

# RISCHIO ALLUVIONE, LO STUDIO DEL TORRENTE RAVONE

IL BACINO DEL TORRENTE RAVONE, CHE DALLA VICINA COLLINA ATTRAVERSA L'AREA URBANA DI BOLOGNA, È STATO OGGETTO DI STUDIO PER DEFINIRE UN SISTEMA DI ALLARME SEMPLICE E SPEDITIVO RISPETTO AL RISCHIO DI POTENZIALE SUPERAMENTO DELLE SOGLIE IDROMETRICHE NEL TRATTO TOMBATO CHE SCORRE SOTTO LA CITTÀ.

**E**ra il 2011, per la precisione il 4 novembre, quando rimanemmo scioccati dalla tremenda alluvione che aveva colpito la città di Genova. Le piogge eccezionali associate al ciclone mediterraneo Rolf, scaricarono in due giorni oltre 500 mm sulle montagne intorno a Genova. Nel pomeriggio del 4, a seguito della persistenza di un temporale molto forte, arrivò il violento picco di piena del torrente Fereggiano, impossibile da contenere nel suo letto per gran parte urbanizzato e coperto da abitazioni e strade. Il quartiere di Marassi fu completamente allagato, 6 persone persero la vita.

Non rimase un evento isolato: in quegli anni cominciava a essere evidente un aumento di frequenza di casi di precipitazione estrema che andavano colpendo a macchia di leopardo il territorio italiano. Con i colleghi di Arpa ci chiedemmo quindi se anche Bologna, situata alla base delle colline, non stesse diventando più esposta a questo tipo di eventi critici.

Da qui nasce l'interesse e lo studio del torrente Ravone che, dopo varie valutazioni, è stato eletto a bacino campione fra quelli che dalla vicina collina attraversano la città. Il torrente Ravone, il cui bacino imbrifero è mostrato in *figura 1*, nasce alle pendici di monte Paderno (350nm slm). Il tratto iniziale si sviluppa in un territorio collinare non antropizzato per 5,7 km per poi entrare in città e scorrere tombato fino a via del Chiù e successivamente gettarsi nel fiume Reno.

Il Ravone risulta essere il bacino più esteso (7 km<sup>2</sup>) tra quelli che attraversano l'area urbana, insieme all'Aposa, ma l'unico a non essere incluso nella storica rete dei canali bolognesi proprio per la sua pericolosità e capacità di trasporto di materiale solido noto già in passato. All'inizio della ricerca fu subito chiara la mancanza di dati quantitativi sia sulla quantità di pioggia che cade sulla collina, sia sui livelli idrometrici di questi piccoli corsi d'acqua.

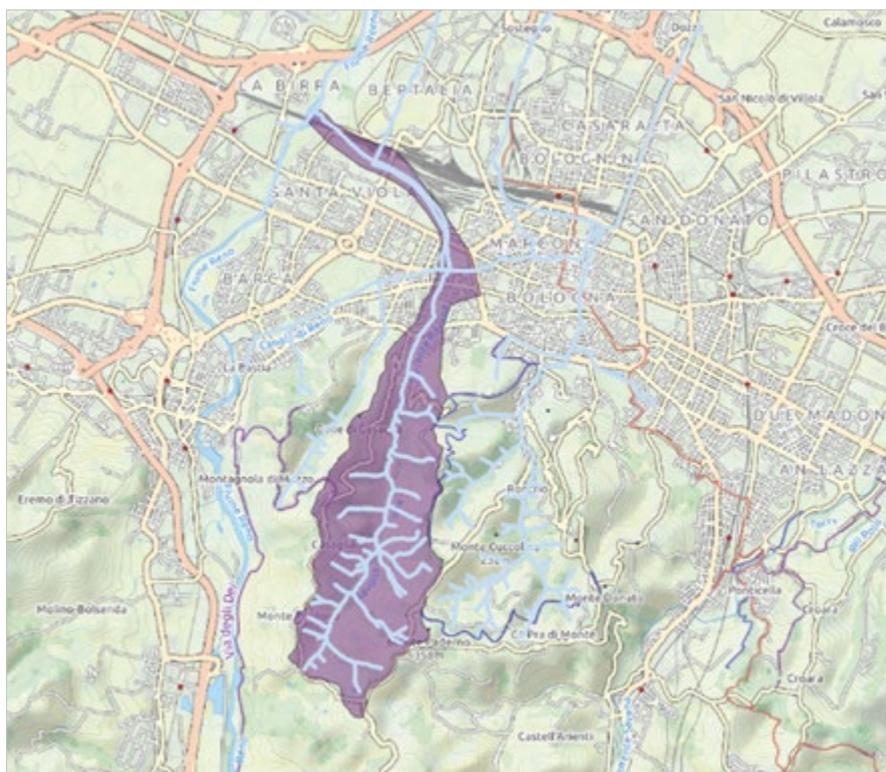


FIG. 1 CORSI D'ACQUA DI BOLOGNA

Carta dei corsi d'acqua che attraversano Bologna. Il bacino del Ravone, con i suoi affluenti, è evidenziato con la colorazione viola.

## Il gruppo di studio

La prima azione del gruppo di studio interno ad Arpa-Simc fu quindi quella di installare la strumentazione per acquisire dati osservati utili per modellare quantitativamente il comportamento del torrente. Nel febbraio del 2014 fu installato il pluviometro nei pressi della collina di Paderno e successivamente, nel marzo dello stesso anno, un idrometro all'imbocco della tombatura in via di Ravone. Allo stesso tempo venne svolta un'indagine bibliografica sulle alluvioni storiche accadute in città [1]. Grazie a questa si scoprì che nel (piovosissimo) luglio del 1932 ci fu una grave alluvione in città, causata dall'esonazione del Ravone e del Meloncello. Nello stesso documento furono analizzati, per la

prima volta su questo bacino, anche scenari teorici d'impatto di precipitazioni estreme, tramite simulazioni con un modello idrologico bidimensionale, per simulare i flussi superficiali su una mappa digitale del terreno ad alta risoluzione (fornita dal Comune) e delimitare eventuali zone allagabili.

Nel giugno del 2015 fu organizzata da Protezione civile, Comune di Bologna e Arpa, una giornata dedicata al rischio idraulico dei torrenti cittadini restituendo alla popolazione quanto rilevato durante le indagini preliminari.

L'insieme di queste analisi permise di avviare un'interlocuzione con il Comune di Bologna e i Servizi territoriali, per azioni di mitigazione del rischio che si sono concretizzate successivamente in pulizie periodiche e manutenzione

straordinaria del corso d'acqua da parte del Consorzio della bonifica renana.

## Il modello predittivo

L'attività è continuata all'interno del progetto Life *RainBo* (concluso nel 2019), a cui ha partecipato anche il Comune di Bologna, il cui scopo era quello di arrivare alla definizione di un sistema di allarme semplice e speditivo rispetto al rischio di potenziale superamento delle soglie idrometriche alla tombatura. Questa attività ha richiesto alcuni anni, se non altro per accumulare un congruo numero di piene del torrente successive all'installazione degli strumenti. Acquisito un numero sufficiente di casi, ulteriormente integrati con simulazioni modellistiche di scenario per ottenere superamenti anche della soglia di allarme, mai avvenuta prima del 2023, abbiamo costruito un dataset che ci ha permesso di individuare una relazione statistica tra i valori di precipitazione osservati (espressi come pioggia cumulata nell'evento e intensità massima di precipitazione) e i livelli idrometrici massimi del torrente al suo ingresso nella tombatura.

Un elemento chiave per la modellistica è la definizione della quantità massima di precipitazione che il suolo può trattenere per infiltrazione, variabile direttamente correlata al valore del contenuto idrico nei primi strati di suolo del bacino. Questa variabile viene stimata ogni giorno, nelle prime ore del mattino, attraverso il modello agro-idrologico *Criteria1D* sviluppato da Arpa e alimentato con i dati meteo osservati della griglia di analisi regionale *Erg5*. Questo schema modellistico è stato anche presentato al convegno di idraulica *Ibra 2021* [2].

Verificata la capacità dello schema predittivo su questa tipologia di dati, il modello è stato ampliato alla possibilità

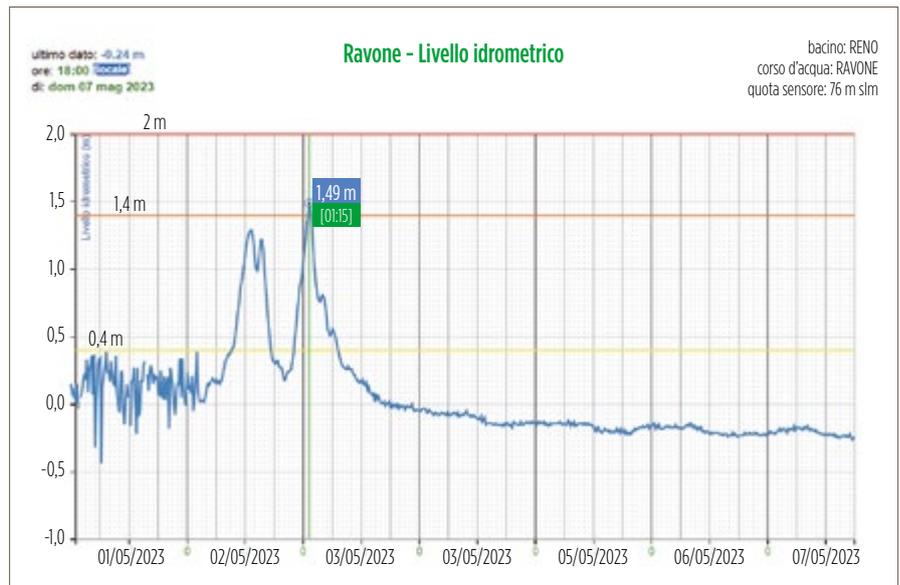


FIG. 2 IDROGRAMMA DI PIENA 2-3 MAGGIO 2023

La curva blu mostra il livello dell'acqua del Ravone misurato all'ingresso della tombatura. Le linee orizzontali colorate mostrano i relativi livelli di attenzione (giallo), preallarme (arancione) e allarme (rosso). Al superamento del livello di preallarme alla tombatura, in città si possono già riscontrare criticità nelle aree limitrofe alle zone in cui la tombatura ha una sezione più ridotta (via Montenero, via Saffi, via del Chìu). Sono evidenti i due picchi di piena; il primo al mattino del 2 maggio e il secondo le prime ore del 3 maggio. Il rumore della misura nella giornata del primo maggio (curva molto oscillante) è tipico di condizioni di alveo completamente asciutto con la misura influenzata dalla vegetazione.

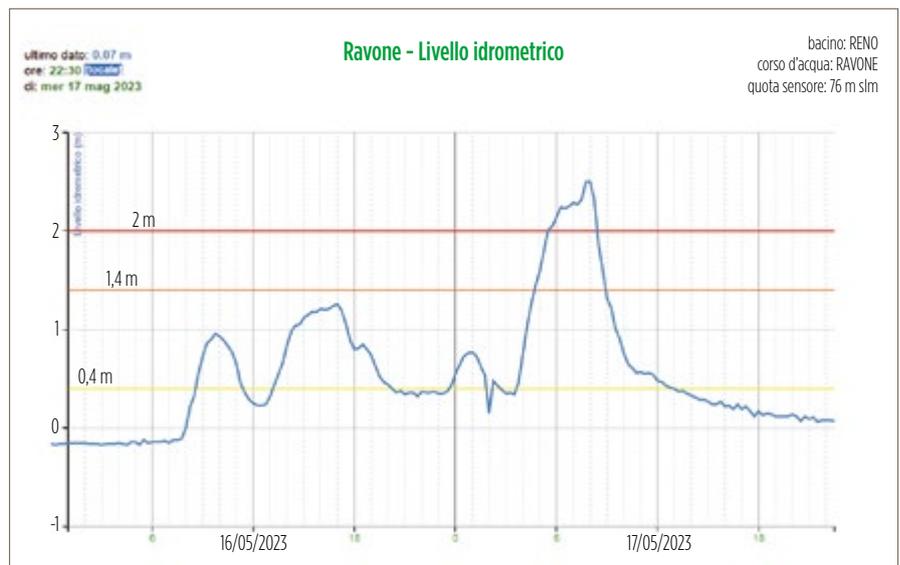


FIG. 3 IDROGRAMMA DI PIENA 16-17 MAGGIO 2023

Si evidenziano 4 picchi di piena, l'ultimo il maggiore mai osservato nella serie storica dell'idrometro che copre gli ultimi 10 anni. Interessante notare che le repentine discese dell'idrometro sono da imputare a temporanei sbarramenti del torrente dovute alle numerose frane che hanno interessato il corso d'acqua durante l'evento del 16-17 maggio.

	1 giorno		2 giorni		3 giorni		5 giorni		10 giorni		20 giorni	
1°	27/09/1928	150,0	02/05/2023	185,0	03/05/2023	191,0	05/05/2023	191,0	31/10/1928	237,4	20/05/2023	404,0
2°	02/05/2023	137,0	26/09/1928	178,0	25/09/1928	178,0	23/09/1928	191,0	26/09/1928	218,0	21/03/1928	305,3
3°	26/10/1940	118,0	13/04/1958	157,8	06/12/1927	170,4	04/12/1927	185,4	22/09/1973	216,8	19/11/1927	298,4
4°	15/02/1929	115,0	20/01/1927	135,1	13/04/1958	167,8	12/04/1958	178,4	29/11/1927	215,4	16/09/1928	286,0
5°	31/10/1948	115,0	25/09/1973	131,2	07/10/1996	155,8	22/09/1973	176,0	20/05/2023	210,0	21/10/1928	282,4

TAB. 1 PRECIPITAZIONI

Tabella di confronto delle precipitazioni registrate a Paderno nel maggio 2023 su diversi intervalli di cumulazione (colorazione blu) confrontate con i primi cinque casi critici di precipitazione osservate sulla lunga serie storica di Bologna San Luca, attiva dal 1922.

di prendere in input dati in continuo di precipitazione (anche sub-orari), stimando in output il successivo livello previsto alla tombatura. In collaborazione con l'azienda Cae, è stato realizzato un prototipo di *early warning system* che, dal 2022, gira direttamente sul pluviometro di monte del bacino al fine di minimizzare i tempi morti dovuti alla trasmissione dei dati. Il software sviluppato in Python è in grado di stimare – in base a quanto è piovuto negli ultimi cinque minuti, alle precipitazioni osservate nelle ore precedenti e al dato stimato di acqua che il suolo può trattenere (letto via Ftp dal server Arpa) – il livello idrometrico alla tombatura circa mezz'ora o tre quarti d'ora in avanti, anticipando, a seconda del tipo di evento, anche di un'ora l'arrivo della piena nell'area urbana.

## L'alluvione del Ravone di maggio 2023

I due eventi di precipitazione estrema del maggio 2023 sono stati un duro banco di prova per gli studi precedenti, dal momento che le precipitazioni cadute si sono avvicinate agli scenari più pessimistici tra quelli teorici individuati. Come riportato in *tabella 1*, sono stati infatti battuti i precedenti valori di pioggia cumulata in collina e il torrente ha registrato il livello massimo da quando è stato installato il sensore, raggiungendo i 2,54 metri nella prima mattina del 17 maggio.

La tombatura, il cui colmo è alto 2,20 metri, si è occlusa e l'acqua del torrente è salita rapidamente sul piazzale, allagando il piano terreno della casa adiacente. Se avesse raggiunto i 3 metri, oltre ai noti allagamenti in via Saffi, ci sarebbe stato un forte rischio per gli abitati a valle della tombatura, come descritto nel report del 2013 e in due più recenti tesi di laurea che indagano gli aspetti legati al rischio idraulico del Ravone [3, 4].

Ripercorrendo brevemente in ordine cronologico gli eventi, la pioggia è iniziata a cadere nel tardo pomeriggio-sera del primo maggio, interrompendo un lunghissimo periodo di siccità iniziato nel 2022. I primi 60 mm di precipitazione, un valore molto consistente per queste zone, sono stati assorbiti dal terreno e il corso d'acqua ha cominciato a innalzarsi solo nel mattino del 2 maggio, mentre ancora la pioggia continuava a scrosciare con intensità moderata/forte in collina. Un primo picco di piena è transitato in città in tarda mattinata raggiungendo



FOTO: ACCOUNT X (TWITTER) @SALUTIS7

1

valori prossimi alla soglia di preallarme alla tombatura (*figura 2*). In occasione di questo primo picco, significativo ma inferiore a quello registrato nel marzo 2015, l'acqua è cominciata a fuoriuscire in via Saffi da un tombino posizionato in un cortile privato, probabilmente per problemi di rigurgito. Un secondo forte impulso di pioggia nella notte, cadendo su suolo ormai saturo di acqua, ha generato un nuovo picco di piena più alto del precedente (1,49 m alla tombatura) nelle prime ore del 3 maggio. Questa nuova piena ha causato l'esplosione del solaio del negozio posto in via Saffi 22, soprastante la tombatura del torrente. La rottura del solaio ha causato una copiosa fuoriuscita di acqua che ha interessato la sede stradale come visibile in *foto 1*. La previsione del sistema sperimentale di *early warning* in questi primi eventi del 2-3 maggio ha prodotto valori nettamente sovrastimati, a causa di

una sottostima del modello nella capacità d'infiltrazione del suolo in queste condizioni, al termine di una prolungata siccità. Stiamo lavorando sulla discrepanza fra previsto e osservato per simulare più correttamente eventi come questi, in cui il suolo è fortemente secco a ogni profondità.

Con il suolo saturato dalle piogge dell'1-2 maggio il bacino è divenuto facilmente suscettibile ad altre piene: il contenuto idrico del primo metro di suolo è un fattore chiave per determinare la diversa risposta idrologica rispetto a una determinata quantità di pioggia. La riprova di questo si è avuta venerdì 12 maggio, quando un normale temporale che ha scaricato 20 mm in 40 minuti,

1 Allagamento in via Saffi a Bologna durante le prime ore del mattino del 3 maggio 2023.

un evento che in estate, con suolo secco, non avrebbe provocato particolare effetto, ha determinato una piena improvvisa del torrente facendo registrare un picco superiore a quello del 2 maggio. Di nuovo allagamenti in via Saffi, ma questa volta anticipati da una providenziale chiusura della strada sulla base della previsione del sistema sperimentale, che ha previsto il picco in città con circa un'ora di anticipo.

Infine il nuovo peggioramento previsto per il 16 maggio non lasciava presagire nulla di buono. A tal proposito, per anticipare possibili gravi ripercussioni sulla città, è stato costituito un gruppo di lavoro misto tra Comune di Bologna e Arpae per fornire assistenza capillare nel gestire eventuali chiusure. Come si temeva, nella notte fra il 16 e il 17 si è verificato il peggio, con piogge molto intense su suolo ormai saturo, che hanno determinato una miriade di frane in collina ostruendo parzialmente i corsi d'acqua. Il Ravone ha raggiunto il massimo storico, con abbondantissima e violenta esondazione non solo in via Saffi, ma anche in via Montenero (a monte di via Saffi) e in via del Chiù nei pressi dell'ospedale Maggiore, il cui parcheggio è stato parzialmente allagato. Inoltre, come riportato all'inizio, si è rischiato l'allagamento della parte alta del quartiere Saragozza, qualora si fossero raggiunti i 3 metri di livello idrometrico.

Negli eventi del 16 e 17 maggio il modello ha previsto abbastanza correttamente i livelli idrometrici, ma senza un particolare guadagno temporale rispetto al dato dell'idrometro posizionato alla tombatura. In situazioni estreme,

come queste, di piena saturazione del suolo e grande ruscellamento superficiale, la velocità di corrivazione è tale da far perdere la capacità di anticipo. Entrano poi in gioco fenomeni quali frane o ostruzioni puntuali che sono totalmente imprevedibili. In questi casi, come è stato fatto, ha più senso utilizzare il modello alimentato con i dati di precipitazione prevista, per stimare che livello di eventi e di rischio ci si può aspettare.

Lo scopo di questa breve disamina è quello di sintetizzare e raccogliere le conoscenze acquisite e metterle a disposizione sia della popolazione sia dell'amministrazione che tramite la costituzione di una *task force* denominata "Presidio torrente Ravone" si prefigge di creare un coordinamento tra livello politico e amministrativo e quello tecnico in merito a interventi migliorativi e contenimento dei rischi idraulici associati al Ravone ed estendibili ad altri piccoli

bacini. È altresì evidente che alla luce dei rapidi cambiamenti climatici in atto, con una estremizzazione dei fenomeni, è quanto mai urgente potenziare il monitoraggio, il sistema di allerta rapidi, e la manutenzione di questi piccoli corsi d'acqua, quasi sempre asciutti ma capaci di significative e pericolose piene in aree urbane densamente popolate.

**Federico Grazzini, Fausto Tomei, Michele Di Lorenzo**

Struttura IdroMeteoClima,  
Arpae Emilia-Romagna

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Grazzini F. et al., 2013, *Nubifragi e rischio idraulico nella collina bolognese: il caso di studio del torrente Ravone*, [https://www.arpae.it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/altri-report/report\\_rischioidraulico\\_ravone.pdf/view](https://www.arpae.it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/altri-report/report_rischioidraulico_ravone.pdf/view)
- [2] Tomei F., Grazzini F., Diomedede T., Villani G., Di Lorenzo M., Calligola F., *Estimation of maximum water level at the closure section of a small urban catchment*, Idra 2021, XXXVII convegno di Idraulica e costruzioni idrauliche, 14-16 giugno 2021.
- [3] Bracaloni Amedeo, 2016, *Analisi del rischio idraulico in ambiente urbano. Il caso del torrente Ravone a Bologna*, tesi di laurea magistrale, corso di laurea magistrale in Geologia e territorio, Università degli studi di Bologna.
- [4] Pedroni Claudio, 2022, *Studio idrologico-idraulico del torrente Ravone (BO)*, tesi di laurea in Modellistica idrologica, Dipartimento di Ingegneria civile (Dicam), Università degli studi di Bologna.

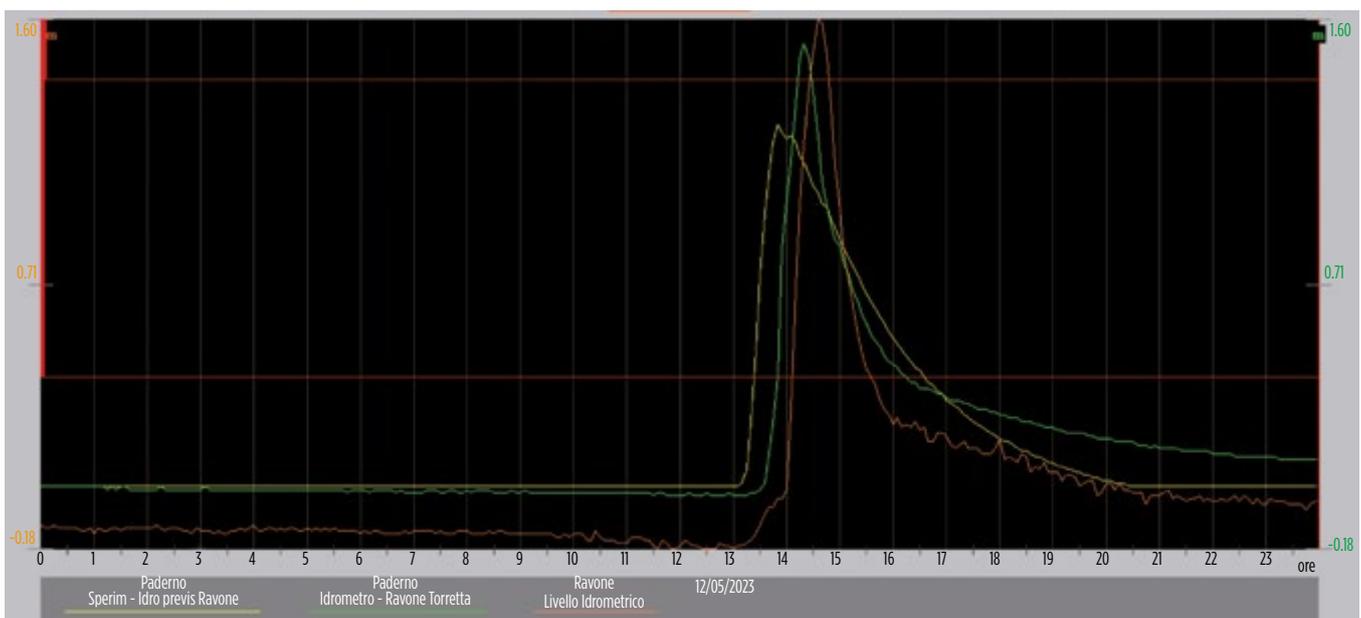


FIG. 4 SISTEMA DI PREVISIONE

Esempio di previsione del sistema sperimentale di *early warning*. Previsione relativa alla piena del 12/05. La linea gialla mostra la previsione che anticipa il picco di piena di circa un'ora rispetto a quanto osservato alla tombatura.