

IMAGEONFEWS: SISTEMA INTEGRATO DI PREVISIONE DELLE PIENE IN TEMPO REALE NEL VENETO

Giulia Passadore¹, Elena Crestani¹, Mattia Pivato¹, Francesco Carraro¹, Daniele Pietro Viero¹, Luca Carniello¹,
Enrico Bertuzzo² & Andrea Rinaldo^{1,3}

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università di Padova;

(2) Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari;

(3) Laboratory of Echohydrology (ECHO/IIIE/ENAC), École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

ASPETTI CHIAVE:

- Utilizzo della piattaforma Delft-FEWS per la previsione in tempo reale delle piene nei bacini del Brenta - Bacchiglione e del Piave
- Interfaccia grafica GIS funzionale al monitoraggio degli eventi di piena (dati di input e idrogrammi previsti)
- Integrazione di modelli idrologici-idrodinamici sito specifici (gestione casse di espansione e invasi montani)

1 PREMESSA

Delft-FEWS è una piattaforma che permette di gestire dati idrometeorologici in tempo reale per produrre previsioni modellistiche. La possibilità di integrazione di qualsiasi modello numerico idrologico-idrodinamico, la natura modulare e l'alto grado di personalizzazione ne hanno consentito un'ampia diffusione a livello globale. Il software è disponibile gratuitamente previo accordo con il fornitore Deltares e può gestire grandi quantità di dati in moltissimi formati standard quali, ad esempio, grid e netcdf. Nel caso specifico, Delft-FEWS è stato utilizzato per l'implementazione dei modelli idrologici e idrodinamici per la previsione delle piene in tempo reale sviluppati e calibrati dagli scriventi, al fine di potenziare lo strumento operativo I.M.A.Ge. (Interfaccia e Modello per l'Allerta e la Gestione delle piene) già in uso presso il CFD (Centro Funzionale Decentrato) della Protezione Civile del Veneto. I.M.A.Ge. è un sistema modellistico integrato climatico-idrologico-idrodinamico, fisicamente basato e spazialmente distribuito, che descrive esplicitamente i processi di trasformazione afflussi-deflussi e i fenomeni idrodinamici legati alla propagazione delle onde di piena. La sua implementazione nella Piattaforma Delft-FEWS, resasi necessaria per la gran mole di dati da gestire e per la richiesta della Regione Veneto di estendere lo studio ad altri bacini, ha dato origine alla configurazione IMAGEONFEWS, qui descritta, attualmente implementata per il bacino del Brenta-Bacchiglione (Crestani *et al.*, 2018) e per il bacino del Piave (Crestani *et al.*, 2022).

2 LA PIATTAFORMA IMAGEONFEWS

La catena modellistica predisposta stima gli idrogrammi di piena a partire dalle piogge, misurate o previste, con un modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi (Rhyme, River HYdrological ModEl), che stima le componenti efficaci della pioggia mediante opportune equazioni di bilancio idrologico. La risposta idrologica viene calcolata sulla base della convoluzione tra la pioggia efficace ed un idrogramma istantaneo unitario di tipo geomorfologico che considera l'eterogeneità dei percorsi di drenaggio all'interno di un bacino, includendo in modo esplicito i processi di dinamica dell'umidità del suolo e il contributo alla dispersione relativo al reticolo idrografico ed alla sua morfologia (Rinaldo *et al.*, 1996). La calibrazione, ottenuta tramite l'algoritmo di Markov Chain Monte Carlo (MCMC), nell'implementazione Differential Evolution Adaptive Metropolis (Vrugt *et al.*, 2010), comprende l'intero dataset disponibile (valori orari dal 1990 ad oggi).

Gli idrogrammi in uscita dal modello di trasformazione afflussi – deflussi vengono quindi propagati lungo l'asta fluviale fino alla foce, mediante un modello idrodinamico (2DEF, 2-Dimensional Finite Elements), che valuta l'evoluzione dell'onda di piena e i possibili allagamenti nel dominio di interesse. Il modello idrodinamico 2DEF si basa sulla soluzione delle equazioni di De Saint Venant, che descrivono il moto bidimensionale di una corrente a superficie libera nelle ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni, di distribuzione uniforme della velocità lungo la verticale e di fondo inerodibile. Modificando opportunamente tali equazioni per descrivere in modo efficiente la transizione asciutto-bagnato (Defina, 2003), fondamentale nei fenomeni di esondazione, la risoluzione avviene adottando uno schema numerico agli elementi finiti su di

una griglia a elementi triangolari, tramite la quale il dominio di interesse viene schematizzato. Il modello consente inoltre di accoppiare agli elementi triangolari bidimensionali degli elementi unidimensionali, i quali descrivono il comportamento dei canali della rete minore o dei manufatti idraulici presenti all'interno del reticolo idrografico (traverse, paratoie, argini, ecc.).

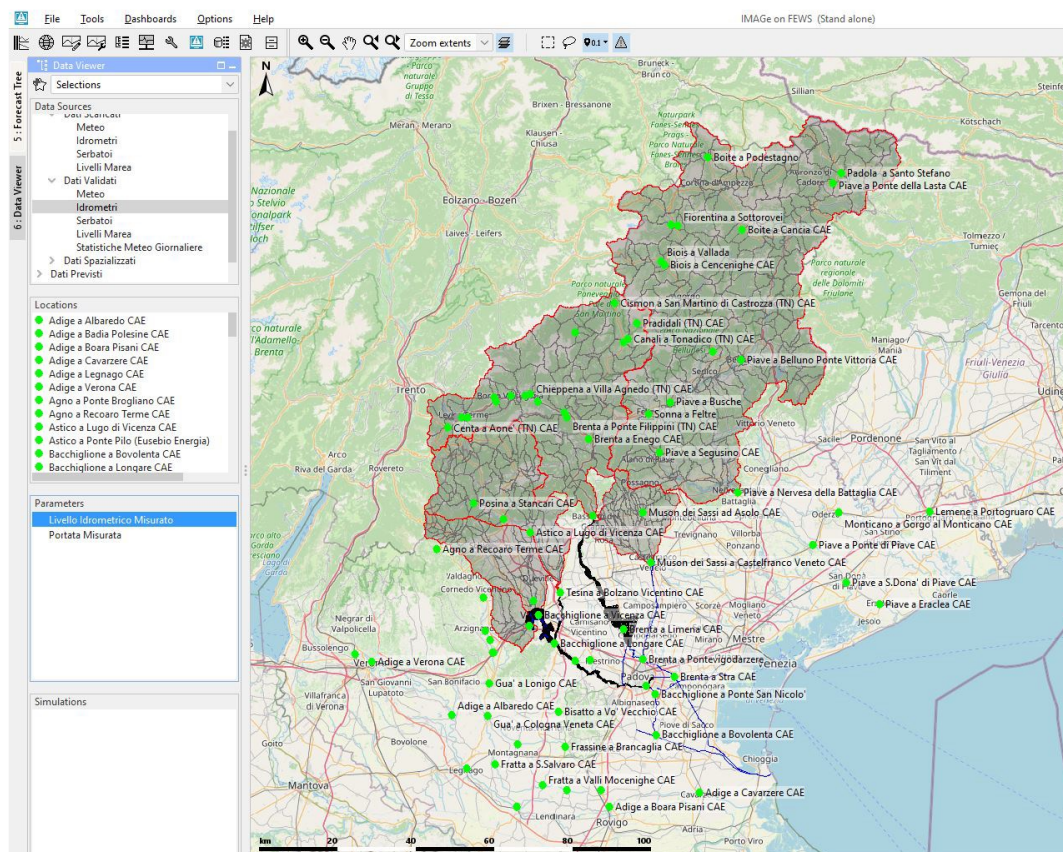


Figura 1. Esempio di schermata FEWS per il sistema idrografico Brenta-Bacchiglione: in rosso i bacini montani usati dal modello idrologico, in pianura il reticolo usato dal modello idrodinamico e in verde i sensori di livello in Veneto.

La Piattaforma IMAGeOnFEWS, opportunamente personalizzata per i modelli dei fiumi veneti considerati (figura 1), esegue in cascata le seguenti operazioni sui bacini di interesse:

- download ed import dei dati misurati in tempo reale (dati di precipitazione oraria e dati meteo di velocità del vento, temperatura, umidità, radiazione solare) relativi all'intera rete di misura;
- validazione dei dati (esclusione dei dati fuori soglia);
- data filling (chiusura delle eventuali brevi interruzioni nel flusso dati) dei dati orari;
- calcolo delle statistiche giornaliere;
- spazializzazione dei dati misurati (orari e giornalieri);
- download ed import dei dati previsti (piogge e temperature);
- spazializzazione delle previsioni (figura 2);
- corsa del modello idrologico Rhyme eseguito mediante un General Adapter, ossia un modulo previsto dal sistema FEWS per l'esecuzione di modelli esterni, appositamente predisposto. In input al modello vengono forniti i dati misurati fino al tempo T₀, definito come istante di inizio della previsione, e i dati previsti dal T₀ in poi. Il modello Rhyme calcola quindi gli idrogrammi di portata alle sezioni di chiusura dei bacini;
- import in FEWS dei risultati del modello idrologico;
- corsa del modello idrodinamico 2DEF, tramite apposito General Adapter, che propaga lungo l'asta

del corso d'acqua gli idrogrammi di portata calcolati dal modello idrologico Rhyme;

- import in FEWS dei risultati del modello idrodinamico;
- produzione della reportistica.

L'elevata possibilità di personalizzazione della piattaforma ha permesso di gestire:

- la modalità di funzionamento delle casse di laminazione (cassa di Caldogno sul t. Timonchio, cassa sul t. Orolo) e dei manufatti di regolazione (nodo idraulico di Voltabarozzo sul Bacchiglione a Padova, *Mel et al.*, 2020);
- la modalità di funzionamento degli invasi montani (serbatoi del Corlo nel bacino del Brenta, serbatoi di Pieve di Cadore, di S. Croce e del Mis nel bacino del Piave);
- l'attivazione o meno del modulo di accumulo e scioglimento nivale;
- la reportistica, concordata con la committenza (produzione di 2 file in formato pdf: un report/bollettino riassuntivo con indicati gli eventuali superamenti di soglia; e un allegato tecnico, contenente informazioni più specifiche quali la precipitazione media in ogni bacino, il comportamento delle casse e degli invasi, l'idrogramma di piena e gli andamenti dei livelli nelle diverse sezioni di interesse).

L'interfaccia grafica GIS della Piattaforma Delft-FEWS (figura 1) permette di visualizzare tutti i dati misurati nelle diverse stazioni della rete di misura, i dati spazializzati, le previsioni meteorologiche, i valori medi delle forzanti meteo in ogni bacino e sottobacino e i risultati nelle diverse sezioni di interesse (grafici di portata e di livello).

A integrazione di quanto appena descritto si sottolinea che nel sistema così implementato è possibile importare anche altre previsioni meteo (sia deterministiche quali ICON che stocastiche quali COSMOLEPS), ottenute da diversi modelli meteorologici, al fine di ottenere i risultati della catena modellistica idrologico-idrodinamica a partire da diverse previsioni. Analogamente, è possibile integrare altri modelli idrologici e idrodinamici, anche commerciali, al fine di eseguire un eventuale confronto tra diversi risultati modellistici.

3 CONSIDERAZIONI FINALI E SVILUPPI FUTURI

Il sistema previsionale sviluppato rappresenta uno strumento già operativo presso il Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Protezione Civile del Veneto. La modularità con cui è stata sviluppata la piattaforma IMAGeOnFEWS permette di estendere rapidamente la catena modellistica ad altri bacini e di importare agevolmente e adoperare altre previsioni meteo. Infine, la configurazione client-server, attualmente in fase di sviluppo, permetterà di gestire facilmente la pianificazione delle corse e l'aggiornamento della configurazione.

Si ringraziano la Regione Veneto, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Veneto, il Consorzio di bonifica Piave, il Consorzio di bonifica del Veneto Orientale e ENEL Green Power, che hanno consentito la realizzazione dell'attività.

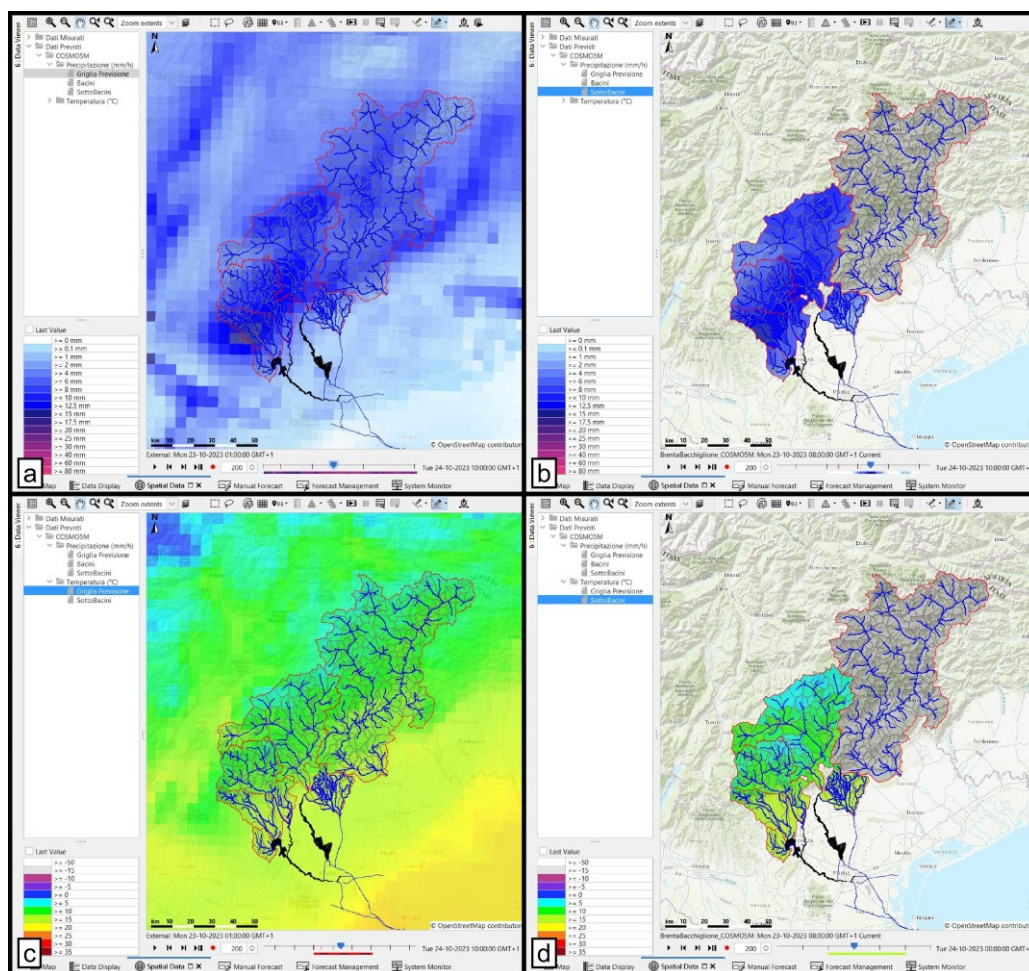


Figura 2: visualizzazione spazialmente distribuita dei dati previsti: a) visualizzazione delle precipitazioni sulla griglia di previsione; b) media areale sui sottobacini delle precipitazioni previste; c) visualizzazione delle temperature sulla griglia di previsione; d) media areale sui sottobacini delle temperature previste.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Crestani, E., Mel, R., Passadore, G., Viero, D.P., Carniello, L., Matticchio, M., Boscolo, P., Cremonese, S., Saccardo, I., De Fanti, B., Puiatti, M., D'Alpaos, L. & Rinaldo, A. Sistema integrato di previsione delle piene in tempo reale nel bacino idrografico Brenta-Bacchiglione, Atti del convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Ancona, 2018.
- Crestani, E., Passadore, G., Viero, D.P., Carniello, L., Bertuzzo, E., Matticchio, M., D'Alpaos, L. & Rinaldo, A. Sistema integrato di previsione delle piene in tempo reale nel bacino idrografico del Piave, Atti del convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Reggio Calabria, 2022.
- Defina, A. Numerical experiments on bar growth, *Water Resources Research*, 2003, 39(4).
- Mel, R., D.P. Viero, L. Carniello, and L. D'Alpaos, Optimal floodgate operation for river flood management: The case study of Padova (Italy), *Journal of Hydrology: Regional Studies* 2020, 30, 100702;
- Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. Geomorphological theory of the hydrological response, *Hydrological processes*, 1996, 10(6):803–829.
- Vrugt, J. A., Ter Braak, C. J. F., Diks, C. G. H., Robinson, B. A., Hyman, J. M. & Higdon, D., Accelerating Markov chain Monte Carlo simulation by differential evolution with self-adaptive randomized subspace sampling. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 10(3):273–290, 2010.