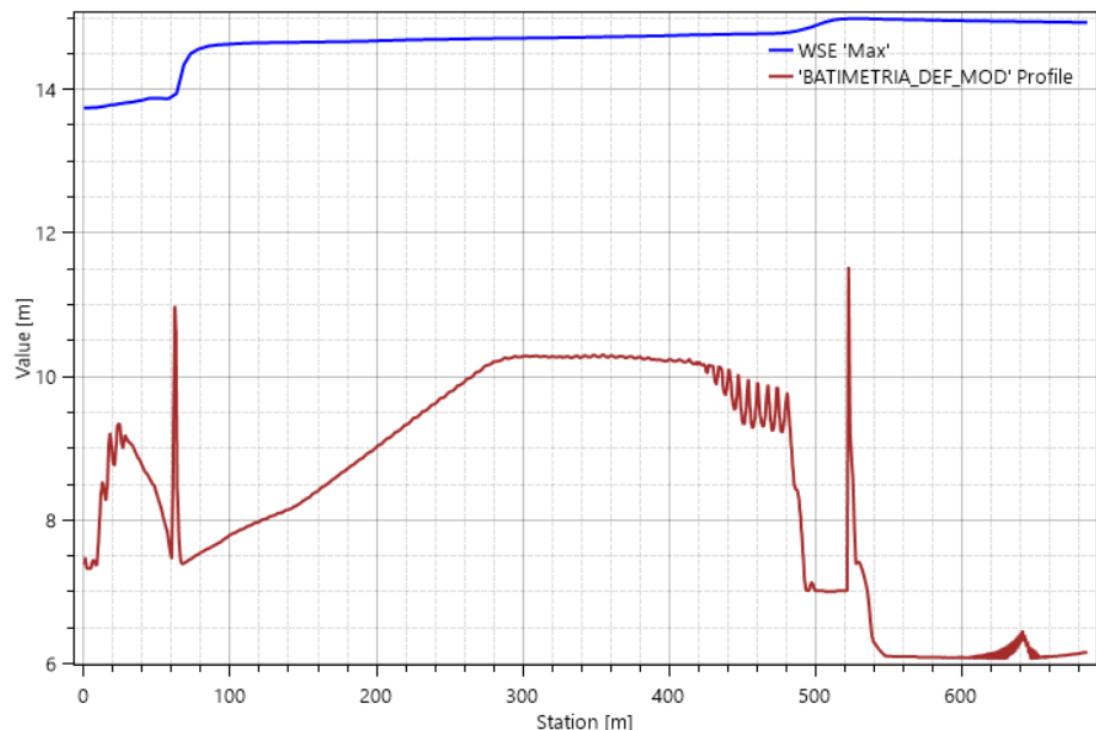


Fig. 34 - Evento T50: massimo profilo idrico sul Navile da confluenza Reno

7.3.1.3 Evento TR200

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati della simulazione con tempo di ritorno 200 anni e con durata di precipitazione pari a 9 ore, la quale risulta essere la più critica per l'asta del Navile. I risultati della simulazione vengono confrontati con la perimetrazione del PGRA 2021 relativa alla fascia P2 al fine di valutare la corrispondenza degli allagamenti.

Il tratto di monte del Navile presenta diverse zone allagate, pur con limitata estensione laterale, che ricadono all'interno della perimetrazione P2 del PGRA 2021.

La prima area a monte è in prossimità di Ponte Navile e interessa un'area adibita a parcheggio e un'area edificata (Sezione in rosso in Fig. 35).

Risultano poi le aree già allagate per l'evento TR50: in sinistra idraulica a monte della A14, e in un'area in sinistra a monte dell'idrometro di Arcoveggio (Fig. 35). Entrambe le aree interessano aree non edificate prossime all'alveo.

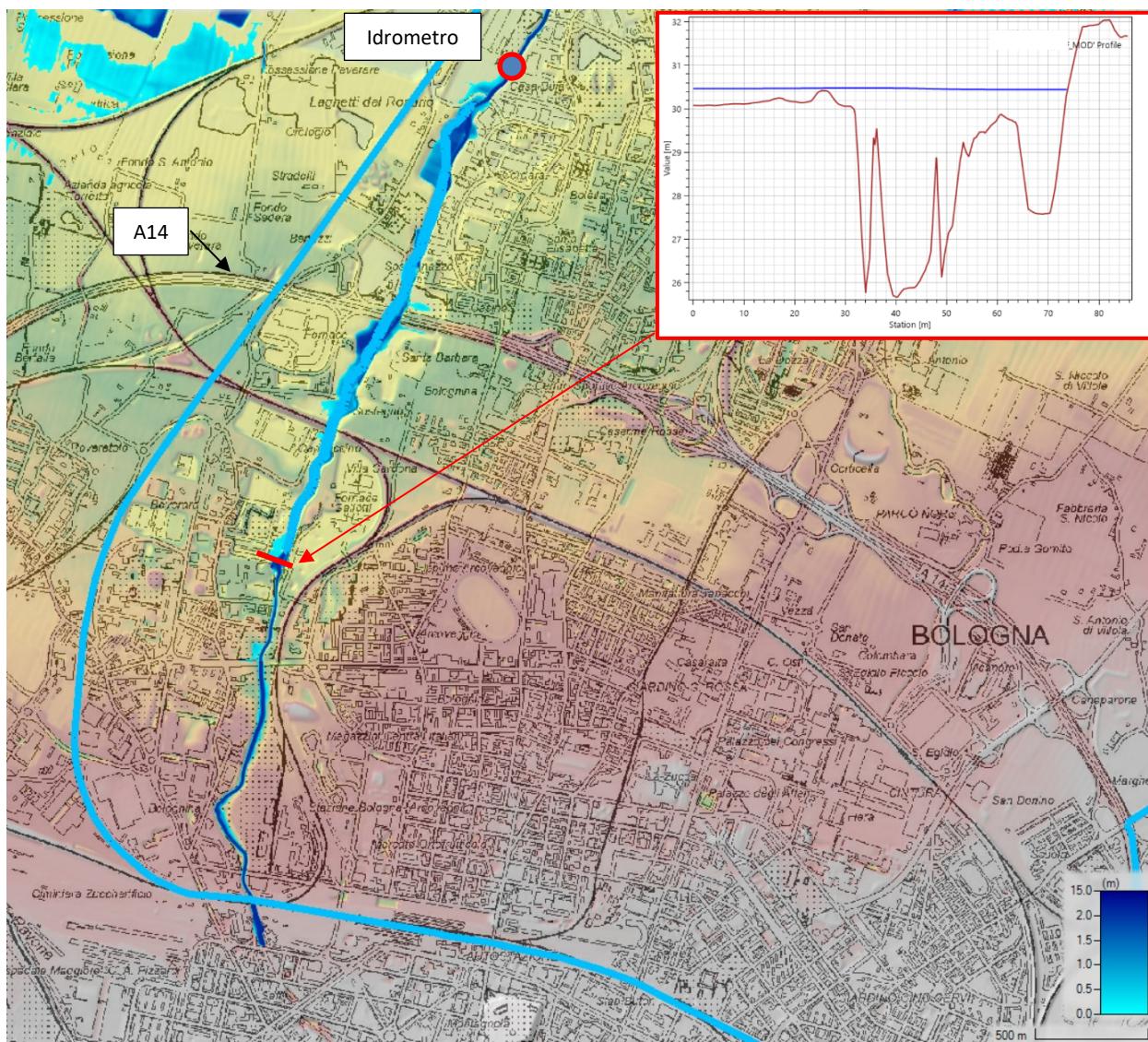


Fig. 35 – TR200: Massimi Tiranti tra monte tratto di studio e idrometro di Arcoveggio (in azzurro P2 PGRA 2021)

Un'ulteriore aerea allagata è presente in destra Navile in zona Corticella. Tale area si estende a valle anche in sinistra idraulica (Fig. 36). L'esondazione interessa una zona artigianale ed alcuni caselli presenti in sponda destra, mentre più a valle, l'esondazione interessa anche la sponda sinistra in corrispondenza di alcune abitazioni.

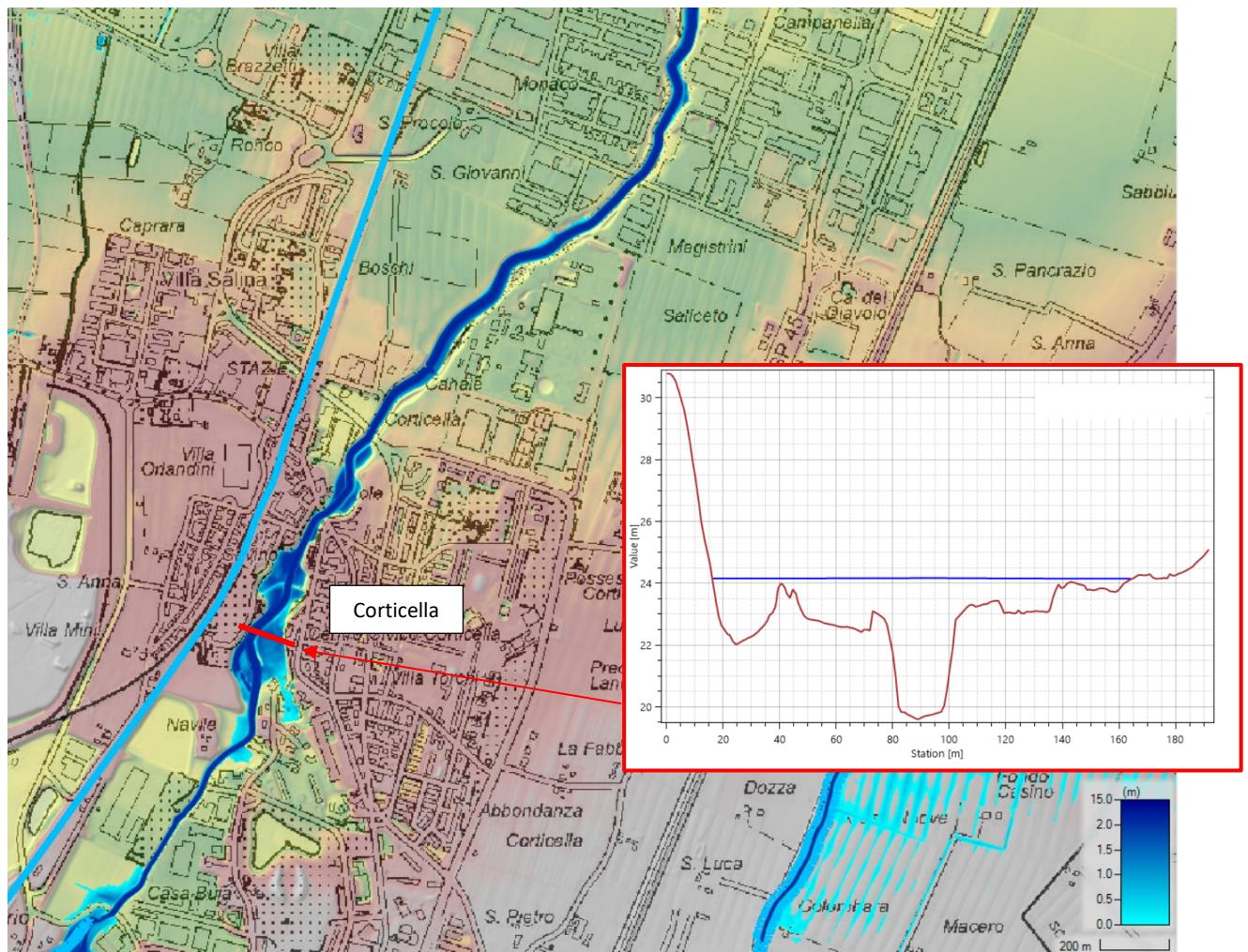


Fig. 36 – TR200: Massimi Tiranti tra idrometro di Arcoveggio e idrometro Castelmaggiore (in azzurro P2 PGRA 2021)

Più a valle, come mostrato in Fig. 37, in destra idraulica è presente una piccola area soggetta ad allagamenti in corrispondenza di Via G. Matteotti. Gli allagamenti si propagano a monte e valle di quest'ultima, interessando alcuni edifici.

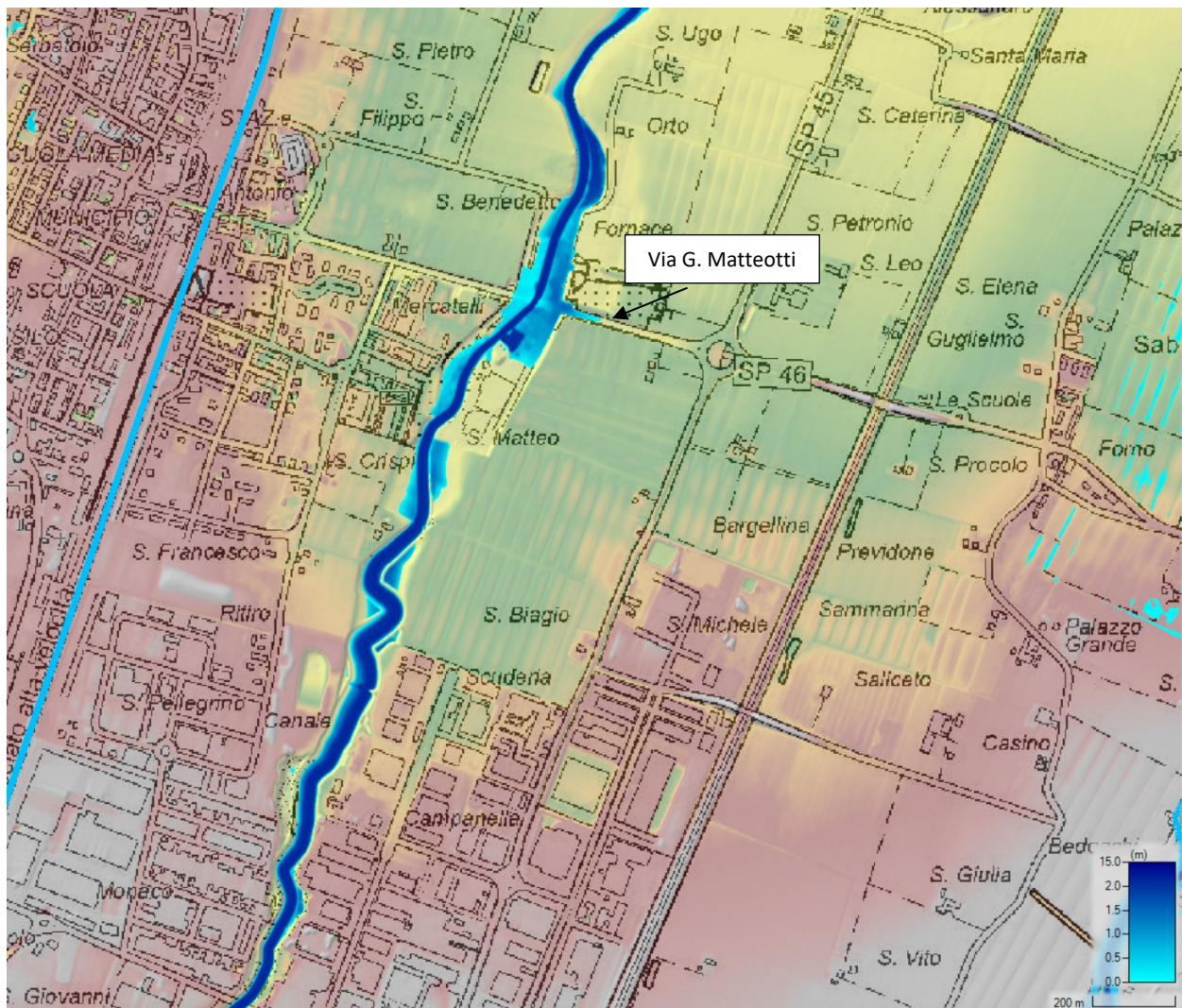


Fig. 37 – TR200: Massimi Tiranti tra idrometro Castelmaggiore e via G. Matteotti (in azzurro P2 PGRA 2021)

In località Ringhiera è presente una piccola area allagata in sinistra idraulica in prossimità di un agglomerato di piccoli edifici adiacenti al corso d'acqua (Fig. 38).

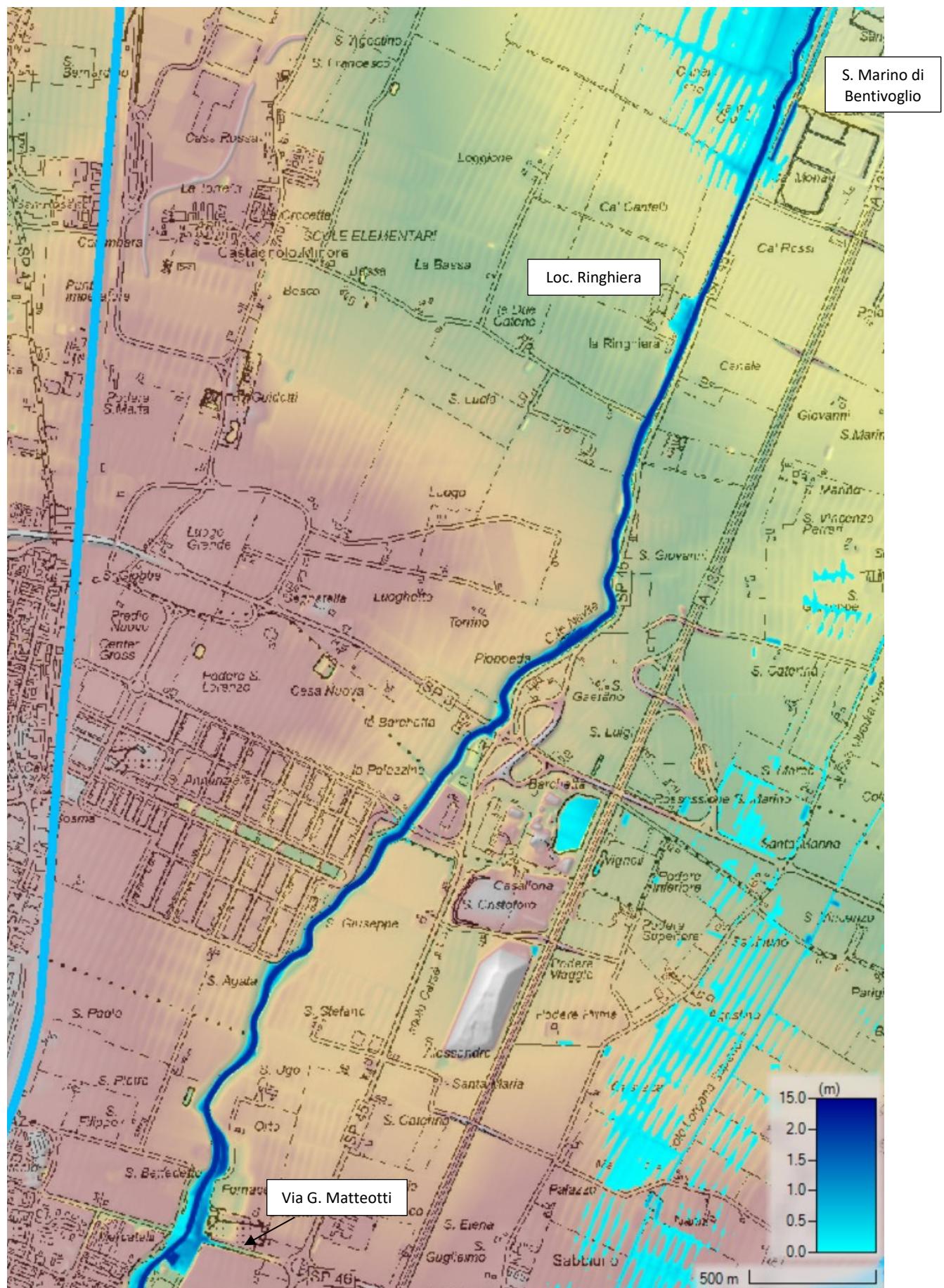


Fig. 38 – TR200: Massimi Tiranti da via G. Matteotti a S. Marino di Bentivoglio (in azzurro P2 PGRA 2021)

A monte del Canale Emiliano Romagnolo si rileva un'esondazione in sinistra in corrispondenza della cassa di laminazione in destra, che non si attiva in quanto non ancora dotata di sfioratore. L'arginatura perimetrale fa tuttavia sì che le fuoriuscite di portata avvengano tutte verso il lato opposto.

L'uscita di portata dall'alveo in questo punto modifica l'idrogramma di portata in transito che passa da un colmo di circa $68 \text{ m}^3/\text{s}$ a circa $46 \text{ m}^3/\text{s}$.

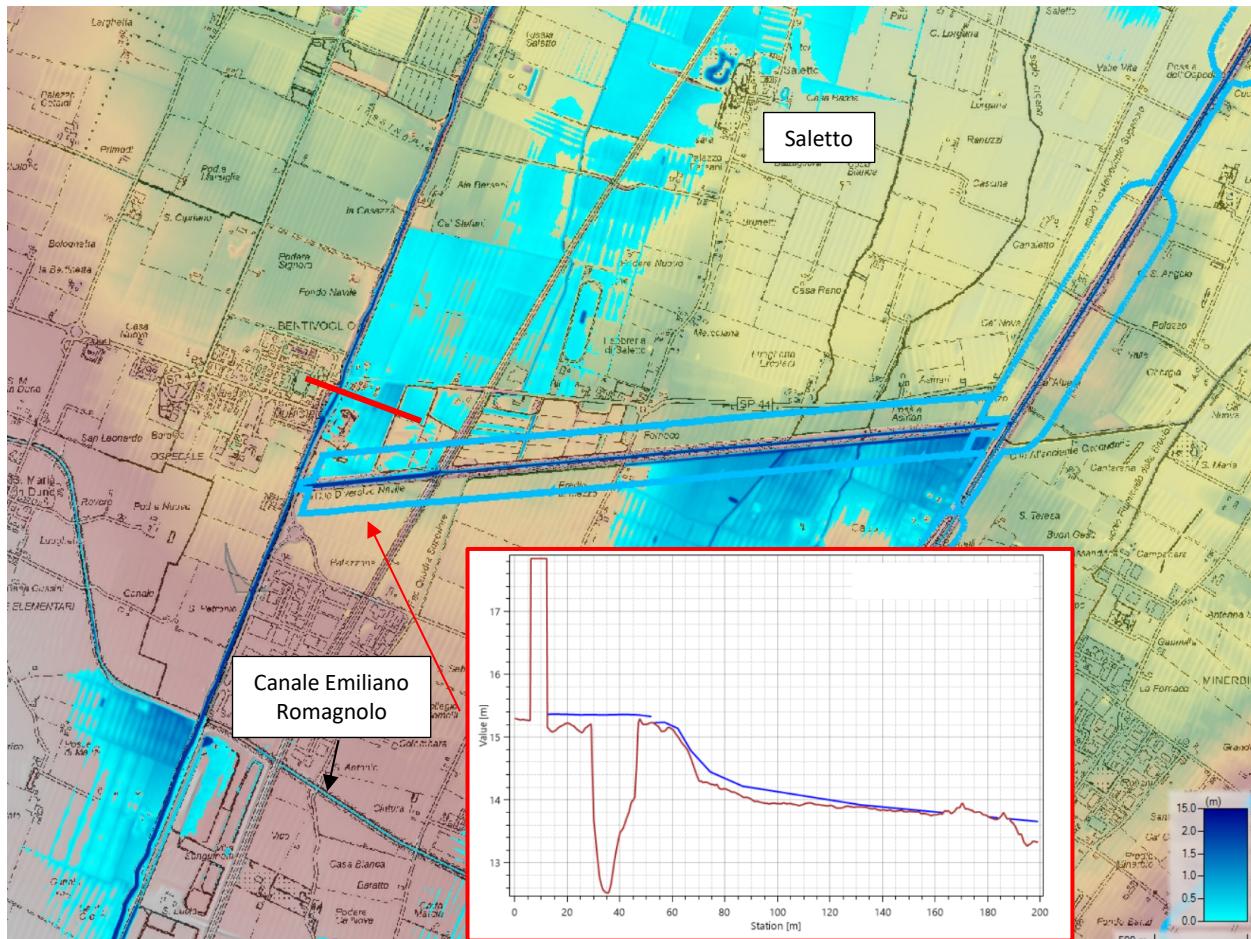


Fig. 39 – TR200: Massimi Tiranti tra S. Marino di Bentivoglio e Saletto (in alto) e livelli a valle del Diversivo (in basso) (in azzurro P2 PGRA 2021)

In corrispondenza del Diversivo, come mostrato in Fig. 39, sono presenti aree allagate, che si estendono fino alla confluenza con il Reno (Fig. 41 e Fig. 42). Il grafico di Fig. 40 mostra la ripartizione delle portate nel tratto di valle del Navile e nel Diversivo.

Come per TR50, il modello simulato considera la non chiusura della paratoia sul Navile visto che la portata a monte della derivazione appare comunque già superiore a quella smaltibile dal tratto; pertanto, in caso che si chiuda la paratoia di regolazione sul Navile, le esondazioni osservate si manifesterebbero comunque per fuoriuscita dal Diversivo.

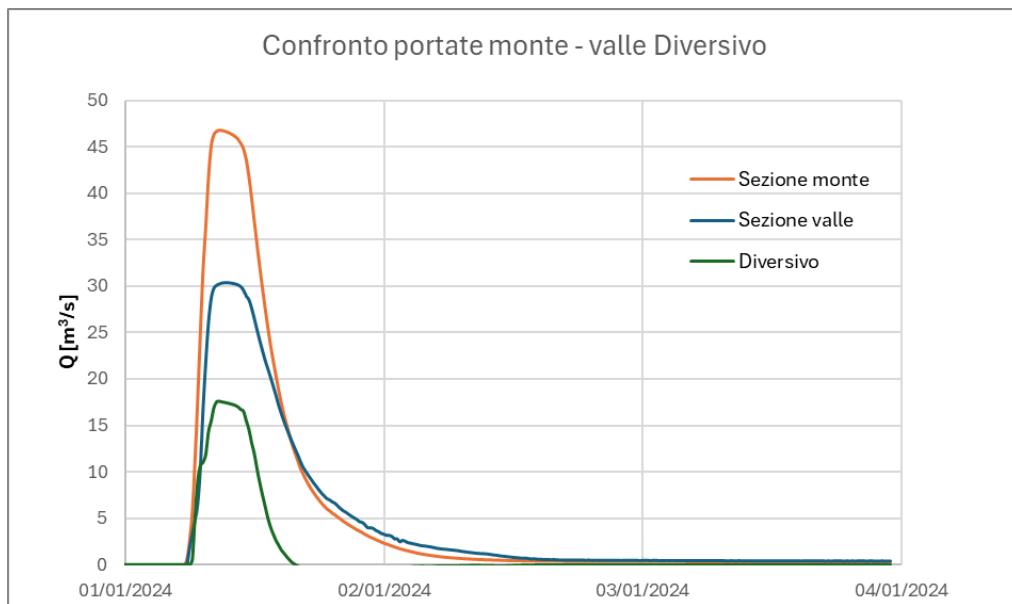


Fig. 40 – TR200: Confronto portate monte – valle Diversivo

Le esondazioni in destra (che hanno origine dalla confluenza del Navile con il Diversivo) si estendono a valle fino alla località Pegola, attraversando principalmente aree di campagna con interessamento anche di alcuni edifici isolati. Ulteriori esondazioni si verificano anche in sinistra Navile nel tratto successivo.

Tutte le aree esondate sono comunque ricadenti all'interno della fascia P2 del PGRA 2021.

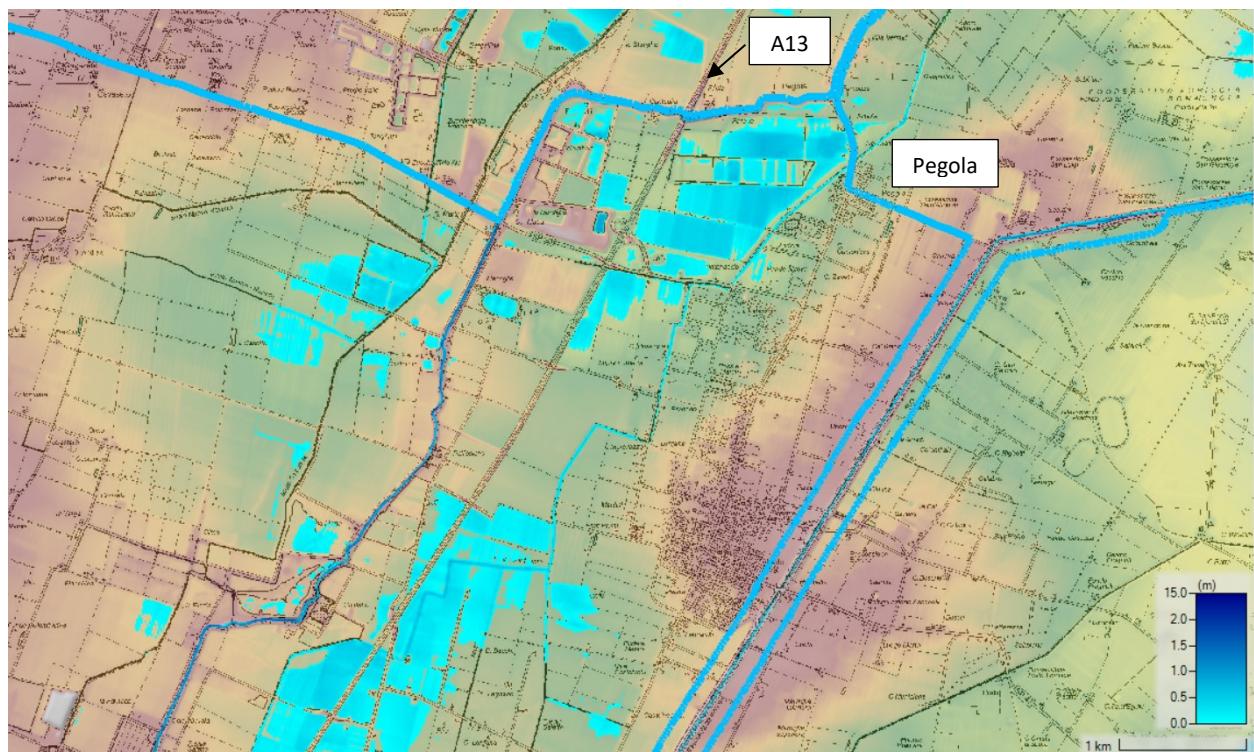


Fig. 41 – TR200: Massimi Tiranti nel tratto a valle di Saletto fino all'attraversamento della A13 (in azzurro P2 PGRA 2021)

In corrispondenza della confluenza con il Reno, si verificano estese esondazioni, secondo le medesime dinamiche già descritte per l'evento TR50, e conseguenti alla non chiusura della chiavica a confluenza Reno.

Tali aree allagate comprendono l'area interclusa tra i fiumi Reno e Navile in prossimità della confluenza, estese aree in prossimità della A13 fino località Valli delle Tombe in sinistra, mentre in destra risulta allagata la zona del parco Valle La Grande (Fig. 42).

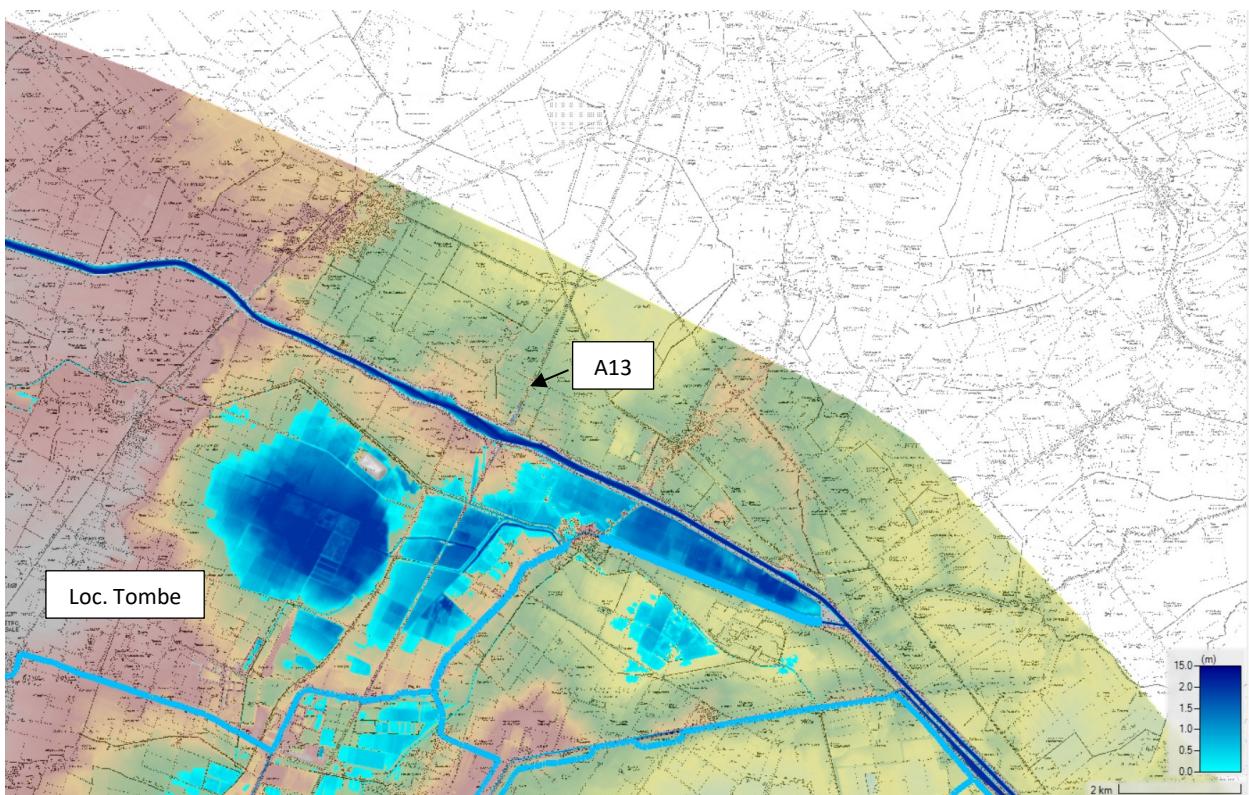


Fig. 42 – TR200: Massimi Tiranti tra la A13 e confluenza Reno (in azzurro P2 PGRA 2021)

In Fig. 43 e Fig. 44 si osserva, invece, come risulterebbe la dinamica di esondazione nel caso di chiusura della paratoia del Navile.

Il Navile nell'ultimo tratto risulta asciutto, mentre il Canale Diversivo esonda in sponda sinistra con un tirante idrico di 1,00 m superiore fino a raggiungere la frazione di Saletto (sezione in rosso in Fig. 43). Gli altri allagamenti osservabili in Fig. 44, che interessano per lo più zone coltive, sono relativi alla propagazione dell'esondazione del Reno dalla località Galliera e dall'esondazione del Savena abbandonato sia in destra che in sinistra idrografica, dato il maggior apporto idrico dovuto alla derivazione totale del Navile nel Canale Diversivo.

In prossimità del Reno gli allagamenti sono di entità ridotta rispetto alla condizione con chiavica aperta, per quanto l'area della loc. Le Tombe continui ad essere interessata da allagamenti.

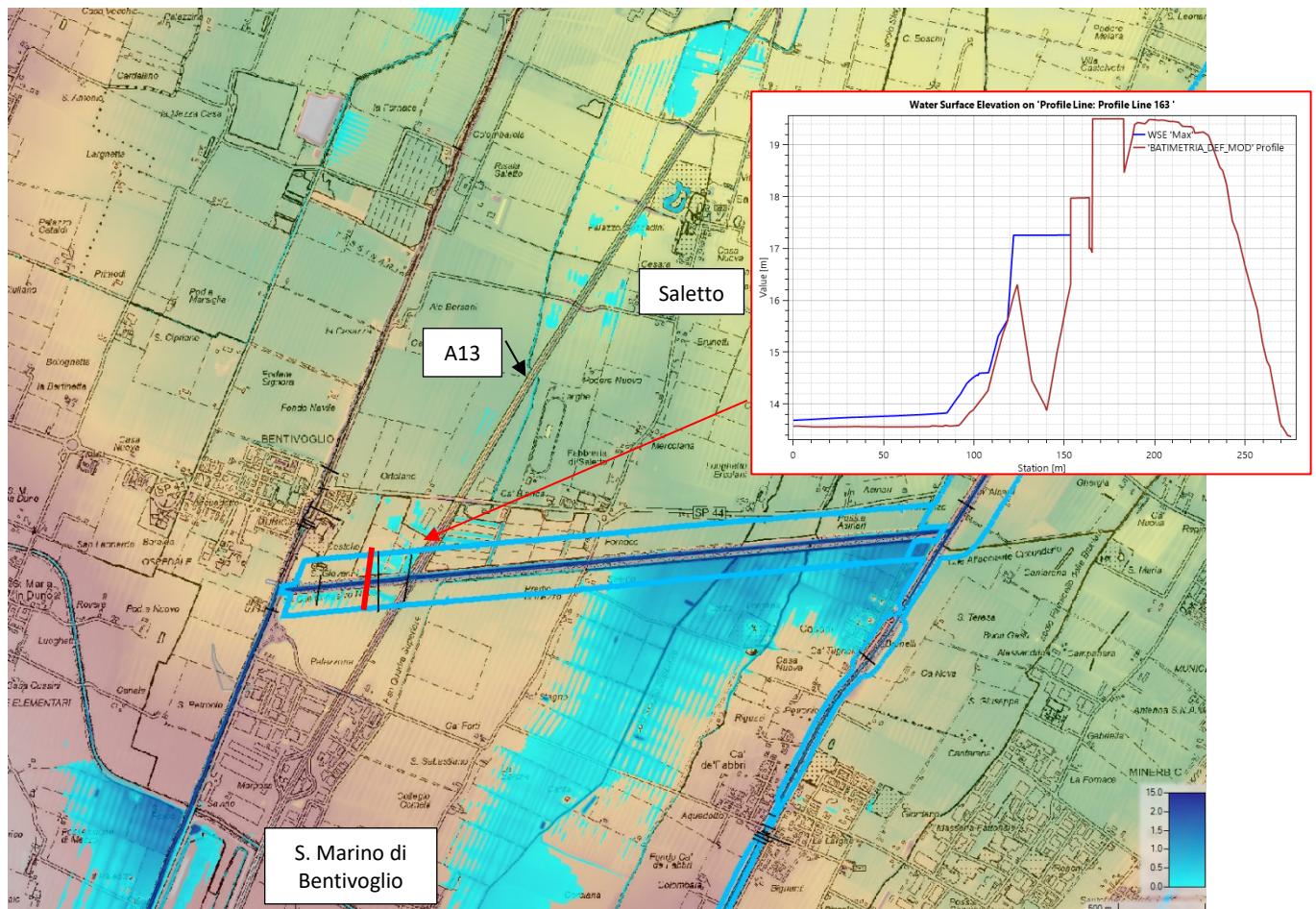


Fig. 43 – TR200 con chiusura della paratoia sul Navile: Massimi Tiranti tra S. Marino di Bentivoglio e Saletto (in alto) e livelli a valle del Diversivo (in azzurro P2 PGRA 2021)

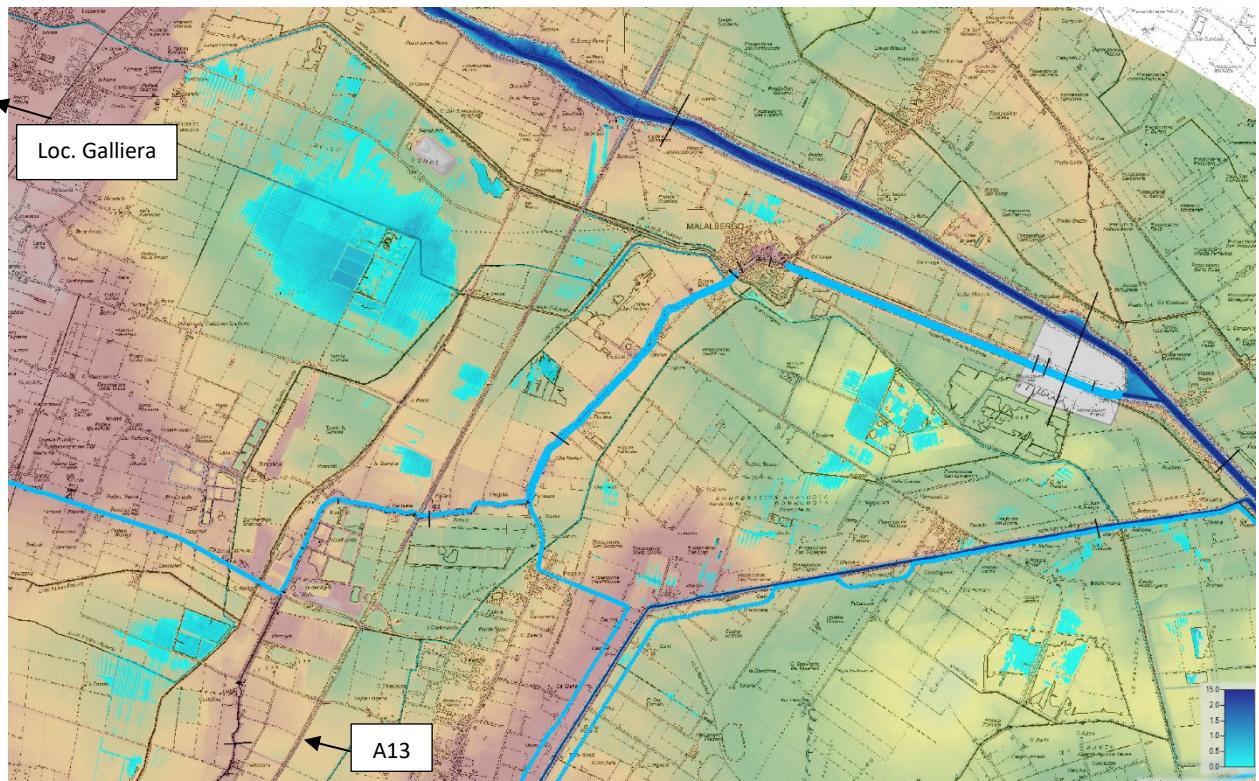


Fig. 44 – TR200 con chiusura della paratoia sul Navile: Massimi Tiranti tra la A13 e confluenza Reno (in azzurro P2 PGRA 2021)

7.3.1.4 Evento TR500

L'evento con il tempo di ritorno 500 anni presenta dinamiche di esondazione e areali interessati pressoché analoghi all'evento duecentennale. In generale, dato il coinvolgimento di volumi maggiori, si osservano allagamenti caratterizzati da massimi tiranti più elevati nelle stesse aree.

A differenza delle risultanze dell'evento TR200, nell'evento TR500, il centro abitato di Bentivoglio viene interessato dall'esondazione anche se protetto dalle arginature sulla sponda sinistra del Navile, in quanto gli allagamenti già presenti a monte del Canale Emiliano Romagnolo hanno volumi tali da propagarsi attraverso i canali ad uso irriguo fino a raggiungere l'abitato. Stesso fenomeno si osserva per le esondazioni già presenti nell'evento TR200 in sinistra idrografica del Navile nel tratto da Bentivoglio a Ponticelli che per l'evento TR500 ricoprono una superficie coltiva maggiore.

7.3.2. Savena Abbandonato

7.3.2.1 Eventi 2024

Di seguito sono descritti i risultati ottenuti dalle simulazioni degli eventi di settembre e ottobre 2024 mediante mappe in cui vengono rappresentati i massimi tiranti idrici. Dove possibile, i risultati sono stati confrontati con le segnalazioni di allagamento occorse durante gli eventi reali.

Per tutti gli eventi la chiaovica a confluenza Reno è stata supposta in posizione completamente aperta, come verosimilmente successo nella realtà (viene normalmente chiusa quando i livelli di Reno superano la soglia gialla).

La simulazione dell'evento di **settembre 2024** per il Canale Savena Abbandonato non ha restituito particolari allagamenti se non limitatissimi nelle aree coltive a cavallo dell'attraversamento della S.S.253bis (Fig. 45).

A valle del Diversivo, come mostrato in Fig. 46, non si riscontrano ulteriori allagamenti causati dal Savena Abbandonato.

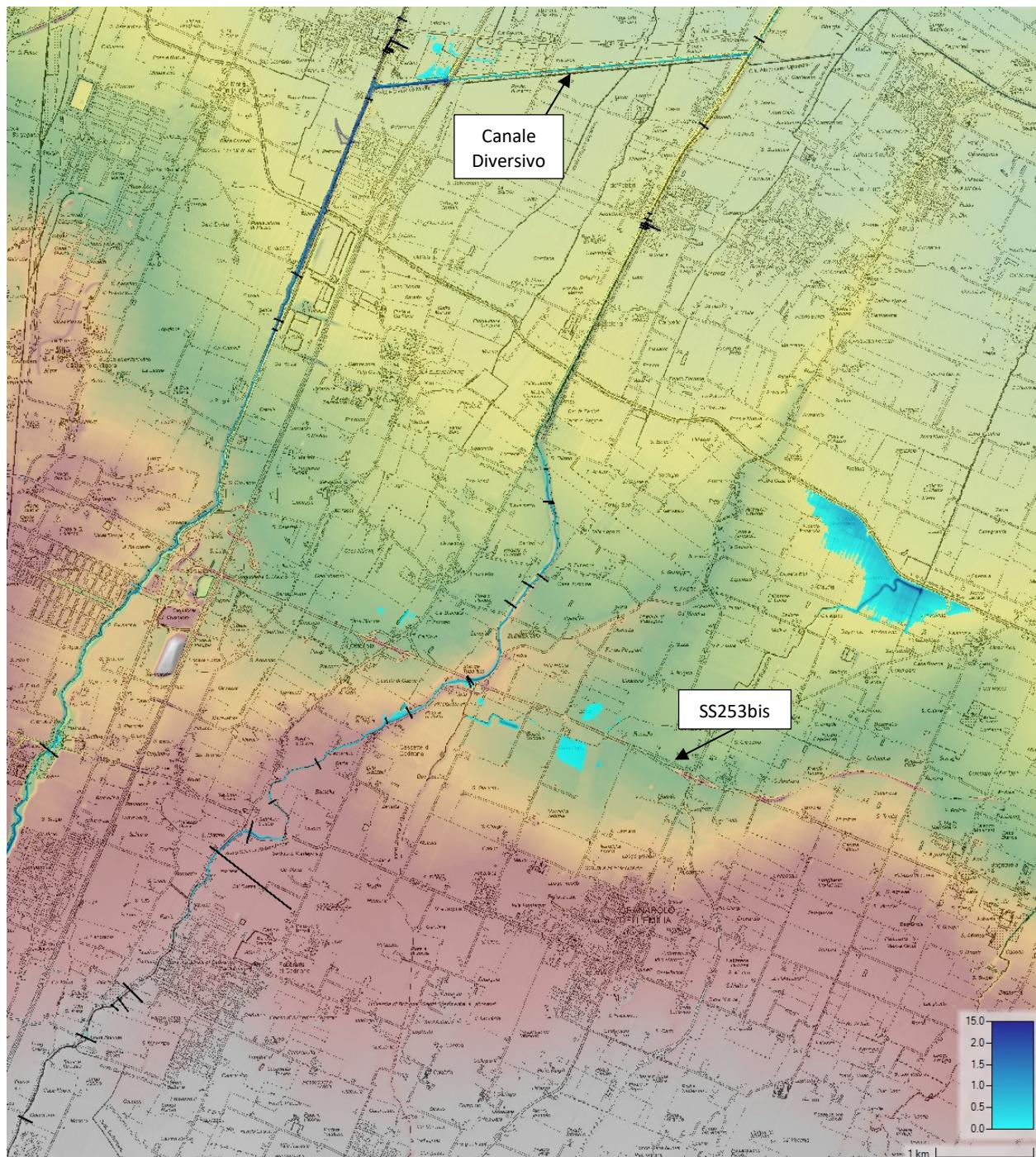


Fig. 45 Evento settembre 2024: tiranti massimi da via monte tratto di studio a Diversivo

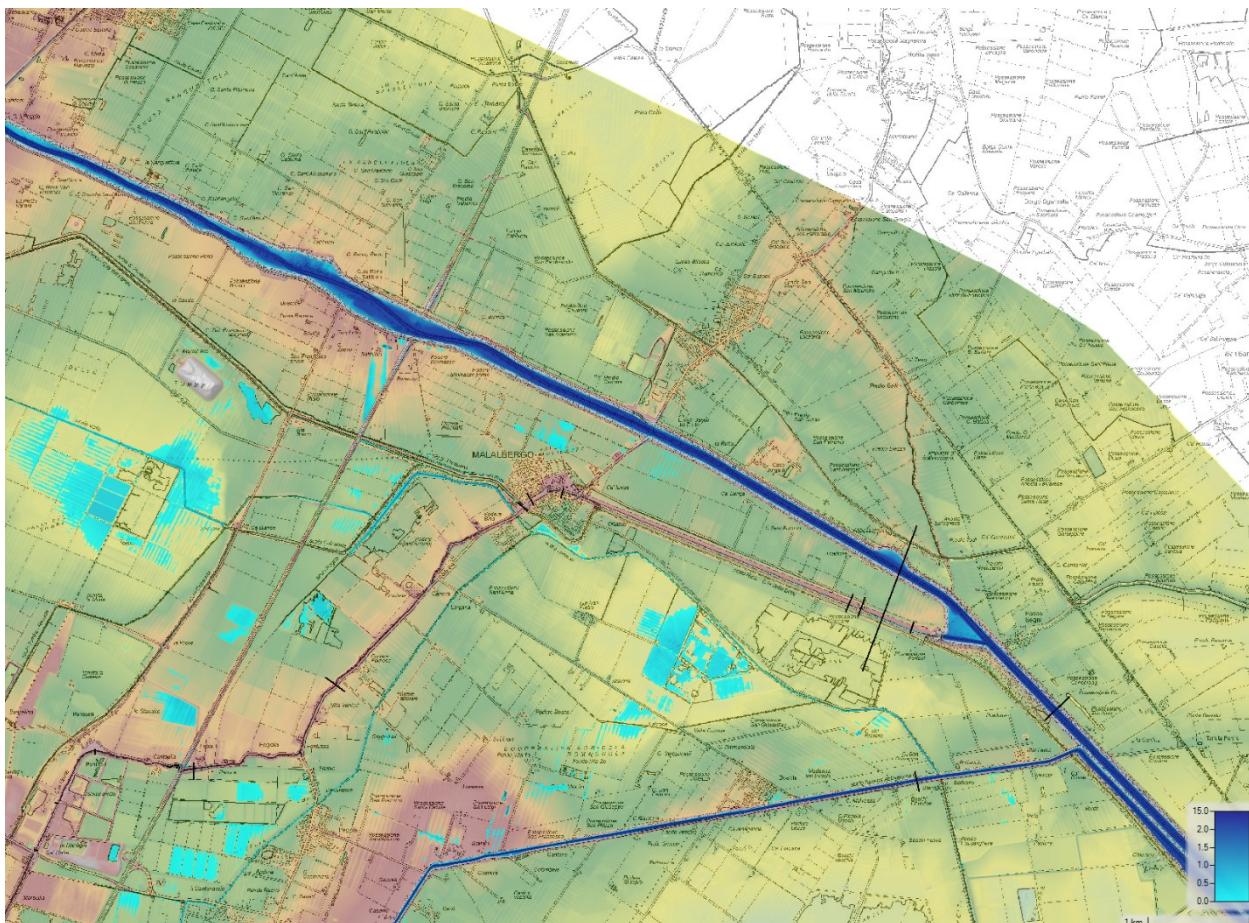


Fig. 46 Evento settembre 2024: tiranti massimi da valle del Canale Diversivo a confluenza Reno

La simulazione dell'evento di **ottobre 2024** per il Canale Savena Abbandonato ha restituito un'estensione delle aree allagate maggiore di quelle osservate, verosimilmente in relazione a una sovrastima dell'idrogramma di portata potenziale ricostruito sulla base delle precipitazioni misurate dai pluviometri disponibili, che risultano in alcuni casi di notevole intensità, anche a causa di una non chiara dinamica di formazione del colmo di piena nel bacino urbano (di testata) del Savena Abbandonato, che include la rete dei canali di Bologna tra loro comunicanti.

Gli allagamenti conseguono infatti a esondazioni nella porzione di monte del tratto in studio, caratterizzato da una capacità di portata relativamente modesta (Fig. 47).

Il tratto di esondazione si estende dall'abitato di Cadriano fino all'attraversamento della S.S.253bis, ovvero poco a monte dell'incile del tratto arginato. La portata fuoriesce da entrambe le sponde e si propaga diffusamente verso Nord, fino ad attestarsi contro l'argine del Diversivo in sinistra idrografica e nelle aree coltive tra Minerbio e Budrio in destra idrografica. Si noti che per alcune aree coltivate ubicate tra Minerbio e Budrio gli allagamenti derivati dalla simulazione ritrovano una corrispondenza con le limitatissime segnalazioni occorse durante l'evento reale (aree perimetrati in rosso in Fig. 47).

A valle del Diversivo, come mostrato in Fig. 48, non si riscontrano pressoché allagamenti causati dal Savena Abbandonato contrariamente alle segnalazioni occorse durante l'evento reale che hanno riportato estesi allagamenti nelle aree coltive in destra nei pressi della confluenza in Reno.

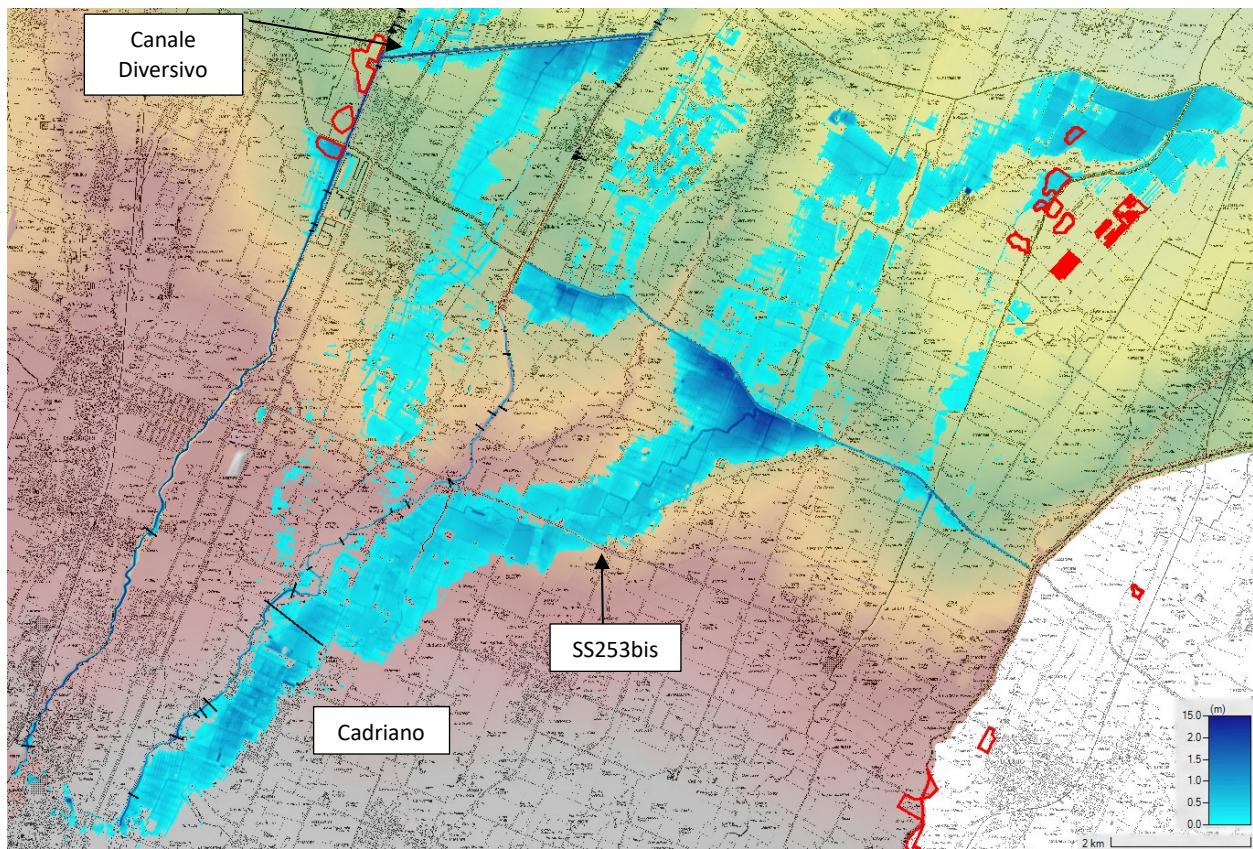


Fig. 47 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da via monte tratto di studio a Diversivo

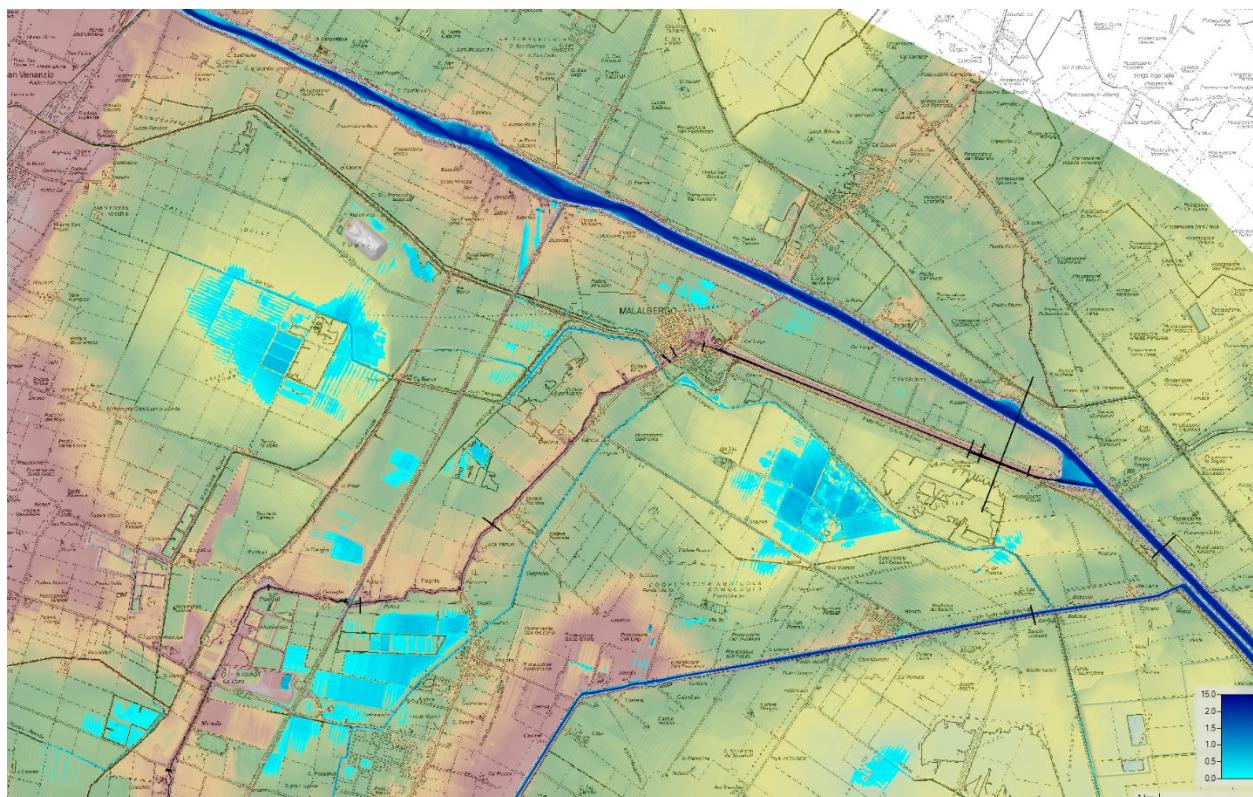


Fig. 48 Evento ottobre 2024: tiranti massimi da valle del Diversivo a confluenza Reno

7.3.2.2 Evento TR50

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati della simulazione con tempo di ritorno 50 anni e con durata di precipitazione pari a 9 ore, coerentemente con lo scenario analizzato precedentemente per il Navile. I risultati della simulazione vengono confrontati con la perimetrazione del PGRA 2021 relativa alla fascia P3 al fine di valutare la corrispondenza degli allagamenti.

Nel tratto di monte del corso d'acqua si verificano allagamenti che ricadono al di fuori della perimetrazione P3 del PGRA 2021. Nella porzione iniziale le esondazioni riguardano solo la sponda destra.

Gli allagamenti avvengono in diverse zone lungo l'asta del Savena Abbandonato, nel tratto di monte è interessata la sponda destra, mentre in corrispondenza di Via Roma per Granarolo si hanno esondazioni anche in sponda sinistra.

In destra tali allagamenti si estendono dalla zona di Cadriano (Fig. 49), interessandone l'abitato, fino ad arrivare alla località di S. Filomena in prossimità del Canale Emiliano Romagnolo (Fig. 50).

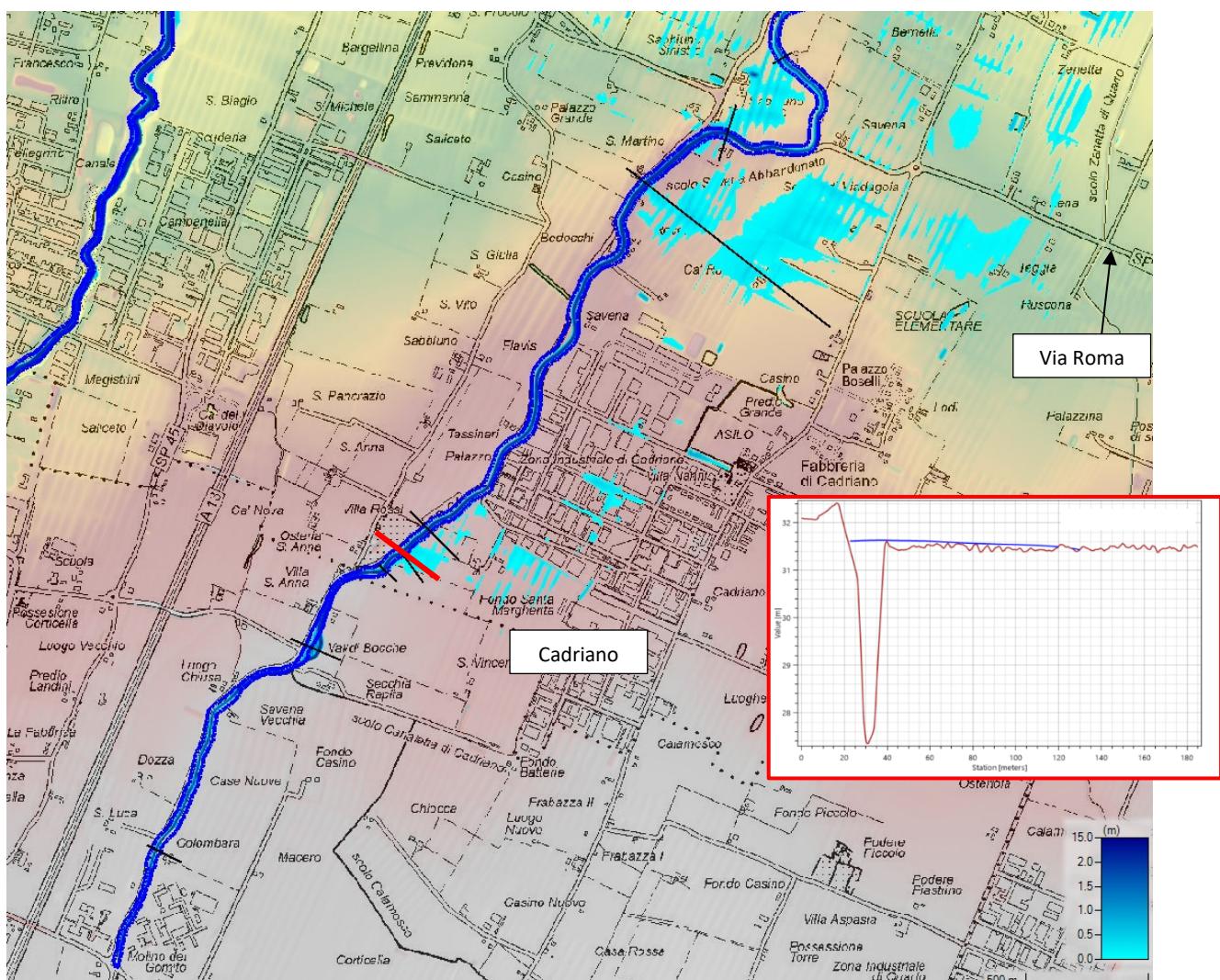


Fig. 49 – TR50: Massimi Tiranti tra inizio tratto di studio e via Roma (in blu P3 PGRA 2021)

In sinistra idraulica, tali allagamenti hanno origine all'altezza di Via Roma e si estendono fino alla confluenza con il Diversivo (Fig. 51 e Fig. 52)

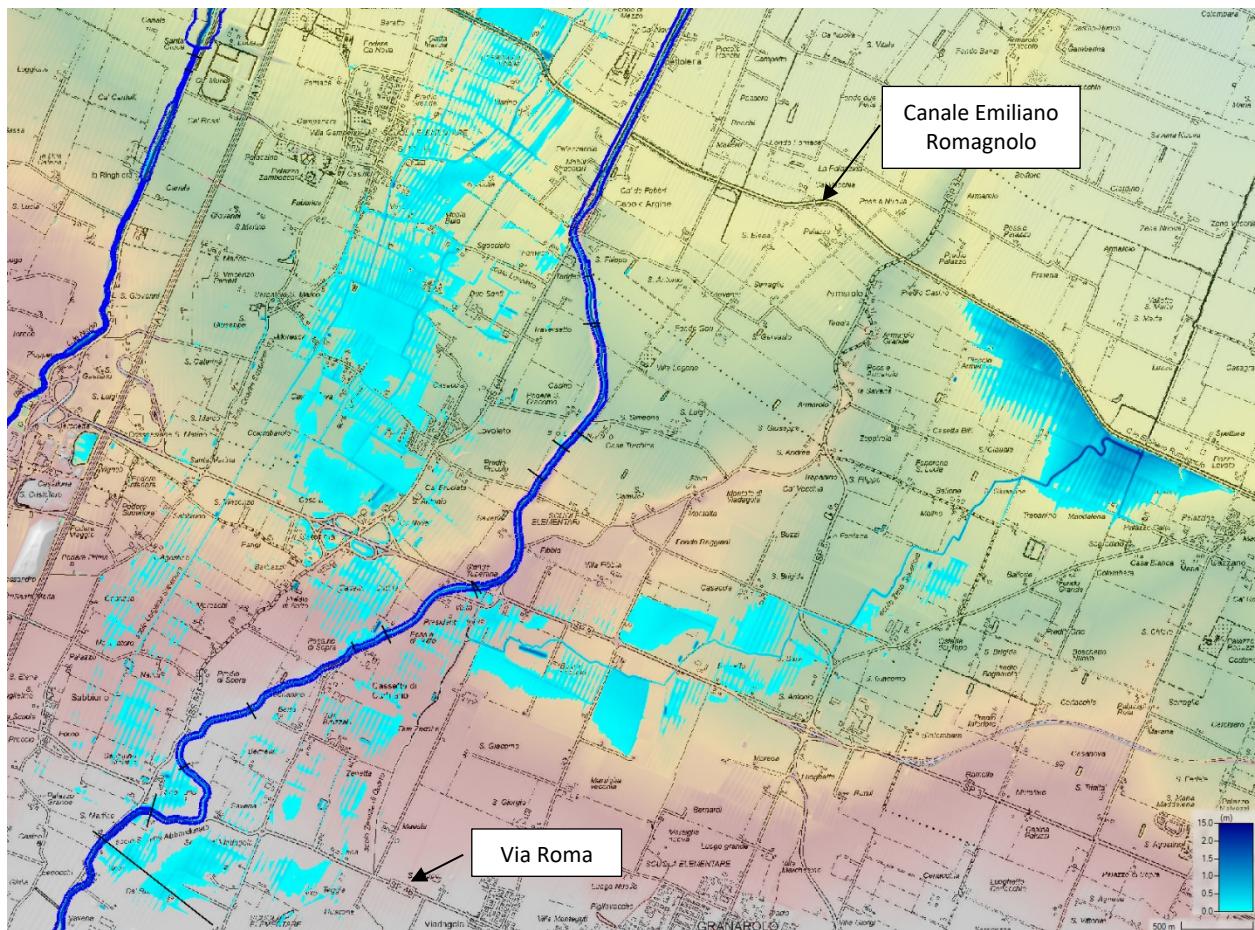


Fig. 50 – TR50: Massimi Tiranti tra via Roma e il Canale Emiliano Romagnolo (in blu P3 PGRA 2021)

In corrispondenza dell'immissione del Diversivo nel Savena Abbandonato si ha una fuoriuscita di portata dal Savena Abbandonato, in località Casoni, che interessa sia alcuni campi sia alcune abitazioni di via Bassa Superiore. (Fig. 51). Si tratta di un abitato in cui l'argine sinistro si interrompe in corrispondenza di alcuni fabbricati; contestualmente l'argine destro presenta quota maggiore, favorendo l'esondazione in sinistra.

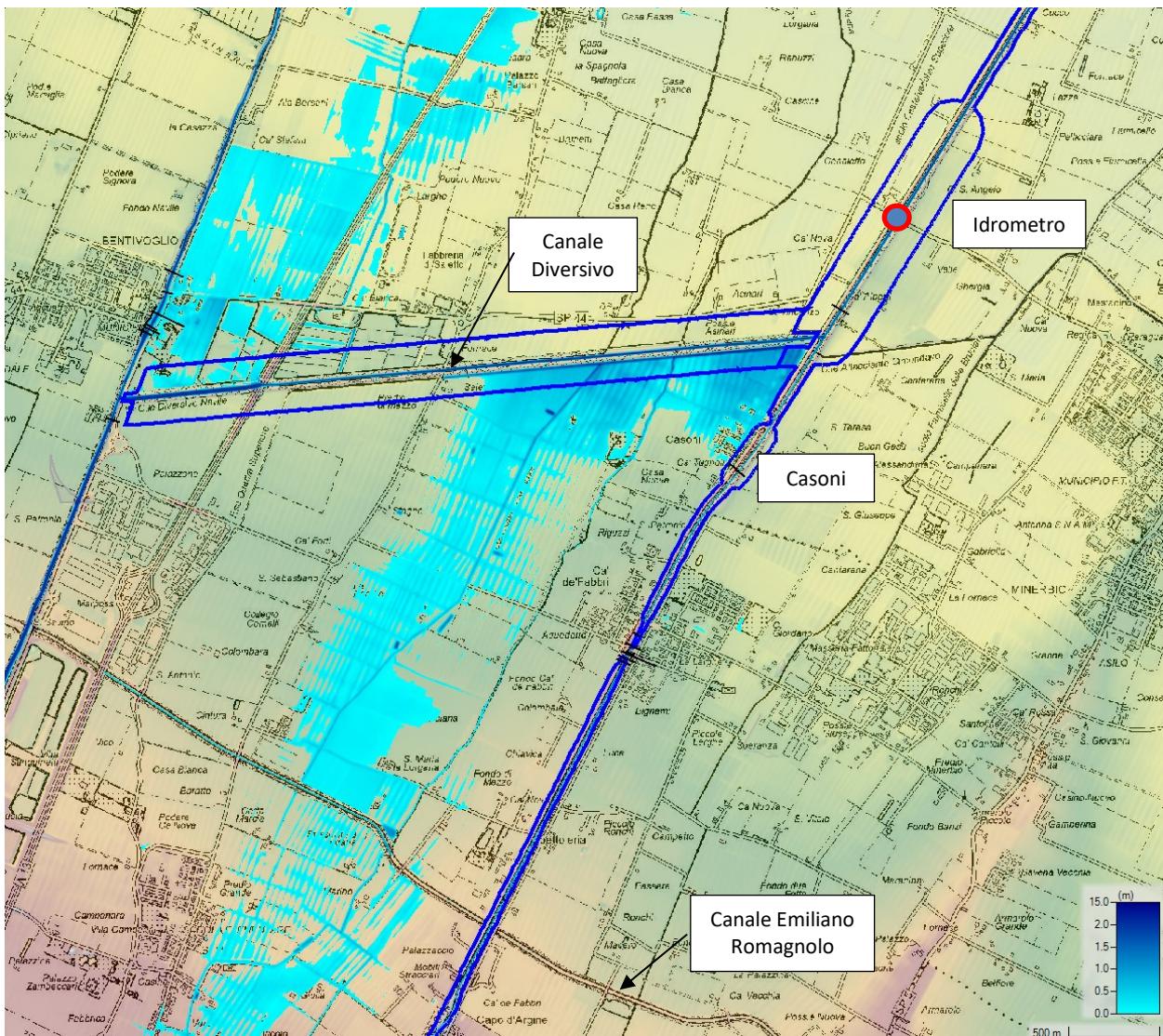


Fig. 51 – TR50: Massimi Tiranti tra il Canale Emiliano Romagnolo e l'idrometro di Casoni (in blu P3 PGRA 2021)

Il Grafico di Fig. 52 mostra l'andamento delle portate nel Savena Abbandonato. Si nota come la portata a valle del Diversivo cresca in relazione all'immissione del contributo proveniente dal Navile.

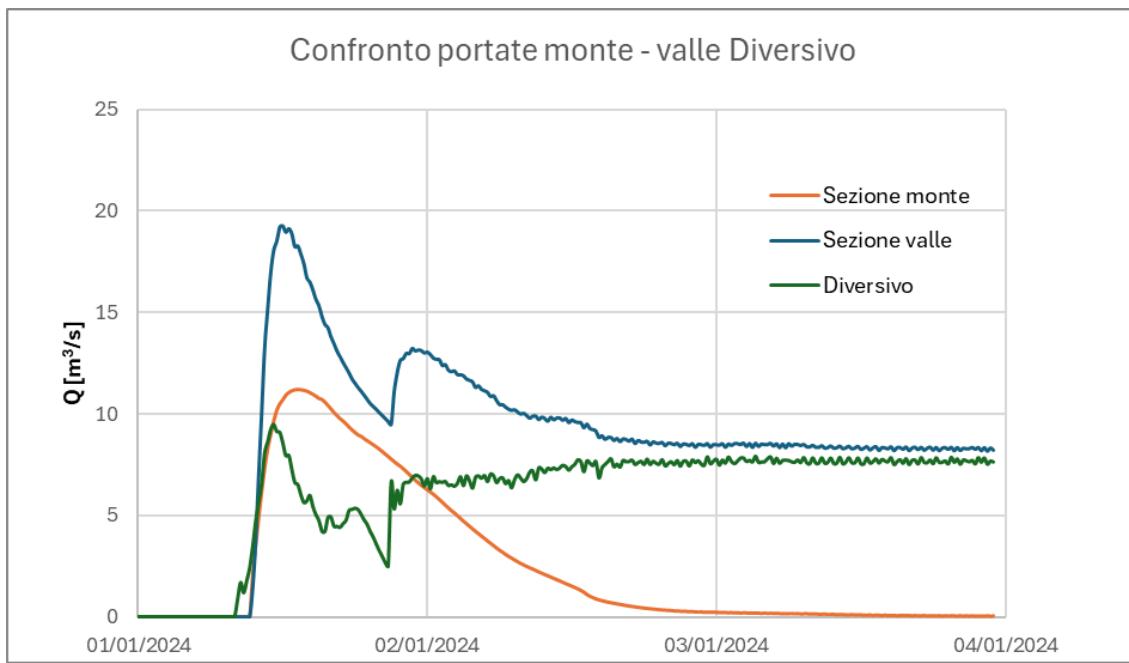


Fig. 52 – TR50: Confronto portate Savena Abbandonato (monte e valle Diversivo)

A valle del Diversivo non si registrano esondazioni, come rappresentato in Fig. 53

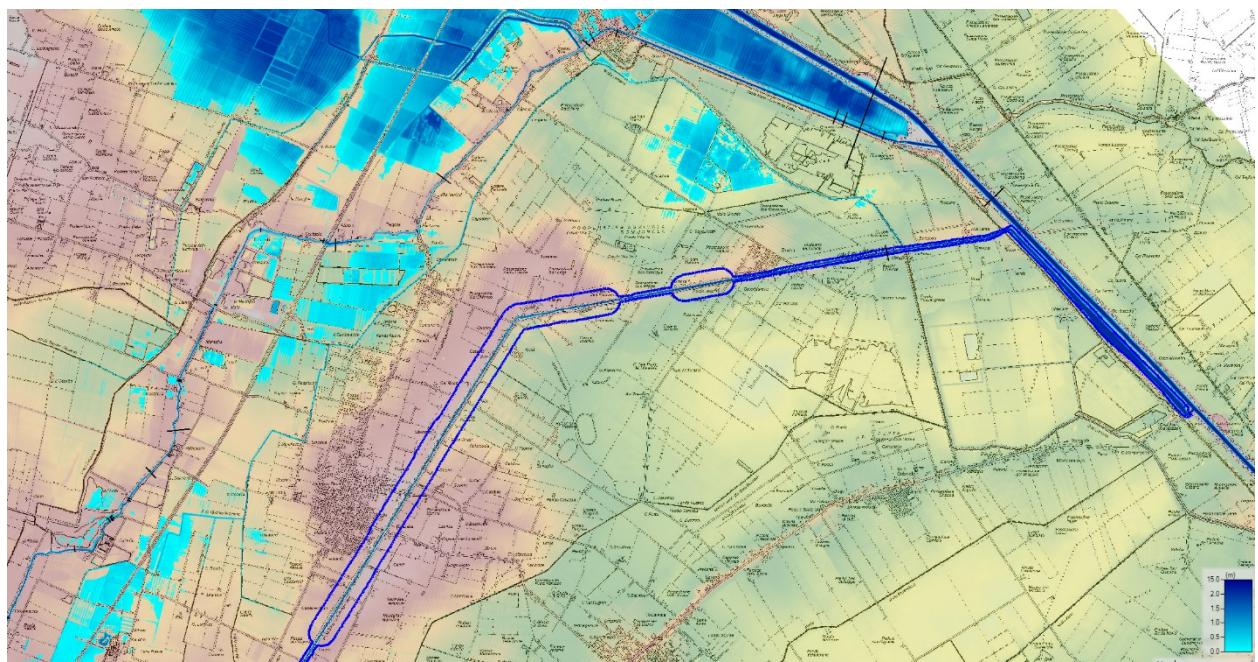


Fig. 53 – TR50: Massimi Tiranti nel tratto a valle dell'idrometro di Casoni fino alla confluenza Reno (in blu P3 PGRA 2021)

7.3.2.3 Evento TR200

I risultati della simulazione con tempo di ritorno 200 anni e con durata di precipitazione pari a 9 ore, descritti nel seguito mediante mappe di distribuzione dei massimi livelli idrici (confrontati con la perimetrazione del PGRA 2021 relativa alla fascia P2 al fine di valutare la corrispondenza degli allagamenti), sono analoghi a quelli già descritti per l'evento TR50, ma le esondazioni presentano maggiore intensità ed estensione.

In destra idraulica, tali allagamenti si estendono dalla zona di Colombara – Case Nuove (Fig. 54), interessando l'abitato di Cadriano, fino ad arrivare alla località di S. Filomena in corrispondenza del Canale Emiliano Romagnolo (Fig. 55).

In sinistra idraulica, tali allagamenti hanno origine all'altezza di via Roma e si estendono fino alla confluenza con il Diversivo (Fig. 55 e Fig. 56).

In corrispondenza dell'immissione del Diversivo nel Navile, come per l'evento TR50, si ha una fuoriuscita di portata dal Diversivo, in località Casoni, che interessa sia alcuni campi sia alcune abitazioni di via Bassa Superiore (Fig. 56).

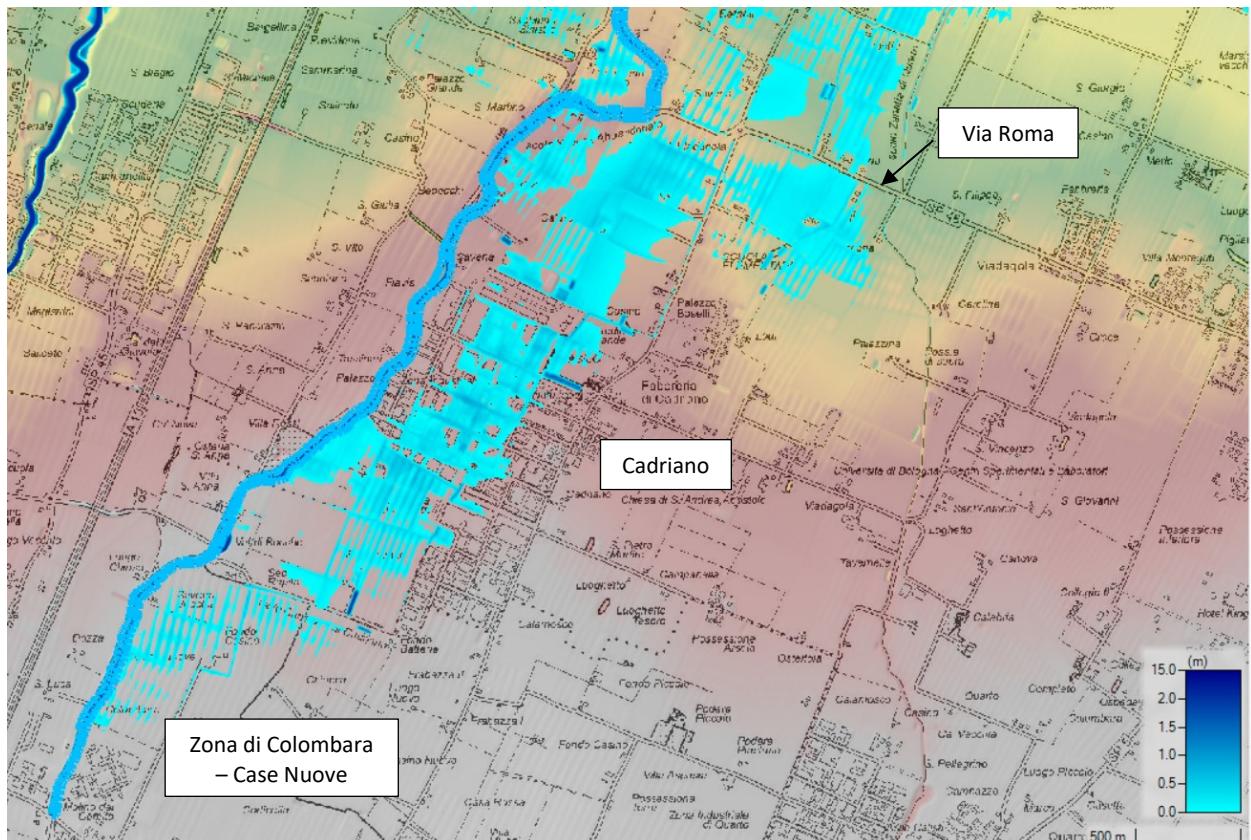


Fig. 54 – TR200: Massimi Tiranti tra inizio tratto di studio e Via Roma (in azzurro P2 PGRA 2021)

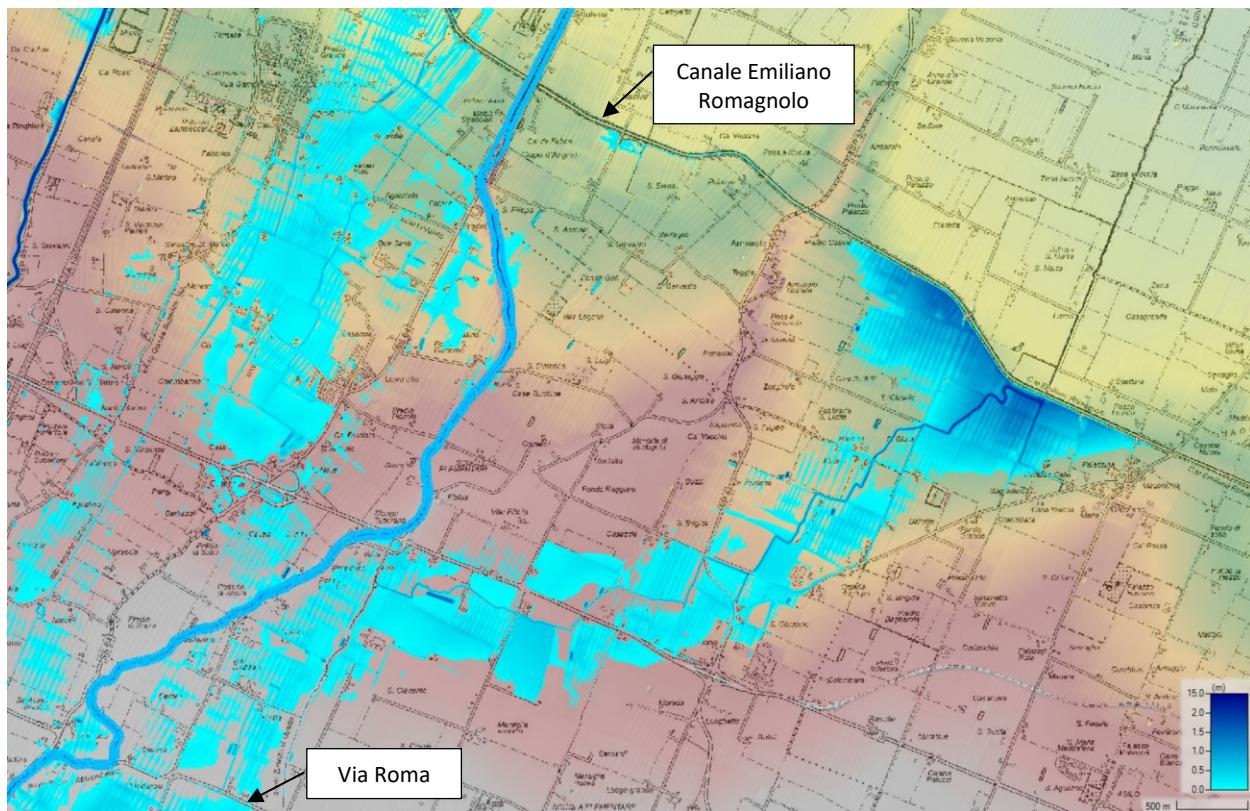


Fig. 55 – TR200: Massimi Tiranti tra la SP46 e il Canale Emiliano Romagnolo (in azzurro P2 PGRA 2021)

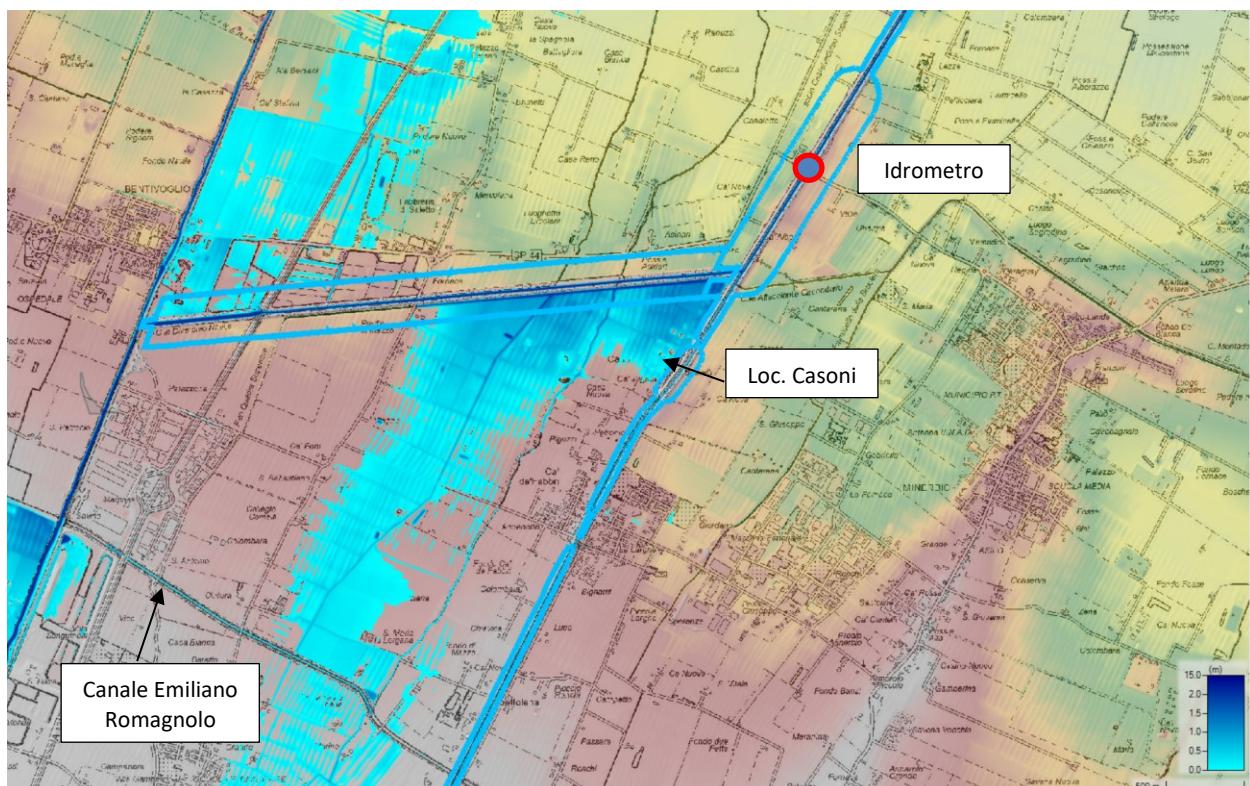


Fig. 56 – TR200: Massimi Tiranti tra il Canale Emiliano Romagnolo e l'idrometro di Casoni (in azzurro P2 PGRA 2021)

Il Grafico di Fig. 57 mostra l'andamento delle portate nel Savena. Si nota come la portata a valle del Diversivo sia maggiore a causa dell'immissione del Diversivo stesso.

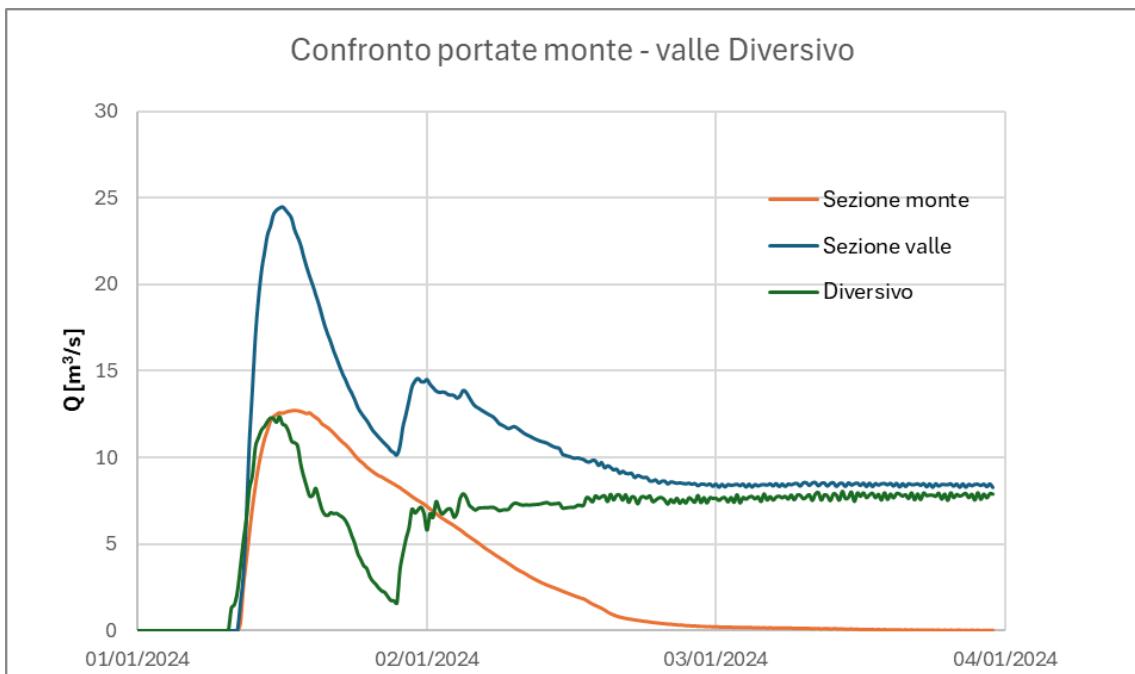


Fig. 57 – TR200: Confronto portate Savena Abbandonato (monte e valle Diversivo)

A valle del Diversivo non si registrano esondazioni, come rappresentato in Fig. 58

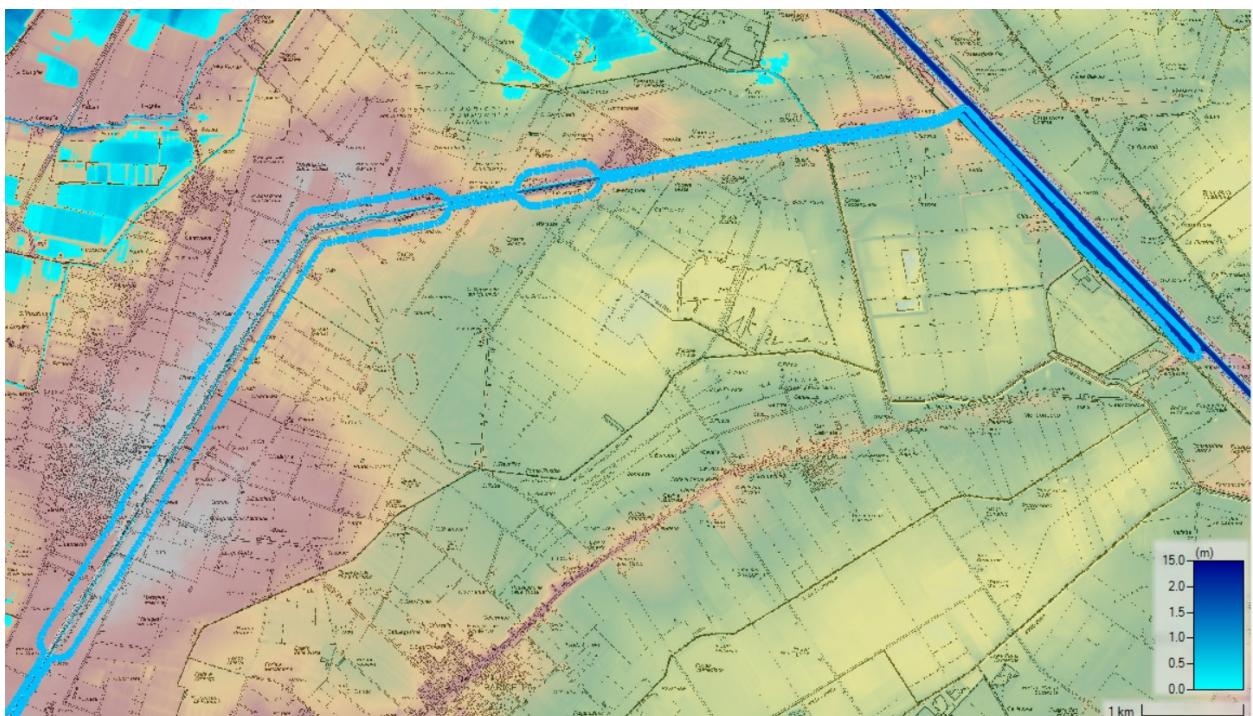


Fig. 58 – TR200: Massimi Tiranti nel tratto a valle dell'idrometro di Casoni fino a confluenza Reno (in azzurro P2 PGRA 2021)

Nel caso invece in cui venga chiusa completamente la paratoia del Navile, le portate confluente nel Canale Diversivo sarebbero maggiori, provocando esondazioni dallo stesso in sinistra idrografica a monte dell'attraversamento della A13 (vedi Fig. 59).

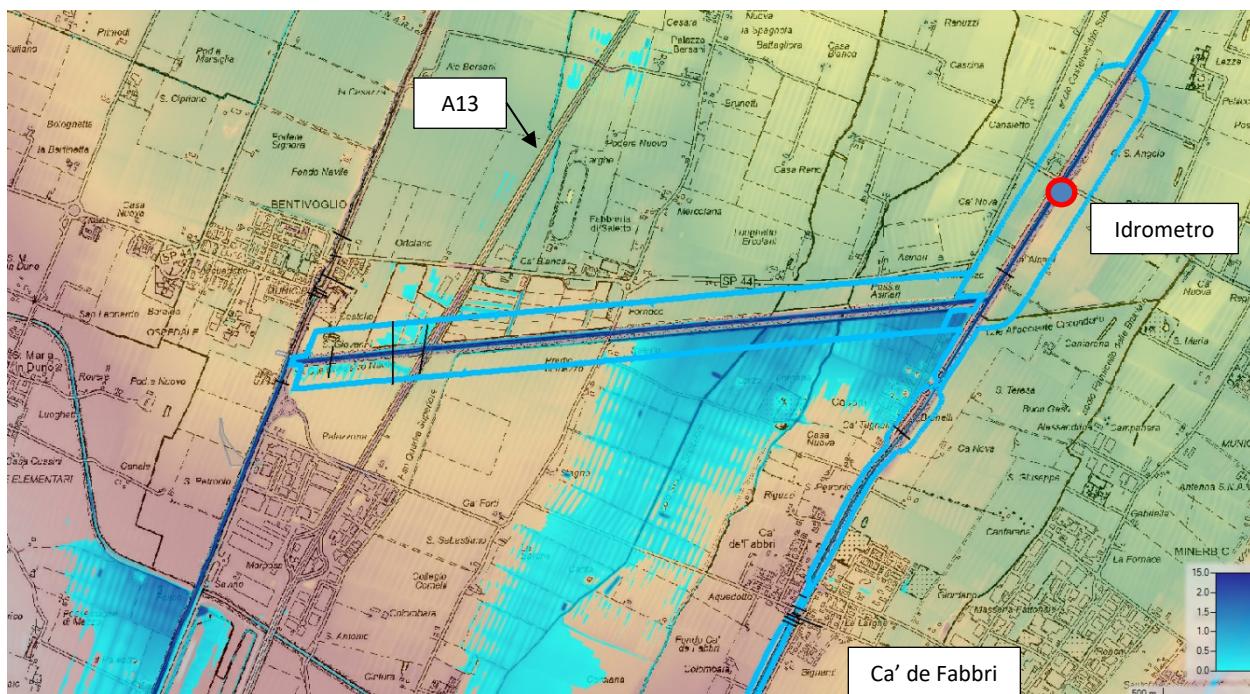


Fig. 59 – TR200 con chiusura della paratoia sul Navile: Massimi Tiranti tra Ca' de Fabbri e l'idrometro Casoni (in azzurro P2 PGRA 2021)

Il Grafico in Fig. 60 mostra l'andamento delle portate nel Savena Abbandonato. Si nota come alla chiusura della paratoia sul Navile consegne un maggior apporto da parte del Canale Diversivo e quindi una portata maggiore a valle della confluenza con lo stesso. I colmi di portata registrata nel Diversivo e a valle di esso nel Savena Abbandonato sono maggiori di circa $20 \text{ m}^3/\text{s}$ rispetto a quelli osservati lasciando la paratoia sul Navile aperta.

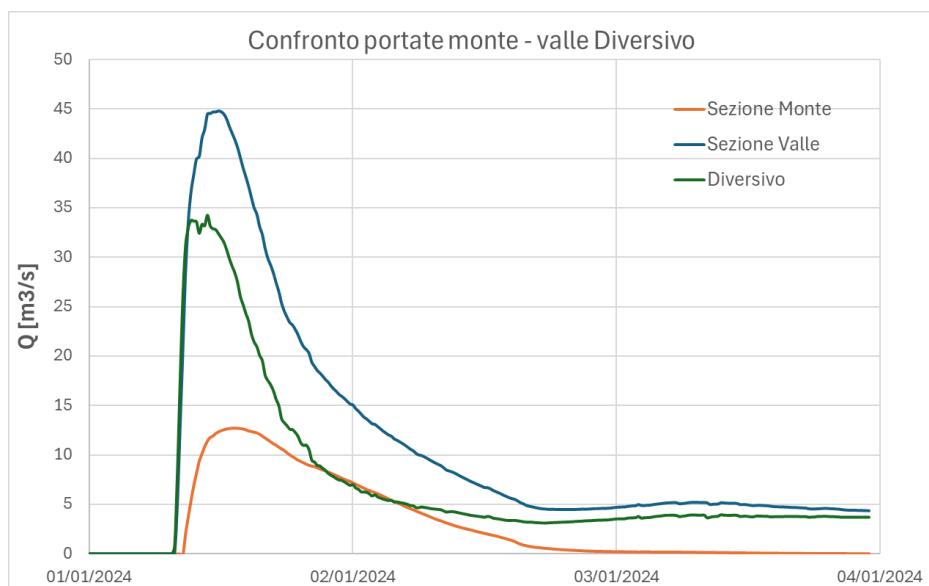


Fig. 60 – TR200 con chiusura della paratoia sul Navile: Confronto portate Savena Abbandonato (monte e valle Diversivo)

Con paratoia del Navile chiusa, a monte della confluenza in Reno si osservano alcuni allagamenti sia in destra che in sinistra idrografica nell'ultimo tratto prima della confluenza in Reno a valle della località Calvi (vedi Fig. 61) che interessano areali maggiori rispetto alla perimetrazione P2 del PGRA 2021.

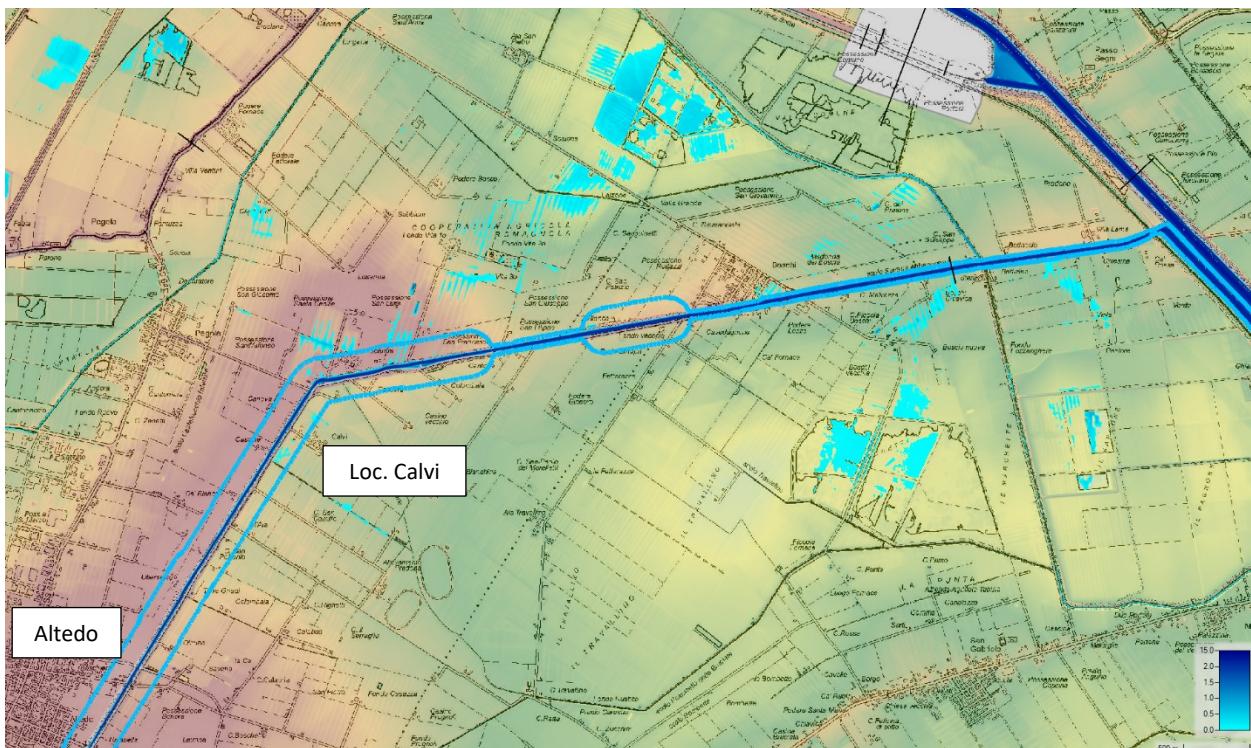


Fig. 61 – TR200 con chiusura della paratoia sul navile: Massimi Tiranti tra Altedo e la confluenza in Reno (in azzurro P2 PGRA 2021)

7.3.2.4 Evento TR500

L'evento con il tempo di ritorno 500 anni presenta dinamiche di esondazione e areali interessati pressoché analoghi all'evento duecentennale. In generale, dato il coinvolgimento di volumi maggiori, si osservano allagamenti caratterizzati da massimi tiranti più elevati nelle stesse aree.

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. 9.

Per tutti i ponti il franco idraulico è stato calcolato sulla base dell'evento di piena duecentennale di riferimento, considerando la quota massima e la quota di riferimento dell'intradosso. Quest'ultima corrisponde alla quota minima di intradosso per i ponti con impalcato piano (intesi come quelli il cui intradosso non mostra variazioni di quota superiori a 0,5 m) e alla quota minima calcolata sui 2/3 della luce per i ponti ad arco o con elevata variabilità della quota di intradosso.

Tab. 9 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. Navile

7.4.1.1 Ambito non arginato di pianura

In questo ambito, da Bova alla cassa di Bentivoglio, si è fatto riferimento all'evento TR200 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 nella seguente Tab. 11.

7.4.1.2 Tratto arginato di pianura

Nel tratto arginato di pianura, dalla cassa di Bentivoglio a confluenza Reno, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici, alle portate massime individuate a monte dei singoli ponti in riferimento all'evento TR200 per la durata di pioggia di 9 ore.

I livelli idrici sono i massimi riscontrabili in riferimento all'inviluppo delle superfici idriche ottenute per le diverse durate di pioggia simulate, nella sezione immediatamente a monte del ponte.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati nella seguente Tab. 10.

Tab. 11 Navile dalla località Bova alla cassa di Bentivoglio: attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	FR riferimento	Note
			(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0001	ponte ferroviario BO-MI	Bologna	38,20	ad arco	39,88	39,3	1,68	1,10	
NAIN0002	ponte via de Caracci	Bologna	35,56	intradosso piano	38,38	38,22	2,82	2,66	
NAIN0003	ponte parco di Villa Angeletti	Bologna	34,57	intradosso piano	38,19	37,52	3,62	2,94	
NAIN0004	ponte Anfiteatro Villa Angeletti	Bologna	33,84	intradosso piano	35,83	35,69	1,99	1,85	
NAIN0005	ponte via Gagarin (dir. O-E)	Bologna	33,28	intradosso piano	32,72	32,65	-0,56	-0,63	Estradosso a 33,49
NAIN0007	ponte Navile	Bologna	30,34	ad arco	29,8	29,55	-0,54	-0,79	Estradosso a 31,51
NAIN0008	ponte ferrovia	Bologna	29,28	ad arco	39,99	35,68	10,71	6,40	
NAIN0009	ponte via del Sostegno	Bologna	28,98	intradosso piano	26,81	26,67	-2,17	-2,31	Estradosso a 27,97
NAIN0010	ponte Tangenziale A14	Bologna	28,45	intradosso piano	32,07	31,79	3,62	3,34	
NAIN0011	ponte canale via del Sostegno	Bologna	26,37	intradosso piano	24,76	24,51	-1,61	-1,86	Estradosso a 25,66
NAIN0012	ponte di Bionda	Bologna	26,28	ad arco	25,06	24,39	-1,22	-1,89	Estradosso a 24,96
NAIN0013	ponte via dei Terraioli	Bologna	25,76	intradosso piano	26,17	26,17	0,41	0,41	
NAIN0014	passerella dei Terraioli	Bologna	25,42	intradosso piano	25,68	25,68	0,26	0,26	
NAIN0015	ponte Parco Ex Pevirani	Bologna	24,96	intradosso piano	25,04	25	0,08	0,04	
NAIN0016	passerella via S. Savino-via delle Fonti	Bologna	24,08	intradosso piano	21,93	21,93	-2,15	-2,15	Estradosso a 23,98
NAIN0017	ponte di Vignola	Bologna	23,80	ad arco	27,97	27,43	4,17	3,63	

ID	Ponte, Località	Comune	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	FR riferimento	Note
			(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0018	ponte di via Corticella	Bologna	23,63	intradosso piano	24,14	24,14	0,51	0,51	
NAIN0020	ponte viale Giacomo Matteotti	Castel Maggiore	21,05	intradosso piano	20,11	20,07	-0,94	-0,98	Estradosso a 21,04
NAIN0021	passerella via Albertina	Castel Maggiore	20,94	intradosso piano	21,19	21,16	0,25	0,22	
NAIN0022	ponte Centergross	Argelato	20,44	intradosso piano	24,46	24,33	4,02	3,89	
NAIN0023	ponte SP 3	Bentivoglio	20,24	intradosso piano	22,84	21,94	2,60	1,70	
NAIN0024	ponte via Ringhiera	Bentivoglio	19,84	intradosso piano	19,73	19,7	-0,11	-0,14	Estradosso a 20,87
NAIN0025	passerella via Ringhiera	Bentivoglio	19,78	intradosso piano	20,49	20,42	0,71	0,64	
NAIN0024	ponte via Ringhiera	Bentivoglio	19,62	intradosso piano	18,36	18,28	-1,26	-1,34	Estradosso a 19,83

Tab. 12 Navile dalla cassa di Bentivoglio alla confluenza in Reno e Canale Diversivo: attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	Q200	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m³/s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0027	ponte Palestro	Bentivoglio	48	18,48	intradosso piano	17,4	17,26	-1,08	-1,22	Estradosso a 17,73
NAIN0028	passerella Canale Emiliano Romagnolo	Bentivoglio	47	18,08	intradosso piano	17,67	17,32	-0,41	-0,76	Estradosso a 18,64
DIVERSIVO 1	Chiavica regolazione diversivo Navile - Savena Abbandonato	Bentivoglio	19	17,17	ad arco	17	16,85	-0,17	-0,32	Estradosso a 17,53
DIVERSIVO 2	Ponte Autostrada A13 BO-PD	Bentivoglio	15	17,1157	intradosso piano	18,4	18,28	1,28	1,17	
DIVERSIVO 3	Ponte via Saletto	Bentivoglio	15	16,17	ad arco	16,47	16,3	0,30	0,13	
DIVERSIVO 4	Ponte SS 64	Bentivoglio	15	16,04	ad arco	17,21	17,13	1,17	1,09	

ID	Ponte, Località	Comune	Q200	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m³/s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0029	ponte Renana	Bentivoglio	30	16,93	intradosso piano	17,54	17,54	0,61	0,61	
NAIN0030	passerella Sostegno Bentivoglio 1	Bentivoglio	30	16,56	intradosso piano	18,16	16,28	1,60	-0,28	Estradosso minimo a 16,61
NAIN0031	passerella Sostegno Bentivoglio 2	Bentivoglio	30	16,50	intradosso piano	16,33	16,18	-0,17	-0,32	Estradosso a 16,43
NAIN0032	passerella Sostegno Bentivoglio 3	Bentivoglio	30	16,43	ad arco	15,93	15,79	-0,50	-0,64	Estradosso a 19,93
NAIN0033	ponte via Marconi	Bentivoglio	24	15,87	ad arco	14,93	14,83	-0,94	-1,04	Estradosso a 16,82
NAIN0034	passerella piazza Pizzardi-via Asinari	Bentivoglio	23	15,36	intradosso piano	14,88	14,81	-0,48	-0,55	Estradosso a 15,25
NAIN0035	ponte via Bassa degli Albanelli	Bentivoglio	15*	14,91	intradosso piano	15,12	15,12	0,21	0,21	
NAIN0036	ponte via dell'Olmo	Bentivoglio	11*	14,10	intradosso piano	14,03	13,97	-0,07	-0,13	Estradosso a 14,76
NAIN0037	ponte via Altedo SP20	Malalbergo	9*	13,48	intradosso piano	13,62	13,62	0,14	0,14	
NAIN0039	ponte via Ponticelli	Malalbergo	7*	13,12	intradosso piano	13,06	12,84	-0,06	-0,28	Estradosso a 13,40
NAIN0040	ponte Autostrada A13	Malalbergo	7*	13,08	intradosso piano	14,75	14,69	1,67	1,61	
NAIN0041	ponte via Ponticelli_2	Malalbergo	4*	12,67	intradosso piano	12,67	12,56	0,00	-0,11	Estradosso a 14,13
NAIN0042	ponte strada Porrettana-ciclabile Malalbergo	Malalbergo	3*	12,18	intradosso piano	12,74	12,61	0,56	0,43	
NAIN0043	passerella Porrettana -ciclabile Malalbergo	Malalbergo	3*	12,16	intradosso piano	13,96	13,32	1,80	1,16	
NAIN0044	passerella via Cascina	Malalbergo	3*	12,13	intradosso piano	12,71	12,43	0,58	0,30	
NAIN0045	passerella via Canale-via Porrettana	Malalbergo	3*	12,12	intradosso piano	12,29	12,16	0,17	0,04	
NAIN0046	ponte via Pedrazzoli	Malalbergo	3*	12,10	intradosso piano	11,85	11,85	-0,25	-0,25	Estradosso a 12,18

ID	Ponte, Località	Comune	Q200	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m ³ /s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0048	passerella m. confl. Reno 1	Baricella	3*	13,33	ad arco	14,39	14,16	1,06	0,83	
NAIN0049	passerella m. confl. Reno 2	Baricella	3*	15,35	intradosso piano	17,58	17,52	2,23	2,17	

* Risente di rigurgito di Reno

7.4.2. *Savena Abbandonato*

7.4.2.1 *Ambito non arginato di pianura*

In questo ambito, da via Aposazza a Capo D'Argine (S.Marino, BO), si è fatto riferimento all'evento TR200 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 nella seguente Tab. 13.

7.4.2.2 *Tratto arginato di pianura*

Nel tratto arginato di pianura, da Capo D'Argine (S.Marino, BO) alla confluenza in Reno, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici, alle portate massime individuate a monte dei singoli ponti in riferimento all'evento TR200 per la durata di pioggia di 9 ore.

I livelli idrici sono i massimi riscontrabili in riferimento all'inviluppo delle superfici idriche ottenute per le diverse durate di pioggia simulate, nella sezione immediatamente a monte del ponte.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati nella seguente Tab. 14.

Tab. 13 Savena Abbandonato da via Aposazza a Capo D'Argine (S.Marino, BO): attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H massimo (m s.m.)	H riferimento (m s.m.)	FR massimo (m)	H riferimento (m)	Note
					(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0001	ponte via Ferrarese	Bologna	32,67	intradosso piano	32,89	32,64	0,22	-0,03	Estradosso a 33,49
SSIN0003	ponte Cadriano (ponte via Giacomo Matteotti)	Castel Maggiore	31,21	intradosso piano	31,77	31,77	0,56	0,56	
SSIN0006	ponte via Roma	Castel Maggiore	28,90	ad arco	28,33	28,08	-0,57	-0,82	Estradosso a 29,03
SSIN0007	ponte via Marconi	Granarolo dell'Emilia	24,01	intradosso piano	24,53	24,15	0,52	0,14	Estradosso a 25,73
SSIN0008	ponte via Chiesa	Granarolo dell'Emilia	23,90	intradosso piano	23,52	23,51	-0,38	-0,39	Estradosso a 25,37
SSIN0009	ponte via Scuole	Granarolo dell'Emilia	23,75	intradosso piano	23,08	23,06	-0,67	-0,69	Estradosso a 24,01

Tab. 14 Savena Abbandonato da Capo D'Argine (S.Marino, BO) alla confluenza in Reno: attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	Q200	H200	Tipologia ponte	H massimo (m s.m.)	H riferimento (m s.m.)	FR massimo (m)	H riferimento (m)	Note
			(m ³ /s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0010	ponte Capo d'Argine (via Savenella)	Granarolo dell'Emilia	13	20.53	ad arco	21.51	20.96	0.98	0.43	
SSIN0011	ponte Ca' dei Fabbri	Minerbio	13	18.08	intradosso piano	18.12	17.89	0.04	-0.19	Estradosso a 19.08
SSIN0012	ponte via Ronchi Inferiore	Minerbio	13	17.42	intradosso piano	18.46	18.46	1.04	1.04	
SSIN0013	ponte Strada Asinari	Malalbergo	25	15.67	intradosso piano	16.69	16.67	1.02	1.00	

ID	Ponte, Località	Comune	Q200	H200	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m ³ /s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0014	ponte via Carlo Tosatti	Malalbergo	25	15.24	intradosso piano	16.24	15.96	1.00	0.72	
SSIN0015	ponte Altedo	Malalbergo	25	14.91	intradosso piano	15.32	15.26	0.41	0.35	
SSIN0016	ponte di Malalbergo	Malalbergo	25	14.64	intradosso piano	15.83	15.83	1.19	1.19	
SSIN0017	ponte Strada di Urbeseto	Malalbergo	25	14.52	intradosso piano	15.55	15.13	1.03	0.61	
SSIN0018	ponte Canova	Malalbergo	24	14.48	intradosso piano	15.45	15.43	0.97	0.95	
SSIN0019	ponte valle ponte Canova	Malalbergo	24	14.48	intradosso piano	16	15.66	1.52	1.18	
SSIN0021	ponte via Boschi valle Chiesa Beata Vergine della Mercede_2	Malalbergo	23	14.47	intradosso piano	15.9	15.87	1.43	1.40	
SSIN0022	ponte Boschi	Baricella	22	14.46	intradosso piano	15.8	15.8	1.34	1.34	
SSIN0023	ponte Boschi via Gramsci	Baricella	22	14.46	intradosso piano	14.96	14.52	0.50	0.06	
SSIN0026	ponte via Marchette	Baricella	22	14.46	intradosso piano	15.3	15.14	0.84	0.68	
SSIN0025	ponte via Penne	Baricella	22	14.45	intradosso piano	15.64	15.14	1.19	0.69	

7.5 Scenari di rotta arginale

Il modello numerico allestito è stato applicato anche per analizzare potenziali (ipotetici) 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 delle brecce è stata valutata in modo tale da ottenere un allagamento del comparto il più uniforme e il 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, e prediligendo il posizionamento delle stesse 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.

Si noti che gli scenari di rottura arginale simulati considerano la chiusura della paratoia sul Navile; per questo le rotte arginali per il Navile sono posizionate a monte del Canale Diversivo. In Tab. 15 e Tab. 16 sono riportati i dettagli delle rotte arginali rispettivamente per il Canale Navile e per il Savena Abbandonato.

Tab. 15 Localizzazione punti di rotta arginale simulati per il Navile

ID Rotta	Località	Comune	Criterio individuazione	Sponda
01	Area industriale Bentivoglio	Bentivoglio	Punto aggiuntivo per potenziali allagamenti	DX
02	Bentivoglio a monte della Chiusa del Canale Diversivo	Bentivoglio	Abitati - Bentivoglio	SX

Tab. 16 Localizzazione punti di rotta arginale simulati per il Savena Abbandonato

ID Rotta	Località	Comune	Criterio individuazione	Sponda
01	Cà Dé Fabbri	Minerbio	Abitati - Cà Dé Fabbri	SX
02	Cà Dé Fabbri	Minerbio	Abitati - Cà Dé Fabbri	DX
03	Altedo	Malalbergo	Abitati - Altedo	SX
04	Altedo	Malalbergo	Punto aggiuntivo per potenziali allagamenti	DX
05	Boschi	Baricella	Punto aggiuntivo per potenziali allagamenti	SX

Per ogni punto di rotta sono stati simulati gli eventi TR50, TR200 e TR500 per la durata pioggia 9 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 avere 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 Navile

8.1.1. L'assetto del Canale Navile

L'asta del Navile, oggetto di delimitazione delle Fasce Fluviali e interessata dalla definizione delle linee di assetto, è compresa tra l'abitato di Bologna e la foce (36,5 km). L'ambito in esame può essere suddiviso nei seguenti tratti:

- tra la località Bova e la cassa di Bentivoglio (circa 14,7 km), il Navile si sviluppa in un alveo morfologicamente ben definito caratterizzato dalla presenza di opere di contenimento dei livelli a carattere locale e sporadico;
- dalla cassa di Bentivoglio alla foce, il corso d'acqua è arginato a carattere continuo con opere in froldo per un'estesa di circa 24,3 km.

La portata limite attuale del tratto arginato del Navile, definita secondo i criteri illustrati nei precedenti capitoli, è riportata in Tab. 17.

Nelle simulazioni di moto vario (scenario stato di fatto) per maggiore cautela si sono considerati aperti i manufatti di regolazione (chiaviche) presenti sulla confluenza in Reno e immediatamente a valle del diversivo, così da massimizzare la potenzialità di allagamento funzionale alla perimetrazione delle aree di pericolosità; sono però state condotte simulazioni anche considerando questi dispositivi chiusi, come da ordinaria modalità di gestione attuale, in modo da impedire il rigurgito di Reno lungo l'asta del Navile e consentendo di trasferire l'intera portata afferente nel Canale Diversivo e quindi nel Savena Abbandonato, preservando dal deflusso il tratto di Navile a valle del Diversivo la cui capacità di portata risulta esigua.

Tab. 18 Portata compatibile attuale Canale Navile (tratto arginato)

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s) da analisi in moto permanente
1	Da cassa di Bentivoglio a Diversivo	25

Per la piena di riferimento, l'area di allagamento maggiormente significativa è posta presso Castel Maggiore, dove, in corrispondenza dell'attraversamento di Via Giacomo Matteotti, l'evento duecentennale interessa alcuni edifici storici posti in prossimità delle sponde, o le cui pareti costituiscono le sponde stesse. Per mitigare tali allagamenti si prevede la realizzazione di:

- due aree di laminazione a monte del centro abitato di Castel Maggiore, una in destra e una in sinistra, con strutture di contenimento arretrate, funzionali a ridurre il colmo di piena;
- contestuale realizzazione di opere di contenimento dei livelli idrici per entrambe le sponde a monte e a valle dell'attraversamento di Via Giacomo Matteotti, in relazione alle necessità di assicurare condizioni di deflusso con adeguati franchi idraulici.

Si verificano poi limitati allagamenti poco a monte dell'attraversamento del CER. Al fine di ridurre tali allagamenti e sgravare i tratti di valle (Diversivo, Savena Abbandonato) dal deflusso di portate eccessive, in rapporto alle corrispondenti capacità di smaltimento, si prevede la realizzazione di tre casse di laminazione, una in destra, già parzialmente realizzata, e due in sinistra. Per convogliare completamente il deflusso nelle casse di laminazione ed evitare esondazioni nel tratto immediatamente a monte, si prevede di estendere le opere di contenimento su entrambe le sponde.

Gli interventi di laminazione previsti consentono di trasferire l'intero deflusso bicentenario con franco idraulico adeguato all'interno del Diversivo e quindi consentirne lo scarico nel torrente Savena Abbandonato.

Nel dettaglio si descrivono gli interventi di difesa previsti:

1. realizzazione delle casse di laminazione poste in corrispondenza di Castel Maggiore. Tali casse sono da dimensionare con la specifica finalità di mitigare il rischio di allagamento degli edifici posti in prossimità delle sponde del corso d'acqua in corrispondenza del ponte di via Matteotti a Castel Maggiore. Le aree identificate come disponibili per la laminazione hanno un'estensione di circa 105.000 m² in sinistra e circa 320.000 m² in destra.
2. completamento della cassa di laminazione in destra idraulica del Navile in località Bentivoglio; la cassa copre una superficie di circa 46,7 ha con capacità utile pari a circa 1.170.000 m³;
3. realizzazione di un cassa di laminazione in sinistra, disposta frontalmente alla precedente, in località Castiglia, che copre una superficie di circa 21 ha con capacità utile di invaso pari a circa 316.000 m³;
4. realizzazione di una seconda cassa di espansione in sinistra immediatamente a valle della precedente, sempre in località Castiglia, a coprire una superficie di circa 23,5 ha con capacità utile di invaso pari a circa 350.000 m³.

La tabella seguente confronta la portata limite attuale e quella di progetto nei diversi tratti.

Tab. 19 Portata limite attuale e di progetto del tratto di Navile a monte del diversivo

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s)	Q limite di progetto (m ³ /s)
1	Da inizio tratto arginato a Diversivo	25	25

Il sistema di opere di laminazione andrà dimensionato al fine di ridurre il colmo dell'idrogramma di progetto di tempo di ritorno 200 anni ad un valore massimo inferiore alla portata limite di stato attuale (riferita al tratto arginato, esteso tra la zona di realizzazione delle casse e il Diversivo), pari a circa 25 m³/s.

8.1.2. 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 (TR200 anni attuale), il complesso delle sistemazioni proposte è stato sollecitato considerando anche uno scenario maggiormente critico, pari al più gravoso tra gli eventi reali del 2023-2024 e l'idrogramma idrologico stimato considerando gli effetti attesi del cambiamento climatico.

In Tab. 20 si riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del Canale Navile e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando gli effetti del cambiamento climatico per l'evento T200.

Si osservi che l'incremento idrologico del colmo ad Arcoveggio è dell'ordine del 21%.

In termini di volumi, ad Arcoveggio, l'evento TR200 con durata di pioggia 9 ore palesa, nello scenario che contempla gli effetti del cambiamento climatico, un incremento del 21% circa.

Nel tratto che si estende dalla località Bova (area urbana di Bologna) all'inizio del tratto arginato (cassa di Bentivoglio) l'incremento dei livelli idrici in alveo dato dall'effetto dei cambiamenti climatici per TR200 è dell'ordine di 0,2-0,6 m.

Nel tratto arginato che va dalla cassa di Bentivoglio al Savena Abbandonato (considerando anche il Canale Diversivo) l'incremento dei livelli idrici in alveo dato dall'effetto dei cambiamenti climatici per TR200 è dell'ordine di 0,10-0,25 m.

Tab. 20 Portate di piena per il Canale Navile

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T200 CC (m ³ /s)
Reno	Navile	0	Loc. Stazione FS	18,8	50	70	90	100
Reno	Navile	4,3	Arcoveggio	27	60	80	105	115
Reno	Navile	15,4	Loc. Bologna Interporto	45,7	65	105	130	145

8.1.3. Quadro degli interventi

In Tab. 21 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento previste nei tratti di Fascia B di progetto individuati lungo il Canale Navile.

Tab. 21 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto

N.	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Castel Maggiore	7 - 9	SX e DX	A monte di Castel Maggiore	Casse di laminazione
2	Castel Maggiore	8 - 9	SX e DX	Castel Maggiore	Contenimento livelli idrici
3	Bentivoglio	13 - 14	SX e DX	Loc. La Ringhiera – San Marino di Bentivoglio	Contenimento livelli idrici
4	Bentivoglio	14 - 15	SX e DX	Bentivoglio	Casse di laminazione

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.

8.1.4. Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto

In Tab. 22 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto arginato del Canale Navile oggetto di linee di assetto. Nello specifico, considerando chiusa la chiavica sul Navile a valle dell'incile del Diversivo, sono stati riportati i franchi degli attraversamenti ubicati nel tratto esteso dalle casse di laminazione previste nelle linee di assetto (appena a monte del CER) fino al Diversivo. Sono stati inoltre riportati anche i franchi idraulici degli attraversamenti presenti sul Canale Diversivo.

Per tutti i ponti il franco idraulico è stato calcolato sulla base dell'evento di piena duecentennale di riferimento, considerando la quota massima e la quota di riferimento dell'intradosso. Quest'ultima corrisponde alla quota minima di intradosso per i ponti con impalcato piano (intesi come quelli il cui intradosso non mostra variazioni di quota superiori a 0,5 m) e alla quota minima calcolata sui 2/3 della luce per i ponti ad arco o con elevata variabilità della quota di intradosso.

In generale non si riscontrano particolari criticità per i ponti nel tratto di studio in cui sono previsti gli interventi. Si osservano franchi idraulici ridotti (compresi tra 0,5 e 1,0 m) per il ponte Paleotto (NAIN0027) e per il ponte di via Saletto sul Canale Diversivo.

Tab. 22 Navile dalla cassa di Bentivoglio alla chiavica di regolazione e Canale Diversivo: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto

ID	Ponte, Località	Comune	Q200 PRJ	H200 PRJ	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m ³ /s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
NAIN0027	ponte Paleotto	Bentivoglio	13	16.39	intradosso piano	17.4	17.26	1.01	0.87	
NAIN0028	passerella Canale Emiliano Romagnolo	Bentivoglio	12	16.17	intradosso piano	17.67	17.32	1.50	1.15	
DIVERSIVO 1	Chiavica regolazione diversivo Navile – Savena Abbandonato	Bentivoglio	11	15.72	ad arco	17	16.85	1.28	1.13	
DIVERSIVO 2	Ponte Autostrada A13 BO-PD	Bentivoglio	11	15.61	intradosso piano	18.4	18.28	2.79	2.67	
DIVERSIVO 3	Ponte via Saletto	Bentivoglio	10	15.47	ad arco	16.47	16.3	1.00	0.83	
DIVERSIVO 4	Ponte SS 64	Bentivoglio	9	15.37	ad arco	17.21	17.13	1.84	1.76	

8.2 Savena Abbandonato

8.2.1. Assetto del Canale Savena Abbandonato

L'asta del Canale Savena Abbandonato, oggetto di delimitazione delle Fasce Fluviali e interessata dalla definizione delle linee di intervento, è compresa tra via Aposazza e la confluenza in Reno (lunghezza del tratto di circa 32 km), interamente in provincia di Bologna.

L'ambito in esame può essere suddiviso nei seguenti tratti:

- tra la via Aposazza e Capo d'Argine (sito della cassa di espansione S3), per circa 8,4 km, il Savena Abbandonato si sviluppa in un alveo morfologicamente ben definito caratterizzato dalla assenza di opere di contenimento dei livelli;
- dalla località Capo d'Argine alla confluenza in Reno il corso d'acqua è arginato a carattere continuo con opere in froldo, per un'estesa di circa 22,0 km.

Nel suo tracciato l'asta del Savena Abbandonato è interferita, in località Cà de' Fabbri, da una tominatura estesa per circa 60 m, sulla quale è stato realizzato un parcheggio.

A valle di Cà de' Fabbri l'alveo assume una larghezza pari fino a circa 40 m in sommità; dopo 1,5 km si ha l'immissione del Canale Diversivo, che recapita le portate di piena deviate dal Canale Navile.

La portata limite attuale del tratto analizzato del Savena Abbandonato è riportata in Tab. 23.

Tab. 24 Portata compatibile attuale Canale Savena Abbandonato

ID	Tratto	Q limite attuale (m^3/s) da analisi in moto permanente
1	Da S.S.253bis a loc. Capo d'Argine	<50
2	Da loc. Capo d'Argine a loc. Cà De Fabbri	70
3	Da Cà De Fabbri a Diversivo	90
4	Da Diversivo a Altedo	55
5	Da Altedo a confluenza Reno	55

Al fine di ridurre le aree di pericolosità idraulica individuate nelle simulazioni di stato attuale si sono previsti lungo l'asta del Savena Abbandonato sia interventi di difesa attiva che passiva; le linee di assetto sono state individuate facendo riferimento al profilo idraulico di piena con tempo di ritorno 200 anni.

Le esondazioni del Savena Abbandonato hanno inizio già nel primo tratto di corso d'acqua indagato, per propagarsi poi verso Nord andando a interessare ampie porzioni di territorio. Poiché la capacità di deflusso risulta inferiore alle portate idrologiche per l'intero tratto fino a Capo d'Argine, risulta necessario disporre di un'opera di laminazione già nella porzione di monte, tale da consentire un'adeguata riduzione del colmo che - integrata con ulteriori interventi a valle - possa consentire il transito senza esondazioni della portata nel tratto indagato. È stata pertanto prevista una nuova cassa di laminazione in località S. Anna.

Inoltre, nel tratto a monte di Capo d'Argine si è previsto l'adeguamento in quota delle opere arginali esistenti unitamente alla nuova realizzazione di contenimenti dei livelli a difesa degli abitati di Cadriano, Corticella e Castel Maggiore.

Sono inoltre previste due casse di laminazione, in destra e in sinistra, in località Sabbiuno.

In maggior dettaglio si descrivono di seguito gli interventi di difesa previsti per l'asta del Savena Abbandonato.

1. Realizzazione di cassa di laminazione in destra idraulica in località Sant'Anna; la cassa copre una superficie di circa 22,4 ha; la sua capacità utile è pari a circa 450.000 m³.
2. Adeguamento in quota del sistema arginale esistente in destra a difesa dell'abitato di Cadriano;
3. Adeguamento in quota del sistema arginale esistente in destra da valle di Cadriano fino a monte della cassa di laminazione posta in località Sabbiuno, per poi proseguire a carattere continuo come nuova realizzazione in arretramento rispetto all'esistente, a costituire l'argine perimetrale della cassa stessa.
4. Adeguamento in quota del sistema arginale sinistro a difesa degli abitati di Corticella e Castelmaggiore, esteso a valle fino alla cassa in località Sabbiuno, in corrispondenza della quale viene rilocizzato per costituire elemento di contenimento della cassa stessa.
5. Realizzazione di cassa di laminazione in sinistra in località Sabbiuno, che copre una superficie di circa 10,5 ha; la capacità utile della cassa è pari a circa 315.000 m³.
6. Realizzazione di cassa di espansione in destra, posta di fronte alla precedente, che copre una superficie di circa 10,5 ha. La capacità utile della cassa è pari a circa 210.000 m³.

Tab. 25 Portata limite attuale e di progetto del Savena Abbandonato

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s)	Q limite di progetto (m ³ /s)
1	Da S.S.253 bis a loc. Capo d'Argine	<50	45
2	Da loc. Capo d'Argine a loc. Cà De Fabbri	70	70
3	Da Cà De Fabbri a Diversivo	90	90
4	Da Diversivo a Altedo	55	55
5	Da Altedo a confluenza Reno	55	55

Il sistema di casse di laminazione previsto dalle linee di assetto dovrà ridurre in modo significativo il valore al colmo della portata TR200 del Savena Abbandonato nel tratto compreso tra via Aposazza e la S.P.3, permettendo quindi di minimizzare le necessità di adeguamento in quota degli argini a difesa degli abitati di Cadriano, Corticella e Castel Maggiore.

A valle delle casse di laminazione previste in località Sabbiuno, si registrano ancora allagamenti residui che però non interessano gli abitati presenti in sinistra (Lovoletto) e in destra (Granarolo nell'Emilia e frazioni sparse); pertanto non si sono previsti ulteriori interventi di realizzazione di opere di contenimento dei livelli visto il coinvolgimento sostanzialmente solo di aree agricole.

Il tratto di valle (da Capo d'Argine alla confluenza in Reno) non è caratterizzato da esondazioni, nonostante l'immissione delle portate del Navile tramite il Diversivo.

8.2.2. 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 ottenuto nello scenario idrologico che contempla gli effetti del cambiamento climatico.

In Tab. 26 si riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del Canale Navile e quelle relative all'evento TR200 che tiene conto degli effetti dei cambiamenti climatici.

Tab. 27 Portate di piena per il Savena Abbandonato

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T200 CC (m ³ /s)
Reno	Savena Abbandonato	0	Loc. La Dozza	33,2	30	45	85	65
Reno	Savena Abbandonato	11	Loc. Capo d'Argine	111,2	70	105	150	145

Si osservi che l'incremento idrologico del colmo in Loc. La Dozza è dell'ordine del 30%.

In termini di volumi, sempre all'inizio del tratto, l'evento TR200, durata di pioggia 9 ore, palesa, nello scenario che contempla gli effetti del cambiamento climatico, un incremento del 30% circa.

Nel tratto che va dall'inizio del tratto in studio all'inizio del tratto arginato (Capo D'Argine) l'incremento dei livelli idrici in alveo dati dall'effetto dei cambiamenti climatici per TR200 è dell'ordine di 0,3-0,5 m.

Nel tratto arginato che va dal Capo D'Argine alla confluenza in Reno (tratto arginato) l'incremento dei livelli idrici in alveo dati dall'effetto dei cambiamenti climatici per TR200 è dell'ordine di 0,1-0,3 m.

8.2.3. *Quadro degli interventi*

In Tab. 21 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento previste nei tratti di Fascia B di progetto individuati lungo il Canale Savena Abbandonato.

Tab. 28 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto

N.	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Bologna	0 - 1	DX	Loc. Sant'Anna	Cassa di laminazione
2	Castel Maggiore/Granarolo dell'Emilia	2 - 6	SX e DX	Abitato di Cadriano	Contenimento livelli idrici
3	Castel Maggiore/Granarolo dell'Emilia	4 - 6	SX e DX	Loc. Sabbiuno	Casse di laminazione

8.2.4. *Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto*

In Tab. 29 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto non arginato del Canale Savena Abbandonato oggetto di intervento. In Tab. 30 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto arginato classificato del Canale Savena Abbandonato.

Per tutti i ponti il franco idraulico è stato calcolato sulla base dell'evento di piena duecentennale di riferimento, considerando la quota massima e la quota di riferimento dell'intradosso. Quest'ultima corrisponde alla quota minima di intradosso per i ponti con impalcato piano (intesi come quelli il cui intradosso non mostra variazioni di quota superiori a 0,5 m) e alla quota minima calcolata sui 2/3 della luce per i ponti ad arco o con elevata variabilità della quota di intradosso.

Gli interventi previsti nelle linee di assetto inducono un sensibile miglioramento del franco idraulico grazie alla laminazione della piena di riferimento nelle casse.

Tab. 29 Savena Abbandonato da via Aposazza a Capo D'Argine (S.Marino, BO): attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto

ID	Ponte, Località	Comune	H200 PRJ (m s.m.)	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
					(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0001	ponte via Ferrarese	Bologna	31.93	intradosso piano	32.89	32.64	0.96	0.71	
SSIN0003	ponte Cadriano (ponte via Giacomo Matteotti)	Castel Maggiore	31.05	intradosso piano	31.77	31.77	0.72	0.72	
SSIN0006	ponte via Roma	Castel Maggiore	28.81	ad arco	28.33	28.08	-0.48	-0.73	Estradosso a 29.03
SSIN0007	ponte via Marconi	Granarolo dell'Emilia	11.96	intradosso piano	24.53	24.15	12.57	12.19	
SSIN0008	ponte via Chiesa	Granarolo dell'Emilia	11.96	intradosso piano	23.52	23.51	11.56	11.55	
SSIN0009	ponte via Scuole	Granarolo dell'Emilia	24.41	intradosso piano	23.08	23.06	-1.33	-1.35	Estradosso a 24.01

Tab. 30 Savena Abbandonato da Capo D'Argine (S.Marino, BO) alla confluenza in Reno: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto

ID	Ponte, Località	Comune	Q200 PRJ	H200 PRJ	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m³/s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0010	ponte Capo d'Argine (via Savenella)	Granarolo dell'Emilia	12	20.55	ad arco	21.51	20.96	0.96	0.41	
SSIN0011	ponte Ca' dei Fabbri	Minerbio	14	18.08	intradosso piano	18.12	17.89	0.04	-0.19	Estradosso a 19.08
SSIN0012	ponte via Ronchi Inferiore	Minerbio	14	17.40	intradosso piano	18.46	18.46	1.06	1.06	
SSIN0013	ponte Strada Asinari	Malalbergo	22	15.09	intradosso piano	16.69	16.67	1.60	1.58	

ID	Ponte, Località	Comune	Q200 PRJ	H200 PRJ	Tipologia ponte	H massimo	H riferimento	FR massimo	H riferimento	Note
			(m³/s)	(m s.m.)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)	
SSIN0014	ponte via Carlo Tosatti	Malalbergo	22	14.67	intradosso piano	16.24	15.96	1.57	1.29	
SSIN0015	ponte Altedo	Malalbergo	22	14.34	intradosso piano	15.32	15.26	0.98	0.92	
SSIN0016	ponte di Malalbergo	Malalbergo	22	14.07	intradosso piano	15.83	15.83	1.76	1.76	
SSIN0017	ponte Strada di Urbeseto	Malalbergo	22	13.84	intradosso piano	15.55	15.13	1.71	1.29	
SSIN0018	ponte Canova	Malalbergo	22	13.27	intradosso piano	15.45	15.43	2.18	2.16	
SSIN0019	ponte valle ponte Canova	Malalbergo	21	13.08	intradosso piano	16	15.66	2.92	2.58	
SSIN0021	ponte via Boschi valle Chiesa Beata Vergine della Mercede_2	Malalbergo	21	12.66	intradosso piano	15.9	15.87	3.24	3.21	
SSIN0022	ponte Boschi	Baricella	21	12.13	intradosso piano	15.8	15.8	3.67	3.67	
SSIN0023	ponte Boschi via Gramsci	Baricella	21	11.96	intradosso piano	14.96	14.52	3.00	2.56	
SSIN0026	ponte via Marchette	Baricella	21	11.55	intradosso piano	15.3	15.14	3.75	3.59	
SSIN0025	ponte via Penne	Baricella	21	11.24	intradosso piano	15.64	15.14	4.40	3.90	

9 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 31 e in Tab. 32 sono riportate le portate di piena al colmo di riferimento nelle sezioni di chiusura a monte del tratto arginato classificato rispettivamente per il Canale Navile e il Savena Abbandonato. 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, 12, 18 e 24 ore).

Tab. 31 Canale Navile stato attuale– Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)
Reno	Navile	0	Loc. Stazione FS	18,8	50	70	90	-	-	-
Reno	Navile	4,3	Arcoveggio	27	60	80	105	43	60	72
Reno	Navile	15,4	Loc. Bologna Interporto	45,7	65	105	130	45	50	50

Tab. 32 Canale Savena Abbandonato stato attuale– Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)
Reno	Savena Abbandonato	0	Loc. La Dozza	33,2	30	45	85	-	-	-
Reno	Savena Abbandonato	11	Loc. Capo d'Argine	111,2	70	105	150	12	13	15

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori al colmo dell'onda di piena idraulica per il tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 9 ore, nell'ipotesi di realizzazione delle linee di intervento proposte nel Capitolo 8, in alcune sezioni del corso d'acqua a monte del tratto arginato rispettivamente per il Canale Navile e il Canale Savena Abbandonato.

Tab. 33 Canale Navile stato di progetto– Portate di riferimento

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Reno	Navile	0	Loc. Stazione FS	18,8	50
Reno	Navile	4,3	Arcoveggio	27	60
Reno	Navile	15,4	Loc. Bologna Interporto	45,7	20

Tab. 34 Canale Savena Abbandonato stato di progetto– Portate di riferimento

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Reno	Savena Abbandonato	0	Loc. La Dozza	33,2	45
Reno	Savena Abbandonato	11	Loc. Capo d'Argine	111,2	13

Per il tratto arginato classificato del Canale Navile, nella tabella seguente sono infine riportate la portata limite nello stato attuale e nello stato definito dalle linee di assetto.

Tab. 35 Portata limite attuale e di progetto del tratto di Navile a monte del diversivo

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s)	Q limite di progetto (m ³ /s)
1	Da inizio tratto arginato a Diversivo	25	20

Per il tratto arginato classificato del Canale Savena Abbandonato, nella tabella seguente sono infine riportate la portata limite nello stato attuale e nello stato definito dalle linee di assetto.

Tab. 36 Portata limite attuale e di progetto del Savena Abbandonato

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s)	Q limite di progetto (m ³ /s)
1	Da S.S.253 bis a loc. Capo d'Argine (valle casse S1-S2-S3)	<50	45
2	Da loc. Capo d'Argine a loc. Cà De Fabbri	70	70
3	Da Cà De Fabbri a Diversivo	90	90
4	Da Diversivo a Altedo	55	55
5	Da Altedo a confluenza Reno	55	55