

# SOCIO-IDROLOGIA E GESTIONE DEGLI EVENTI ESTREMI

LA RICERCA IN SOCIO-IDROLOGIA HA PERMESSO DI INIZIARE A STUDIARE LE INTERAZIONI E I FEEDBACK TRA SISTEMI SOCIOECONOMICI E IDROLOGICI E QUINDI DI MODELLARE IL POTENZIALE DI GENERARE CRISI, EFFETTI O FENOMENI INDESIDERATI, METTENDO IN LUCE COMPLESSITÀ E AMBIVALENZE NELLA GESTIONE DI ALLUVIONI E SICCIÀ

**I**rischi associati agli eventi estremi idrologici, come alluvioni e siccità, sono in aumento su scala globale. L'Europa non fa eccezione: numerosi Paesi, tra cui Francia, Italia, Spagna, Portogallo e Regno Unito, sono stati gravemente colpiti da eventi estremi negli ultimi anni, con centinaia di vittime e ingenti danni socioeconomici. In risposta a tali criticità, sono stati introdotti numerosi strumenti politici e strategici a livello internazionale e nazionale. Tra questi si annoverano la Convenzione quadro delle Nazioni unite sui cambiamenti climatici, l'Accordo di Parigi, il Quadro di Sendai per la riduzione del rischio di disastri, gli Obiettivi di sviluppo sostenibile (Agenda 2030) e la Strategia dell'Unione europea per l'adattamento ai cambiamenti climatici, insieme ai corrispondenti Piani nazionali di adattamento. Anche l'Emilia-Romagna ha recentemente sperimentato le conseguenze della crescente vulnerabilità, con la grave siccità del 2022, la peggiore degli ultimi due secoli (Montanari et al., 2023), seguita da ripetute alluvioni nel 2023 e 2024. L'esperienza del progetto europeo I-Cisk (Masih et al., 2025) in Emilia-Romagna ha evidenziato le preoccupazioni degli stakeholder locali riguardo all'aumento della variabilità stagionale dei deflussi e alla frequenza di siccità e alluvioni. Tali fenomeni pongono sfide rilevanti alla gestione equa e sostenibile delle risorse idriche, in particolare in contesti caratterizzati da una forte competizione tra settori d'uso come agricoltura, approvvigionamento idrico civile, produzione energetica e tutela ambientale. In questo contesto, si sta valutando il potenziale di un approccio proattivo alla gestione degli estremi idrologici, attraverso il rafforzamento della capacità di preparazione e la riduzione dei rischi. Questa prospettiva è oggetto di crescente attenzione anche nell'ambito del nuovo Piano di tutela delle acque regionale (Masih et al., 2025).

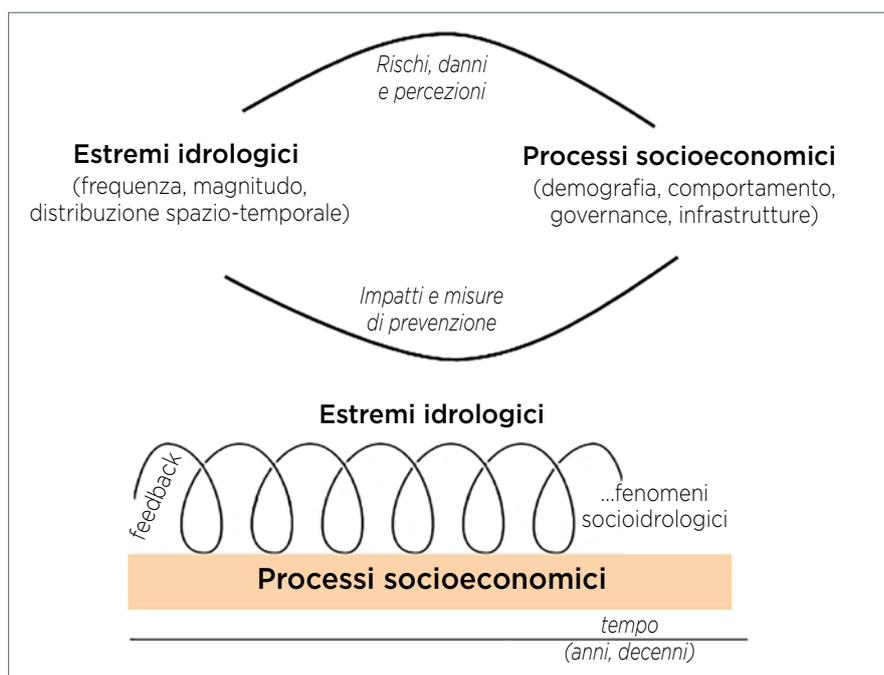


FIG. 1 IL CICLO SOCIO-IDROLOGICO  
Interazioni e feedback tra estremi idrologici e processi socioeconomici (in alto) che generano fenomeni socio-idrologici (in basso).

La socio-idrologia si propone come un quadro teorico e operativo utile per affrontare tale complessità crescente. Essa fornisce strumenti per analizzare e modellare le interazioni dinamiche tra processi idrologici e sistemi socioeconomici (Sivapalan et al., 2012; Montanari et al., 2013), contribuendo così a migliorare la sostenibilità delle strategie di gestione delle risorse idriche e di mitigazione dei rischi legati a siccità e alluvioni. La ricerca scientifica in socio-idrologia si basa su una lunga tradizione che include l'*Harvard water program* negli anni '60 (Brown et al., 2015), la gestione integrata delle risorse idriche, iniziata negli anni '90 (Savenije e Van der Zaag, 2008) e vari concetti interdisciplinari che si occupano delle interazioni tra natura e società (Folke et al., 2005; Janssen & Ostrom, 2006; Yu et al., 2015; Schlüter et al., 2019). Nel corso della storia, le società hanno fatto affidamento sull'accesso alle risorse

idriche, essenziale per lo sviluppo socioeconomico. Negli ultimi secoli, numerose attività antropiche hanno sempre più alterato i regimi idrologici:

- costruzione di dighe e serbatoi per l'approvvigionamento idrico
- deviazione di corsi d'acqua per fornire aree urbane, industriali o agricole
- innalzamento di argini fluviali per ridurre la frequenza delle inondazioni
- modifiche delle caratteristiche dei bacini idrici attraverso la deforestazione, l'urbanizzazione o il drenaggio delle zone umide (Blöschl et al., 2013; Di Baldassarre et al., 2013).

Mentre le società alterano i regimi idrologici, gli stessi regimi idrologici a loro volta influenzano le società. Individui, comunità e istituzioni si adattano continuamente al cambiamento idrologico (Adger et al., 2013). Ciò include processi spontanei, come l'emigrazione da aree colpite da alluvioni

o siccità e interventi pianificati come il ricollocamento in aree più sicure o misure restrittive per l'uso delle risorse idriche (Savelli et al., 2021).

Queste interazioni e feedback tra i sistemi sociali e idrologici possono generare crisi idriche o fenomeni socio-idrologici (figura 1), che rendono difficile lo sviluppo e l'implementazione di politiche e misure sostenibili per la gestione delle risorse idriche e la riduzione dei rischi idrologici (Di Baldassarre et al., 2019). La presente nota descrive, a titolo esemplificativo, due fenomeni socio-idrologici ampiamente studiati nella recente letteratura: il paradosso dello sviluppo sicuro (*safe development paradox*) e il ciclo approvvigionamento-consumo (*supply-demand cycle*).

Il paradosso dello sviluppo sicuro, noto anche come effetto argine (*levee effect*), fu già identificato da Gilbert White già negli anni '40 (White, 1945). Questo fenomeno può verificarsi quando vengono introdotte (o rafforzate) misure strutturali di prevenzione dei rischi come, ad esempio, gli argini fluviali. La letteratura ha mostrato che le misure strutturali di questo tipo possono generare un senso di assoluta sicurezza e compiacimento (Montz & Tobin, 2008), come se il rischio fosse stato completamente eliminato, e quindi favorire una maggiore urbanizzazione delle aree a rischio. Di conseguenza, il rischio idrologico può paradossalmente aumentare dopo l'introduzione delle misure di protezione degli edifici (Kates et al., 2006). È importante notare che questo paradosso consiste in feedback auto-rinforzanti: aree più urbanizzate richiederanno in futuro ulteriori misure di prevenzione dei rischi, generando quindi una spirale che rende gli eventi alluvionali molto rari, ma estremamente catastrofici. Le vittime e i danni dell'alluvione di New Orleans nel 2005 (foto 1) mostrano come questo fenomeno possa causare conseguenze drammatiche (Kates et al., 2006).

Il ciclo approvvigionamento-consumo si verifica invece quando l'aumento della disponibilità idrica stimola una crescita dei consumi idrici (Kallis, 2010). Questi cicli possono essere visti come un esempio di effetto di rimbalzo (*rebound effect*), studiato in economia ormai da



FOTO: PIVABAY

1



FOTO: MICHELANGELO BRANDIMARTE

2

molti decenni a partire dal lavoro di Stanley Jevons nel 1860. La teoria, molto applicata in campo energetico, è che la crescita dell'efficienza spesso si associa con consumi (o produzioni) maggiori (Alcott, 2005). Dighe e laghi artificiali vengono spesso proposti, costruiti o ampliati per far fronte alla siccità e prevenire deficit idrici. L'idea di base è che il volume d'acqua immagazzinato nei bacini idrici può essere utilizzato nei periodi siccitosi. Tuttavia, l'aumento dell'approvvigionamento idrico spesso consente nuovi sviluppi agricoli, urbani o industriali contribuendo quindi all'aumento dei consumi (Gohari et al., 2013; Kallis, 2010). Questo feedback genera circoli viziosi di approvvigionamento e consumo idrico.

Di conseguenza, i vantaggi iniziali forniti dall'aumento dell'approvvigionamento, vengono spesso a mancare sul lungo termine a causa del conseguente aumento dei consumi. Inoltre i danni associati alla siccità possono essere aggravati perché i suddetti sviluppi agricoli, urbani o industriali creano una maggiore dipendenza dalla disponibilità di risorse idriche. Anche questo fenomeno consiste in feedback auto-rinforzanti: situazioni di deficit idrici possono favorire ulteriori sviluppi di dighe e serbatoi artificiali per aumentare lo approvvigionamento con ulteriori possibili aumenti dei consumi. Questo circolo vizioso ha portato a livelli di consumi idrici insostenibili in diverse regioni del mondo, come ad esempio nel Sud Ovest degli Stati Uniti di America (v.

1 Alluvione a New Orleans, causata dal cedimento degli argini durante il passaggio dell'uragano Katrina nel 2005.

2 Diga di Hoover (Usa) durante la siccità del 2016-2017.

esempio in *foto 2*), con effetti devastanti durante le siccità (Di Baldassarre et al., 2021).

Misure ben intenzionate e interventi pensati per mitigare i rischi idrologici possono in realtà peggiorare la situazione, come mostrato in questa nota con il paradosso dello sviluppo sicuro e il ciclo approvvigionamento-consumo. La ricerca in socio-idrologia ha permesso di iniziare a studiare le interazioni e i feedback tra sistemi socioeconomici e idrologici e quindi modellare il loro potenziale di generare crisi, effetti indesiderati o fenomeni socio-idrologici (*figura 1*). Tale ricerca è prevalentemente

interdisciplinare (Montanari et al., 2013) e spesso combina metodi qualitativi e quantitativi, nonché osservazioni storiche e modelli matematici (Sivapalan et al., 2012) con l'obiettivo di far progredire la conoscenza dei sistemi idrici e informare i processi decisionali per la gestione delle risorse idriche (Di Baldassarre et al., 2018), compresa l'elaborazione di politiche e misure sostenibili per la riduzione del rischio da alluvioni e siccità.

**Giuliano Di Baldassarre**

Department of Earth Sciences,  
Uppsala University, Sweden

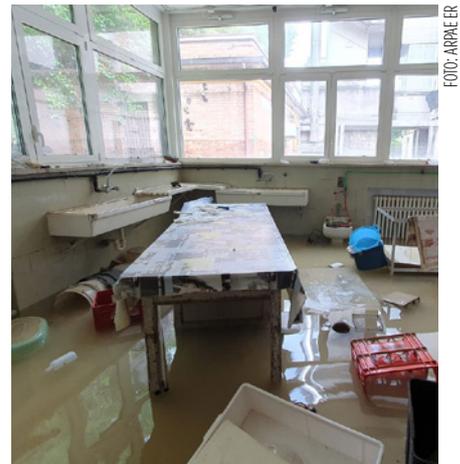


FOTO: ARPAE ER

## REFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adger W.N., Quin, T., Lorenzoni I., Murphy C., Sweeney J., 2013, "Changing social contracts in climate-change adaptation", *Nature climate change*, 3(4), 330-333, [doi.org/10.1038/nclimate1751](https://doi.org/10.1038/nclimate1751).
- Alcott B., 2005, "Jevons' paradox", *Ecological economics*, 54(1), 9-21.
- Blöschl G., Nester T., Komma J., Parajka J., Perdigão R.A., 2013, "The June 2013 flood in the Upper Danube basin, and comparisons with the 2002, 1954 and 1899 floods", *Hydrology & Earth system sciences discussions*, 10(7).
- Brown C.M., Lund J.R., Cai X., Reed P.M., Zagona E.A., Ostfeld A., Hall J., Characklis G.W., Yu W., Brekke L., 2015, "The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management", *Water resources research*, 51(8), 6110-6124, [doi.org/10.1002/2015WR017114](https://doi.org/10.1002/2015WR017114).
- Di Baldassarre G., Mazzoleni M., Rusca M., 2021, "The legacy of large dams in the United States", *Ambio*, [doi.org/10.1007/s13280-021-01533-x](https://doi.org/10.1007/s13280-021-01533-x).
- Di Baldassarre G., Sivapalan M., Rusca M., Cudennec C., Garcia M., Kreibich H., Konar M., Mondino E., Mård J., Pande S., Sanderson M. R., Tian F., Viglione A., Wei J., Wei Y., Yu D. J., Srinivasan V., Blöschl G., 2019, "Sociohydrology: Scientific challenges in addressing the sustainable development goals", *Water resources research*, 55(8), 6327-6355, [doi.org/10.1029/2018WR023901](https://doi.org/10.1029/2018WR023901).
- Di Baldassarre G., Viglione A., Carr G., Kuil L., Salinas J.L., Blöschl G., 2013, "Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions", *Hydrology and Earth system sciences*, 17(8), 3295-3303, [doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013](https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013).
- Di Baldassarre G., Wanders N., AghaKouchak A., Kuil L., Ramagecroft S., Veldkamp T.I.E., Garcia M., van Oel P.R., Breinl K., Van Loon A.F., 2018, "Water shortages worsened by reservoir effects", *Nature sustainability*, 1(11), 617-622, [doi.org/10.1038/s41893-018-0159-0](https://doi.org/10.1038/s41893-018-0159-0).
- Folke C., Hahn T., Olsson P., Norberg J., 2005, "Adaptive governance of social-ecological systems", *Annu. rev. environ. resour.*, 30, 441-473.
- Gohari A., Eslamian S., Mirchi A., Abedi-Koupaei J., Massah Bavani A. & Madani K., 2013, "Water transfer as a solution to water shortage: A fix that can Backfire", *Journal of hydrology*, 491, 23-39, [doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.021](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.021).
- Janssen M.A., Ostro, E., 2006, "Empirically based, agent-based models", *Ecology and society*, 11(2), [doi.org/10.5751/ES-01861-110237](https://doi.org/10.5751/ES-01861-110237).
- Kallis G., 2010, "Coevolution in water resource development: The vicious cycle of water supply and demand in Athens, Greece", *Ecological economics*, 69(4), 796-809, [doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.025](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.025).
- Kates R.W., Colten C.E., Laska S., Leatherman S.P., 2006, "Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: A research perspective", *National Academy of Sciences*, 103(40), 14653-14660, [doi.org/10.1073/pnas.0605726103](https://doi.org/10.1073/pnas.0605726103).
- Masih I, Hernández-Mora N., De Stefano L., Broekman A., Prat E., Pesquer L., Mazzoli P., Ziogas A., Gamtkitsulashvili M., Chitishvili V., Castellana D., van den Homberg M., Hlubi S., van Andel S.J., Muller L., Bela G., Iuzzolino C., Bazdanis G., Emerton R., Werner M., 2025, "Translating climate services policies into actions: Recommendations from seven living labs in Europe and Africa". <https://icisk.eu/wp-content/uploads/2025/06/D6.6-I-CISK-Policy-Brief-3.pdf>.
- Montanari A, Nguyen H, Rubinetti S. et al., 2023, "Why the 2022 Po River drought is the worst in the past two centuries", *Science advances*, 9, 32, eadg8304.
- Montanari A., Young G., Savenije H.H.G., Hughes D., Wagener T., Ren L.L., Koutsoyiannis D., Cudennec C., Toth E., Grimaldi S., Blöschl G., Sivapalan M., Beven K., Gupta H., Hipsey M., Schaefli B., Arheimer B., Boegh E., Schymanski S.J., Belyaev V., 2013, "Panta rhei—Everything flows: Change in hydrology and society—The Iahs scientific decade 2013–2022", *Hydrological sciences journal*, 58(6), 1256-1275, [doi.org/10.1080/02626667.2013.809088](https://doi.org/10.1080/02626667.2013.809088).
- Montz B.E., Tobin G A., 2008, "Livin' large with levees: Lessons learned and lost", *Natural hazards review*, 9(3), 150-157, [doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2008\)9:3\(150\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2008)9:3(150)).
- Savelli E., Rusca M., Cloke H., Di Baldassarre G., 2021, "Don't blame the rain: Social power and the 2015–2017 drought in Cape Town", *Journal of hydrology*, 594, 125953, [doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125953](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125953).
- Savenije H.H.G., Van der Zaag P., 2008, "Integrated water resources management: Concepts and issues", *Physics and chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(5), 290-297, [doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.003](https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.003).
- Schlüter M., Müller B., Frank K., 2019, "The potential of models and modeling for social-ecological systems research: The reference frame ModSES", *Ecology and society*, 24(1), [www.jstor.org/stable/26796919](https://www.jstor.org/stable/26796919).
- Sivapalan M., Savenije H.H.G., Blöschl G., 2012, "Socio-hydrology: A new science of people and water", *Hydrological processes*, 26(8), 1270-1276, [doi.org/10.1002/hyp.8426](https://doi.org/10.1002/hyp.8426).
- White G.F., 1945, "Human adjustment to Ffloods: Department of Geography research paper No. 29", Chicago, IL, University of Chicago.
- Yu D.J., Qubbaj M.R., Muneeppeerakul R., Anderies J.M., Aggarwal R.M., 2015, "Effect of infrastructure design on commons dilemmas in social ecological system dynamics", *Proceedings of the National academy of sciences*, 112(43), 13207-13212, [doi.org/10.1073/pnas.1410688112](https://doi.org/10.1073/pnas.1410688112).