

I MODELLI MATEMATICI PER LA GESTIONE IDRICA

GIÀ DA DIVERSI DECENNI SONO STATI SVILUPPATI MODELLI MATEMATICI CHE, A SCALA SPAZIALE E TEMPORALE DIVERSA, PERMETTONO DI SIMULARE IL BILANCIO IDRICO DI UN BACINO IDROGRAFICO, ANCHE PER SISTEMI IDRICI COMPLESSI. I MODELLI POSSONO ESSERE UTILIZZATI PER VALUTARE ALTERNATIVE GESTIONALI O IPOTESI DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE.

Le siccità sono fenomeni naturali legati alla variabilità spazio-temporale delle grandezze meteorologiche sulla superficie terrestre. Esse si presentano sotto forma di eventi qualificati da un inizio e da una fine e caratterizzabili attraverso parametri oggettivi quali durata, severità e intensità. Le siccità sono anche caratterizzate da una significativa dimensione spaziale, nel senso che raramente riguardano ridotte porzioni di territorio, ma, al contrario, colpiscono solitamente aree di considerevole estensione.

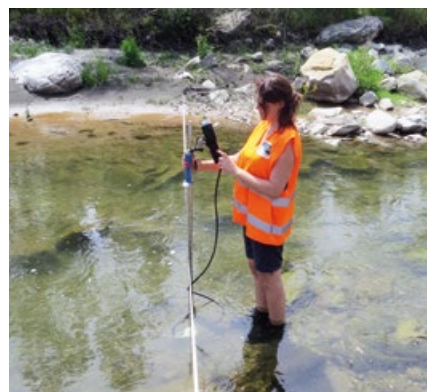
Tuttavia, una caratterizzazione puramente idrologica o climatica degli eventi siccitosi non rende giustizia dei loro impatti sulle attività umane, poiché questi dipendono fortemente dalle caratteristiche infrastrutturali dei sistemi preposti all'utilizzo delle risorse idriche e, come la maggior parte degli impatti connessi a disastri naturali, anche dal contesto socio-economico e organizzativo interessato.

Analogamente ad altri disastri naturali, esiste un gran numero di alternative, infrastrutturali e gestionali, utili ad affrontare e mitigare gli effetti delle siccità, sia nel breve che nel medio-lungo periodo. Poiché l'impatto negativo delle siccità sulle attività umane è dovuto al fatto che esse modificano il bilancio tra domanda e offerta di risorsa idrica, tali misure sono tradizionalmente suddivise in misure "dal lato dell'offerta" (*supply side*) e misure "dal lato della domanda" (*demand side*). Appartengono alla prima categoria gli interventi rivolti a incrementare le disponibilità idriche del sistema attraverso trasferimenti di risorse, temporanei o permanenti, o l'attivazione di nuove risorse, quali per esempio pozzi o risorse non convenzionali, quali i dissalatori. La seconda categoria comprende invece tutti quegli interventi mirati a equilibrare il bilancio idrico dal punto di vista della domanda: si passa quindi da misure di breve periodo, quali i razionamenti di risorsa o la

riprogrammazione in senso più restrittivo degli usi, in specie nei confronti di quelli caratterizzati da minori benefici marginali netti, a misure di medio-lungo periodo quali la riduzione delle perdite idriche nelle reti di distribuzione, l'incentivazione al contenimento degli usi, attraverso campagne educative e informative ed eventualmente anche con il supporto della leva tariffaria, l'adozione di pratiche irrigue più efficienti, anche con l'aiuto di tecniche *smart* di previsione dei fabbisogni irrigui o con l'utilizzo di tecniche di *deficit irrigation*.

È opportuno evidenziare incidentalmente che l'implementazione delle misure di lungo periodo sopra ricordate, le uniche in grado di modificare effettivamente in senso positivo il bilancio tra domanda e offerta di risorsa idrica, vede le siccità storiche come *drivers*, ma è in effetti governata da altri elementi, si direbbe esogeni agli eventi siccitosi, per lo più legati al tentativo, da parte degli agenti economici, famiglie e imprese, di incrementare l'efficienza nell'uso dell'acqua, per effetto dei cambiamenti tecnologici e per il generale aumento dei prezzi dell'acqua stessa.

Le siccità stimolano quindi diversi livelli organizzativi e gestionali e richiedono l'analisi e la verifica di scenari con obiettivi temporali diversi (pianificazione infrastrutturale per la riduzione del rischio, gestione del rischio stesso). A questo scopo, già da diversi decenni sono stati sviluppati modelli matematici che, a scala spaziale e temporale diversa, permettono di simulare il bilancio idrico di un bacino idrografico (o di un insieme di bacini idrografici), evidenziando anche i rapporti tra risorse naturali e utilizzi antropici. Tali modelli, che sono oggetto peraltro di una intensa attività di ricerca, sono utili per lo sviluppo su solide basi tecniche e scientifiche di quel paradigma di decisione partecipata che sempre più prende piede e che vede la sua concreta attuazione, per esempio, nei contratti di fiume¹.



Sono anche disponibili modelli che permettono di simulare con maggior dettaglio il funzionamento dei cosiddetti sistemi idrici complessi, cioè sistemi infrastrutturali preposti all'approvvigionamento primario, comprendenti fonti di approvvigionamento plurime, di cui alcune regolate da opere di accumulo, a servizio di centri di domanda caratterizzati da usi conflittuali (tipicamente gli usi civili e quelli irrigui). Tali sistemi sono più diffusi nell'Italia meridionale ed insulare, ma esistono anche nel centro-nord del paese e possono interessare più regioni: valga per tutti l'esempio del sistema idrico che approvvigiona Genova, nel quale una buona parte delle risorse, regolate attraverso serbatoi, fa riferimento al bacino padano e interessa quindi regioni come il Piemonte e l'Emilia-Romagna. In questi contesti, l'uso dei modelli matematici è utile e auspicabile perché

- 1) crea l'occasione per mettere in comune con uno scopo "funzionale" – e non di adempimento di un mero esercizio amministrativo – dati, conoscenze e informazioni
- 2) consente il confronto e la verifiche delle informazioni stesse, creando una base condivisa di lavoro e permettendo anche l'individuazione delle informazioni veramente rilevanti
- 3) guida il processo decisionale fondandolo su considerazioni oggettive

e aiuta a verificare l'efficacia di misure gestionali e infrastrutturali. Nel caso di Genova, per esempio (figura 1) un modello viene utilizzato per verificare la sostenibilità, sull'approvvigionamento idrico della città, di regole di rilascio dai serbatoi per il deflusso minimo vitale e per erogazioni aggiuntive a scopo irriguo nel bacino del Trebbia.

Inoltre, dato il rilevante valore economico degli asset costituenti questi sistemi e dei servizi che essi forniscono, questi modelli sono anche molto utili come strumento tecnico per un audit strategico delle aziende o degli enti preposti alla loro gestione: in altre parole, i modelli possono essere utilizzati per valutare alternative gestionali o per verificare ipotesi di potenziamento infrastrutturale, o di incremento delle risorse, auspicabilmente in un'ottica di valutazione dei costi e dei benefici connessi. Infine, oltre al loro ruolo di pianificazione strategica, è opportuno anche evidenziare il ruolo che i modelli matematici possono giocare nella gestione in tempo reale dei sistemi idrici complessi e la loro funzione a supporto di quanto potrebbe

essere definito un monitoraggio attivo delle grandezze idrologiche, cioè un monitoraggio finalizzato non solo alla descrizione degli eventi in corso, ma anche a una programmazione degli usi delle risorse rivolta a minimizzare i rischi legati al verificarsi di eventi siccitosi. Tali strumenti, basati essenzialmente su tecniche di programmazione matematica, tengono conto della effettiva configurazione infrastrutturale dei sistemi modellati e, partendo dallo stato attuale delle risorse disponibili (compreso quindi lo stock disponibile nei serbatoi di regolazione) individuano il quadro delle erogazioni o delle eventuali risorse integrative da utilizzare per minimizzare il rischio di importanti deficit nei centri di domanda del sistema, con un orizzonte temporale che dipende anche dalla natura (prevalentemente stagionale/annuale o prevalentemente pluriennale) del sistema idrico considerato, aggiornando le proiezioni con il passo temporale ritenuto più appropriato. Nel fare questo, si servono di scenari idrologici diversi, generabili attraverso l'analisi delle serie storiche delle disponibilità idriche. Un'ultima considerazione merita anche l'utilizzo dei modelli

matematici per la simulazione degli impatti dei cambiamenti climatici sull'approvvigionamento idrico e per la valutazione delle relative misure di adattamento/mitigazione: in questi modelli l'idrologia rappresenta un input che viene trasformato, attraverso il sistema infrastrutturale con i suoi vincoli e le sue regole, in un output, costituito dal quadro delle erogazioni. Scenari climatici diversi possono essere quindi simulati e valutati.

Claudio Arena¹, Marcella Cannarozzo², Mario Rosario Mazzola²

- 1. Dottore di ricerca in Ingegneria idraulica e ambientale
- 2. Dicam, Università di Palermo

NOTE

¹ Il *contratto di fiume* è un protocollo giuridico per la rigenerazione ambientale del bacino idrografico di un corso d'acqua. Esso permette "di adottare un sistema di regole in cui i criteri di utilità pubblica, rendimento economico, valore sociale, sostenibilità ambientale intervengono in modo paritario nella ricerca di soluzioni efficaci per la riqualificazione di un bacino fluviale".

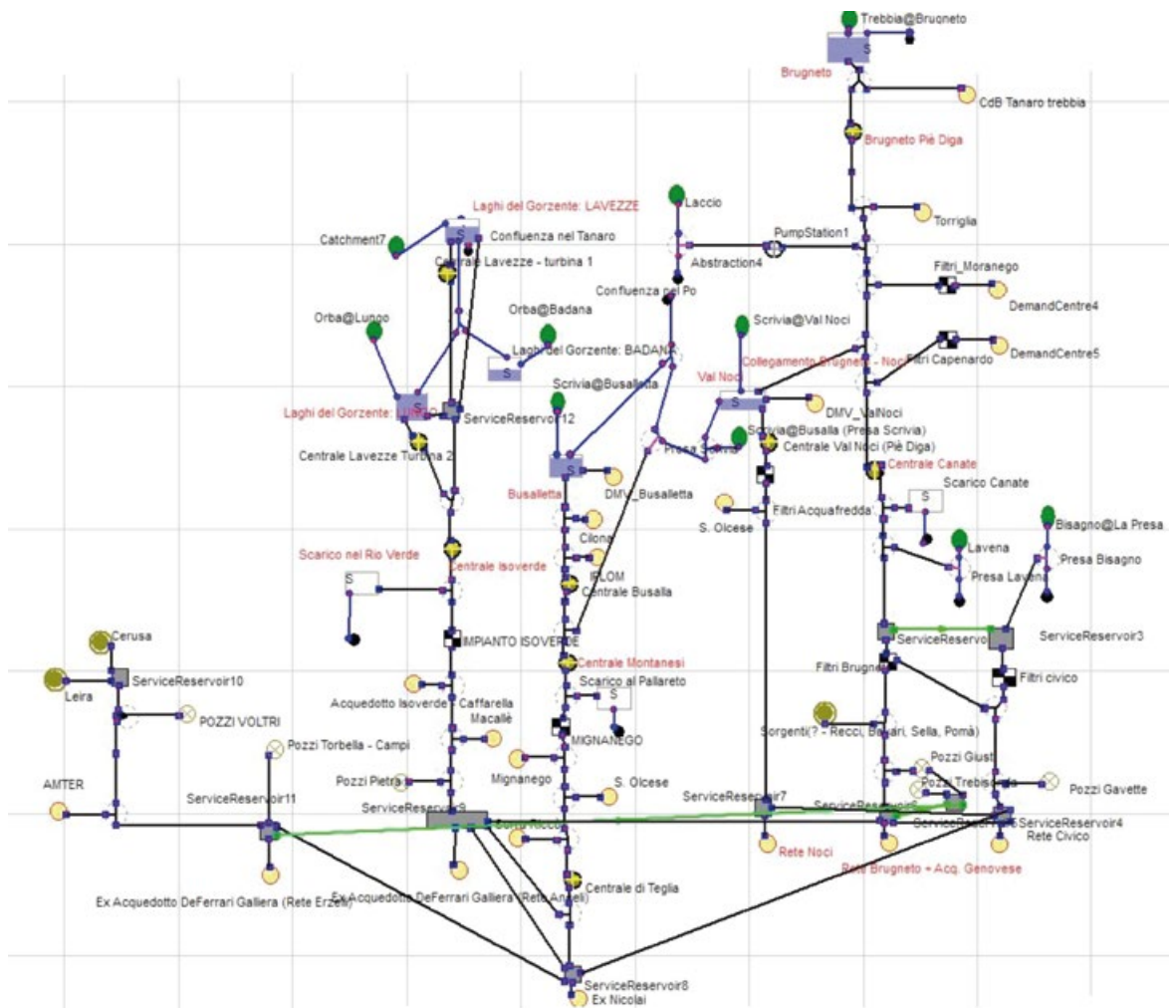


FIG. 1
GENOVA

Modello utilizzato per verificare la sostenibilità di regole di rilascio dai serbatoi per la città di Genova.