

L'INQUADRAMENTO METEO E IDROLOGICO DEGLI EVENTI

LE ALLUVIONI DI INIZIO E METÀ MAGGIO 2023 SONO STATE CAUSATE DA INTENSI EVENTI METEOROLOGICI E I DANNI FAVORITI DALLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI SUOLI. SI EVIDENZIA INOLTRE L'ECCEZIONALITÀ DELL'INTERO PERIODO DURANTE IL QUALE SONO STATI REGISTRATI I PIÙ ALTI VALORI DI MILLIMETRI DI PIOGGIA CADUTA DAL 1961.

Durante il mese di maggio 2023, al termine di una prolungata siccità, la regione Emilia-Romagna è stata interessata da una successione di eventi di precipitazione eccezionali in termini di volumi di pioggia caduta e vastità del territorio interessato, che hanno generato fenomeni di piena superiori ai massimi storici in tutti i corsi d'acqua del settore centro-orientale della regione, con numerose

esondazioni, rotte, sormonti arginali e conseguenti allagamenti di vaste zone agricole, nonché di insediamenti civili e produttivi nella pianura bolognese, ravennate e forlivese. I danni registrati sul territorio dell'Emilia-Romagna sono stati superiori a quelli degli eventi di piena storici del 1939 e del 1966.

Gli eventi principali sono avvenuti tra l'1 e il 3 maggio e tra il 16 e il 17

maggio. Tra questi due eventi si sono susseguite sugli stessi territori piogge sparse a più riprese, che hanno generato dal punto di vista idrologico un elevato stato di saturazione dei suoli e onde di piena di eccezionale altezza e durata. Gli elevatissimi volumi defluenti, accompagnati da un'intensa attività di erosione e trasporto solido, si sono progressivamente accumulati nei tratti vallivi dei corsi d'acqua, mettendo in crisi il sistema di difesa arginale e il reticolo secondario di bonifica.

I due eventi principali sono stati generati da condizioni meteorologiche a scala sinottica molto simili: il blocco di un minimo depressionario sull'Italia centrale ha causato precipitazioni persistenti per più giorni consecutivi e il contemporaneo effetto di sbarramento esercitato dai rilievi appenninici ne ha amplificato gli effetti sul settore collinare del versante sopravvento.

Evento dell'1-3 maggio 2023

Il 1° maggio, in seguito alla discesa di una saccatura di origine polare sul Mediterraneo centrale, un minimo di pressione isolato nei bassi strati, bloccato dalla presenza di un promontorio anticiclonico sull'Europa orientale, è rimasto quasi stazionario sull'Italia centrale fino alla giornata del 3 maggio, alimentando l'incontro di masse d'aria umide sud-orientali in risalita dal settore adriatico con correnti d'aria più fredde nord-orientali, che ha causato precipitazioni persistenti su tutta la regione (*figura 1a*). L'interazione delle masse d'aria con la catena appenninica ha determinato una maggior concentrazione delle piogge sul settore collinare centro-orientale dove, seppure con intensità orarie modeste, si sono raggiunte cumulate prossime ai 200 mm/48 ore, massimi di cumulata su 3 giorni pari a 274,4 mm a Le Taverne, sui rilievi bolognesi, e di 254,4 mm a

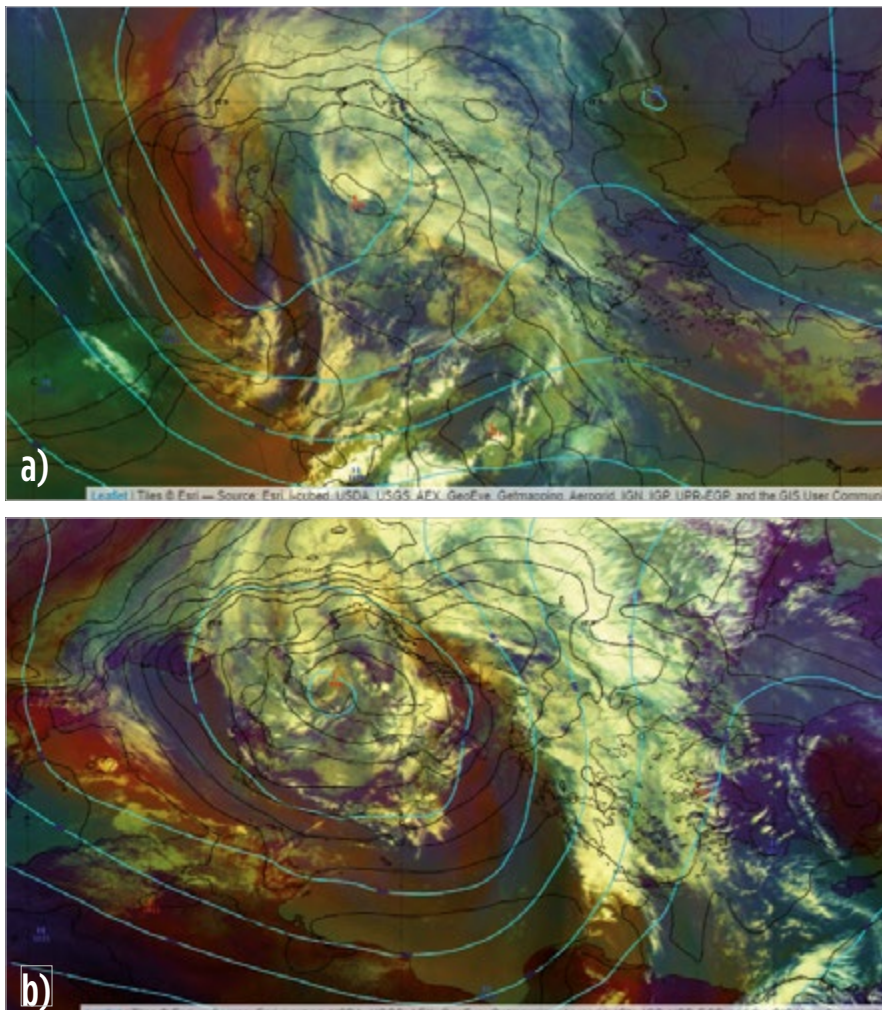


FIG. 1 IMMAGINI DA SATELLITE

Immagine Airmass da satellite (Msg) con sovrapposizione delle isolinee di Mslp (in nero) e Z500 (in azzurro) da modello Ifs-Ecmwf: a) ore 00 Utc del 2 maggio 2023; b) ore 12 Utc del 16 maggio 2023.

Fonte: eumetrain.org

Trebbio, sui rilievi forlivesi. Su oltre la metà dei pluviometri dei bacini di Idice, Sillaro, Santerno, Senio e Lamone sono stati superati i massimi storici di precipitazione cumulata in 2 giorni, con tempi di ritorno stimati superiori ai 100 anni per le piogge di durata 24 ore [1].

Evento del 16-17 maggio 2023

Nell'evento del 16 maggio un minimo di bassa pressione in risalita meridiana dal canale di Sicilia (denominato Minerva dal Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare nell'ambito del programma europeo *Storm naming*), ha raggiunto l'Italia centrale, dove è rimasto stazionario per quasi due giorni bloccato tra un vasto campo anticiclonico a ovest e da un esteso promontorio in espansione sull'Europa orientale (*figura 1b*). Il minimo depressionario, più profondo del caso di inizio maggio, ha attivato intensi venti di bora che, impattando sulle coste dell'Adriatico settentrionale, hanno provocato un'intensa mareggiata, mentre la circolazione ciclonica associata ha convogliato correnti umide di scirocco provenienti dal Mediterraneo sud-orientale lungo il settore adriatico. L'azione del vortice depressionario ha continuato a far affluire masse d'aria cariche di umidità verso la pianura Padana con impulsi ripetuti, determinando la persistenza di precipitazioni sul settore centro-orientale dell'Emilia-Romagna fino al 17 maggio. L'effetto di sbarramento dei rilievi appenninici, come nel precedente caso, ha concentrato e intensificato le precipitazioni sulle zone collinari, interessando una porzione di territorio ancora più vasta dell'evento di inizio maggio, dal modenese fino al riminese. Piogge di intensità moderata, a tratti anche forte, hanno raggiunto cumulate in 48 ore superiori ai massimi storici registrati all'inizio maggio, con massimi di 260,8 mm a Monte Albano (Casola Valsenio, bacino del Senio), 254,8 mm a Trebbio (Modigliana, bacino del Lamone) e 254,6 a San Cassiano (Brisighella, bacino del Lamone), 211,8 mm a Monte Grosso (Rocca San Casciano, bacino del Montone) [2].

Tra questi due eventi maggiori, ulteriori precipitazioni a prevalente carattere stratiforme di debole-moderata intensità hanno interessato il territorio regionale tra il 9 e il 10 maggio, con cumulate diffusamente sopra i 50 mm e punte oltre i 100 mm nel ferrarese [3].

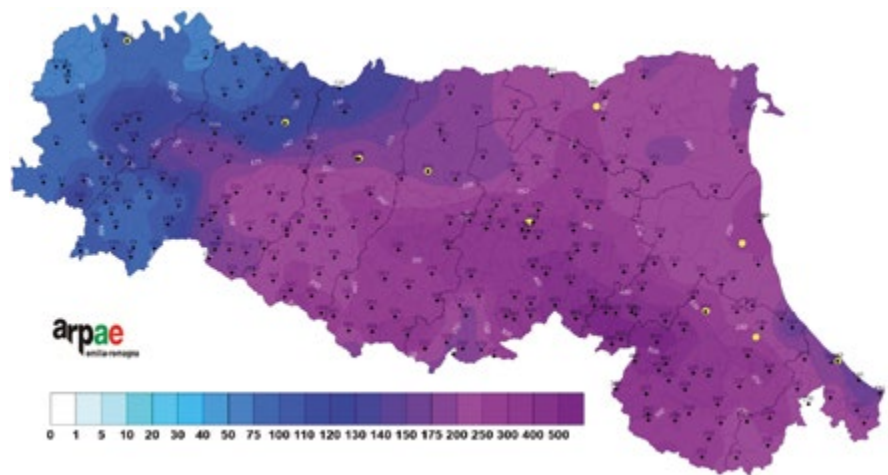


FIG. 2 PRECIPITAZIONI

Precipitazioni cumulate sulla regione nel periodo 1-17 maggio 2023.

Fonte: dataset Erg5

Un ulteriore contributo, più limitato nell'estensione ma significativo nel contesto, è avvenuto tra il 12 e il 14 maggio, quando l'interazione di flussi di correnti sud-occidentali con aria più fredda in quota ha favorito l'innescio di fenomeni temporaleschi, che hanno fatto registrare cumulate di precipitazione tra i 30 e 40 mm/h sulla pedecollina bolognese e ravennate [4]. Alla luce della persistenza delle precipitazioni sopra descritte, per comprendere l'entità dei fenomeni di maggio 2023 è necessario considerare non solo i singoli eventi, ma anche l'eccezionalità delle cumulate di precipitazione registrate nell'intero periodo dall'1 al 17 maggio. Utilizzando il dataset climatico Eraclito [5] è stato possibile stimare che la pioggia caduta ha complessivamente raggiunto un valore di cumulata media regionale di 221,40 mm che, a confronto con la climatologia dell'Emilia-Romagna, risulta essere il massimo valore di cumulata su 17 giorni mai registrato dal 1961. Nelle zone comprese tra i rilievi del bolognese e della Romagna, dove si sono osservate le cumulate maggiori, è stato valutato che l'80% dei pluviometri ha registrato record storici di precipitazione, con valori medi di oltre 300-400 mm cumulati in 17 giorni (*figura 2*) e massimi di 609,8 mm a Trebbio (Modigliana, bacino del Lamone) e 563,4 mm a Le Taverne (Fontanelice, bacino del Santerno). La pioggia caduta in queste zone nell'intero periodo rappresenta circa un terzo del valore climatico annuo e localmente più della metà, mentre in ciascuno dei due eventi principali (1-3 maggio e 16-17 maggio) ha superato nettamente il valore climatico mensile.

Gli effetti sul suolo

Per comprendere invece l'entità degli effetti che gli eventi di maggio hanno generato sul territorio, è importante sottolineare che le zone maggiormente colpite sono caratterizzate da litologie arenacee e arenaceo-marnose fortemente permeabili, nonché da bacini idrografici di limitata estensione areale (<400-500 km²), con tempi di corrivazione inferiori alle 12 ore e tratti vallivi di limitata pendenza, che scorrono pensili sulla pianura all'interno di arginature in terra alte diversi metri. Queste caratteristiche geomorfologiche in presenza di piogge persistenti hanno determinato la rapida formazione di onde di piena nei tratti montani dei corsi d'acqua, accompagnate da intensi fenomeni di erosione, trasporto solido e sovralluvionamento, con piene che nei tratti vallivi si sono mantenute al di sopra del piano di campagna per diversi giorni. Vale la pena ricordare in questa sede che fino al XV-XVII secolo tutti i corsi d'acqua provenienti dall'Appennino spagliavano nella pianura bolognese, ravennate e forlivese in vaste zone paludose (*figura 3*), che nei successivi tre secoli sono state progressivamente prosciugate grazie a imponenti opere di bonifica e inalveamento dei corsi d'acqua, dando vita all'assetto idrografico attuale [6].

L'opera di bonifica ha consentito il notevole sviluppo della pianura Padana, garantito da un sistema idraulico artificiale complesso e per questo strutturalmente fragile, costituito da migliaia di chilometri di arginature e da una fitta rete di canali di bonifica, impianti di sollevamento, scolmatori,

casce di espansione e altre opere idrauliche, realizzate sia per l'irrigazione sia per la difesa del territorio dalle inondazioni. Per queste particolari caratteristiche del territorio, il *Piano di gestione del rischio alluvioni* (Pgra), redatto dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po ai sensi della direttiva Alluvioni 2007/60/CE, ha classificato la pianura Padana orientale come un'area a probabilità di allagamento da media a elevata (figura 4) [7].

Gli effetti sui corsi d'acqua superficiali

Le elevate e persistenti precipitazioni dell'1-3 maggio hanno generato contemporanei fenomeni di piena di superiori ai massimi storici su Samoggia, Idice, Quaderna, Sillaro, Santerno, Senio, Lamone, Montone e su tutti i relativi affluenti pedecollinari. Gli elevati livelli raggiunti hanno causato numerose esondazioni e conseguenti allagamenti già nei tratti non arginati dei corsi d'acqua, nella zona pedecollinare in prossimità della via Emilia: il Savena è uscito a San Lazzaro di Savena, il torrente Zena a Pianoro, l'Idice a Castenaso, il Quaderna a Ozzano Emilia, il Gaiana a Castel San Pietro Terme, il Senio a Castel Bolognese, il Marzeno a Faenza, il Montone a Castrocara. Le piene si sono successivamente propagate lungo i tratti di pianura con colmi prossimi alle sommità arginali, creando numerosi fontanazzi, infiltrazioni e danni alle opere di difesa, sulle quali l'Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile è intervenuta prontamente.

Il 2 maggio, una rotta sull'argine destro del torrente Sillaro ha causato diffusi allagamenti tra Conselice e Massa Lombarda. Il 3 maggio a valle della confluenza tra Quaderna e Gaiana si sono verificate due importanti rotte, una in sinistra, in località Selva Malvezzi di Molinella, e una poco più a valle in destra, in località Sant'Antonio di Medicina, mentre una contemporanea rotta sull'argine sinistro del Lamone, in località Boncellino ha allagato estesi territori nel comune di Bagnacavallo [2]. La figura 5 mostra le aree allagate nella pianura bolognese, ravennate e forlivese, a seguito delle rotte arginali di Quaderna, Sillaro e Lamone, rilevate da satellite la mattina del 5 maggio.

Il 15 maggio, prima del nuovo evento di precipitazione, il territorio bolognese, ravennate e forlivese si trovava ancora

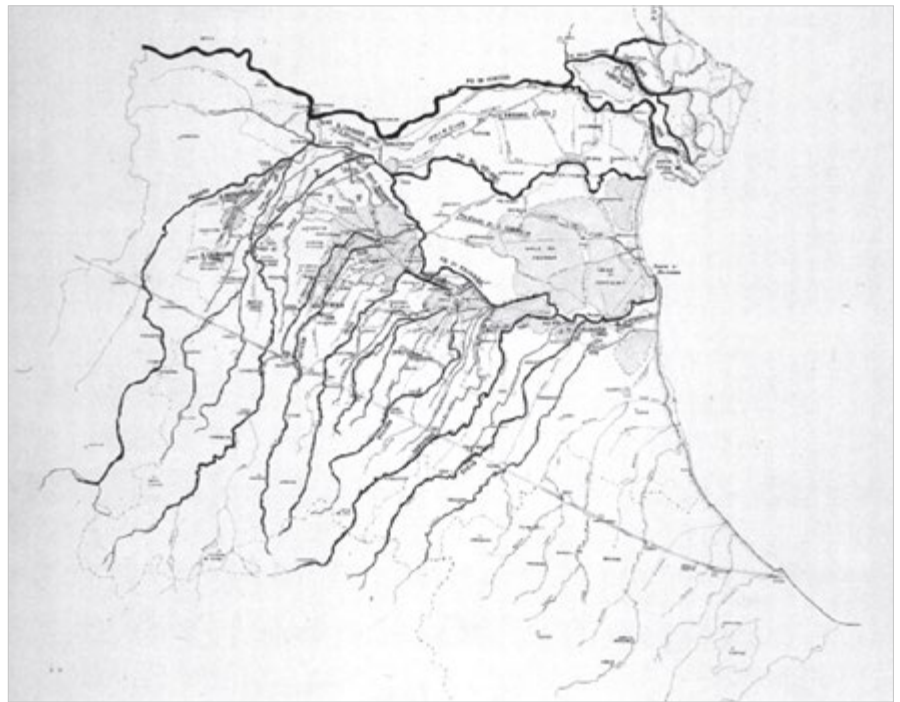


FIG. 3 IDROGRAFIA
Pianura Padana bolognese, ravennate e forlivese tra il XV e il XVII secolo.



FIG. 4 RISCHIO ALLUVIONALE
Probabilità di allagamento della pianura Padana orientale nel Pgra (direttiva Alluvioni 2007/60/CE).

in uno stato di notevole dissesto, con centinaia di fenomeni franosi nella zona collinare e montana, erosioni e depositi negli alvei fluviali, nonché numerosi allagamenti e grave compromissione della tenuta arginale nelle zone di pianura. Le continue precipitazioni dei primi 15 giorni di maggio avevano inoltre generato nuovi innalzamenti dei livelli idrometrici a partire da monte su tutti i corsi d'acqua, che avevano mantenuto livelli elevati nei tratti vallivi sollecitando le arginature a più riprese: come è possibile osservare nell'idrogramma di piena dell'intero mese di maggio sull'Idice a S. Antonio, alla vigilia del nuovo evento il livello idrometrico risultava quasi tre metri più alto di quello dei primi di maggio (figura 7). Anche il reticolo secondario e di bonifica, gravato dalle acque fuoriuscite

dalle rotte e dalle precipitazioni del 9-10 e 12-14 maggio, versava in condizioni di notevole difficoltà nello smaltimento delle acque. In queste difficili condizioni iniziali, si è abbattuto sugli stessi territori il più intenso ed esteso evento del 16-17 maggio, i cui effetti sono stati amplificati dall'elevatissima saturazione iniziale dei suoli, che ha reso tutta la pioggia immediatamente efficace ai fini della piena e ha favorito ingenti ed estesi fenomeni di erosione, trasporto solido, sovralluvionamento da monte a valle, tali da modificare la morfologia stessa dei corsi d'acqua. La precipitazione, caratterizzata da più impulsi, ha generato rapidi innalzamenti dei livelli idrometrici con più colmi di piena ravvicinati nelle sezioni montane, che si sono successivamente sommati nei

tratti vallivi dei corsi d'acqua, generando onde di piena di elevatissimo volume e livelli al colmo superiori ai massimi storici appena registrati il 2-3 maggio, in moltissimi punti superiori ai massimi livelli misurabili dagli strumenti.

Le piene hanno interessato un numero ancora maggiore di corsi d'acqua: sui più estesi bacini di Secchia, Panaro e Reno i livelli nei tratti arginati si sono mantenuti prossimi alle soglie 3 defluendo senza particolari effetti, mentre sui bacini più piccoli di Idice-Savena, Quaderna-Gaiana, Sillaro, Santerno, Senio, Lamone-Marzeno, Montone-Rabbi, Ronco e Savio, nonostante le notevoli perdite di volume dovute alle numerosissime esondazioni nei tratti pedecollinari, le piene nei tratti vallivi hanno tracimato e rotto le arginature in nuovi punti, nonché aggravato le rotte già esistenti ripristinate in somma urgenza, causando estesi allagamenti su tutta la pianura dal bolognese al cesenate [5].

Sul bacino dell'Idice sono state registrate diffuse esondazioni sugli affluenti collinari Savena e Zena, mentre a valle la piena ha travolto il ponte della Motta (sul quale era installato l'idrometro di S. Martino) rompendo l'argine in destra, con conseguenti vasti allagamenti nel comune di Budrio (figura 6). Il torrente Gaiana ha rotto in sinistra, prima della confluenza nel Quaderna, mentre nel tratto arginato del Quaderna a valle si sono riaperte le due rotte dell'evento di inizio maggio, con ulteriori allagamenti a Molinella e Medicina.

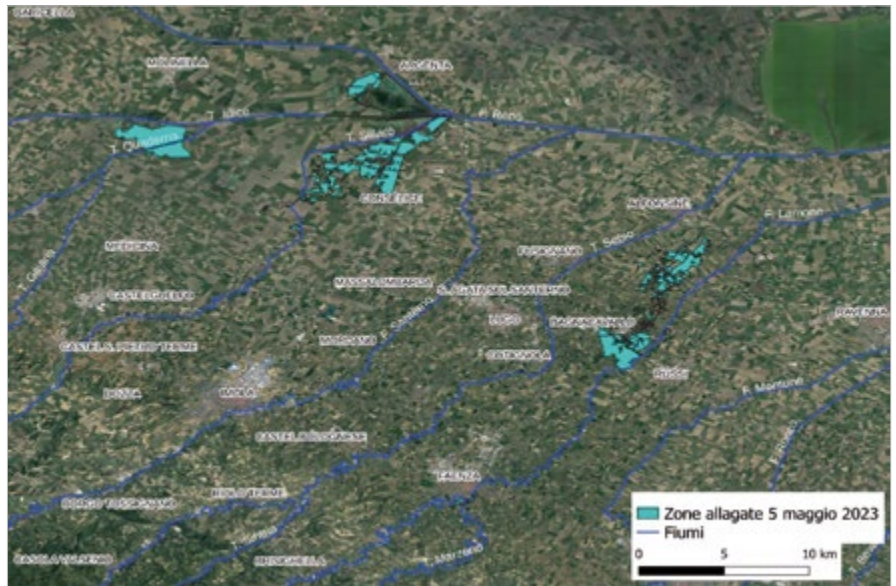


FIG. 5 TERRITORI ALLAGATI
Immagine satellitare dei territori allagati il 5 maggio 2023 alle ore 12:00 locali a seguito delle rotte di Quaderna, Sillaro e Lamone.
Fonte: Programma Ue Copernicus emergency management service.

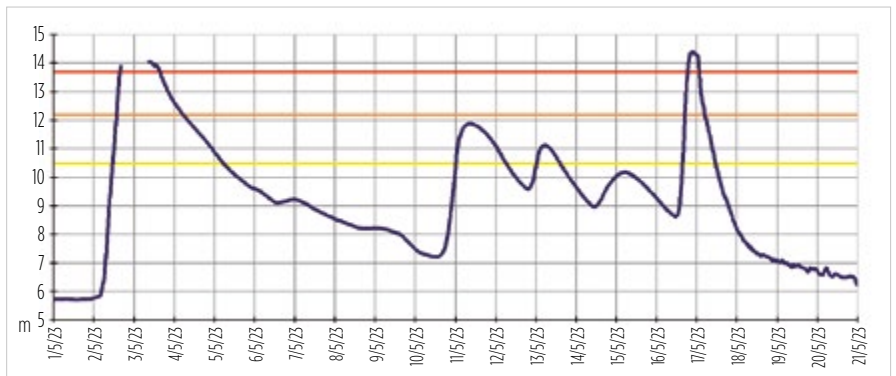
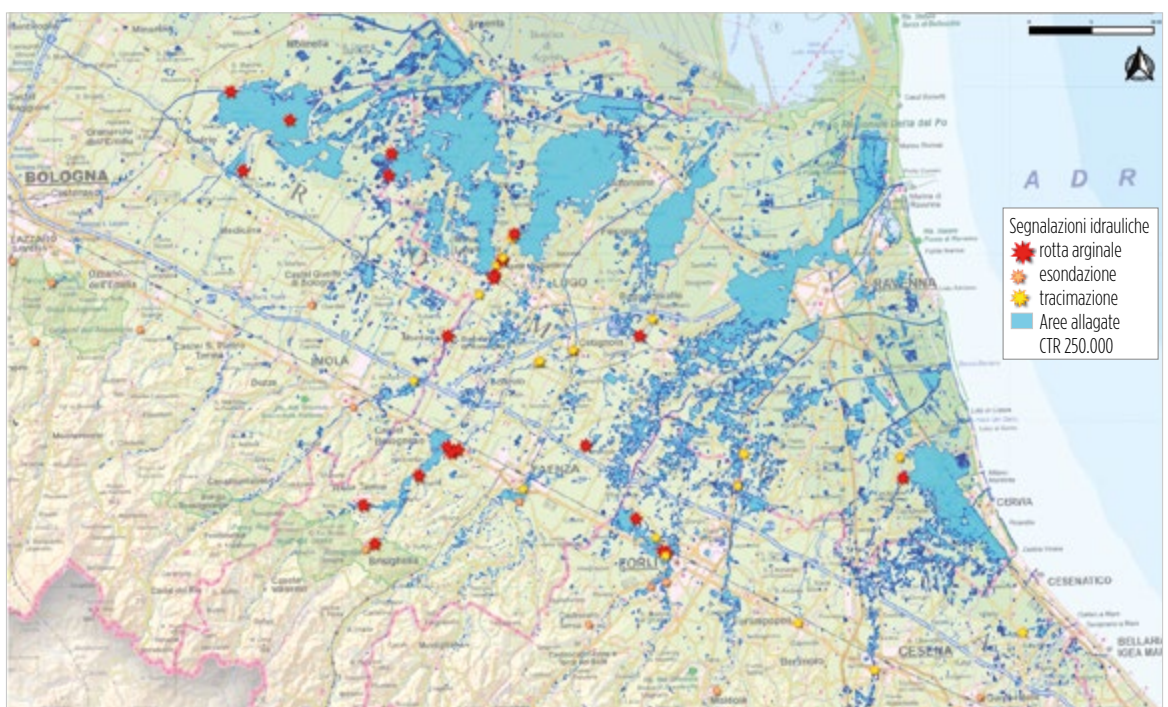


FIG. 6 IDROGRAMMA DI PIENA
Idice a S. Antonio, nel quale è ben visibile il superamento del massimo livello misurabile dallo strumento il 2 maggio, nonché la rapida perdita di volume per effetto della rotta del 17 maggio a monte, in corrispondenza del ponte della Motta.

FIG. 7
CRITICITÀ
IDRAULICHE

Sintesi delle principali criticità idrauliche censite sui corsi d'acqua ed immagine satellitare dei territori allagati al 28 maggio 2023.

Fonte: Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile su dati programma Ue Copernicus emergency management service.



Sul torrente Sillaro si sono verificate nuove esondazioni nella zona di Sesto Imolese, con allagamenti in località Sasso Morelli, oltre che ulteriori fuoriuscite di acqua a Conselice e Massa Lombarda, in corrispondenza della rotta dell'evento del 2-3 maggio.

Localizzate esondazioni si sono verificate nel tratto montano del Santerno, mentre numerose rotte e tracimazioni hanno interessato il tratto arginato di valle, la più importante in località Cà di Lugo, con allagamento di vasti territori agricoli e insediamenti urbani a S. Agata sul Santerno e Lugo.

Sul Senio le esondazioni hanno interessato la zona pedecollinare e il primo tratto arginato, tra Casola Valsenio e Castelbolognese.

Sul fiume Lamone nuove tracimazioni si sono verificate a Faenza, in particolare alla confluenza tra il Lamone e il suo affluente Marzeno, interessando numerosi quartieri della città; in pianura si è aggravata la rotta già presente con ulteriori allagamenti a Bagnacavallo, mentre una nuova rotta si è verificata sull'argine destro a valle di Reda. Nonostante le numerose esondazioni che hanno interessato il tratto montano del Montone e del suo affluente Rabbi, il fiume ha sormontato gli argini e allagato alcuni quartieri nella città di Forlì. Sul fiume Ronco, nonostante la parziale laminazione esercitata dalla diga di Ridracoli, numerose tracimazioni nel tratto arginato di valle

hanno causato allagamenti nel territorio comunale di Ravenna. Il Savio è tracimato allagando i quartieri di Cesena limitrofi al fiume, mentre un'importante rotta arginale in destra, con conseguenti estesi allagamenti si è verificata nel tratto di valle a Castiglione di Cervia. Localizzate esondazioni sono state registrate anche su Bevano, Uso e Rubicone.

La figura 7 mostra le principali criticità idrauliche censite dall'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione

civile e le aree allagate nella pianura bolognese, ravennate e forlivese al 28 maggio, data nella quale si stimava una superficie interessata dagli allagamenti superiore ai 540 km².

Rosanna Foraci, Maria Stefania Tesini, Sandro Nanni, Gabriele Antolini, Valentina Pavan

Struttura IdroMeteoClima,
Arpae Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Arpae Emilia-Romagna, Struttura IdroMeteoClima, Aa.vv., 2023a, *Rapporto degli eventi meteorologici, di piena e di frana del 1-4 maggio 2023*, <https://bit.ly/rappporto1-4maggio2023>
- [2] Arpae Emilia-Romagna, Struttura IdroMeteoClima, Aa.vv., 2023b, *Rapporto degli eventi meteorologici, di piena e di frana del 16-18 maggio 2023*, <https://bit.ly/rappporto16-18maggio2023>
- [3] Arpae Emilia-Romagna, Struttura IdroMeteoClima, Aa.vv., 2023c, *Rapporto dell'evento meteorologico del 9-10 maggio 2023*, <https://bit.ly/rappporto9-10maggio2023>
- [4] Arpae Emilia-Romagna, Struttura IdroMeteoClima, Aa.vv., 2023d, *Rapporto dell'evento meteorologico dal 12 al 14 maggio 2023*, <https://bit.ly/rappporto12-14maggio2023>
- [5] Antolini G., Auteri L., Pavan V., Tomei F., Tomozeiu R., Marletto V., 2015, "A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961-2010", *International Journal of Climatology*, 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473, <https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito>
- [6] Giancarlo Leoni, *Idrografia e bonifica del bacino del Reno, notizie storiche*, Consorzio della bonifica renana, Bologna, 1994.
- [7] <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/notizie/2023/cartografia-mappe-pgra-secondo-ciclo>



FOTO: R. BRANCQUINI - REGIONE ER AR