



CONVEGNO

Sicurezza delle Infrastrutture

Evento pubblico organizzato dalla Fondazione Return

TORINO / **15-16 gennaio 2026** / Grattacielo Intesa San Paolo

**“Servizi climatici a supporto della gestione delle
risorse idriche: nuove soluzioni per complessità crescenti
in un mondo che cambia”**

Alberto Montanari
Professore **Università di Bologna**
Presidente **ARCA**

Srl pubblico privato di Gestione del Servizio Idrico Integrato Provincia di Reggio Emilia

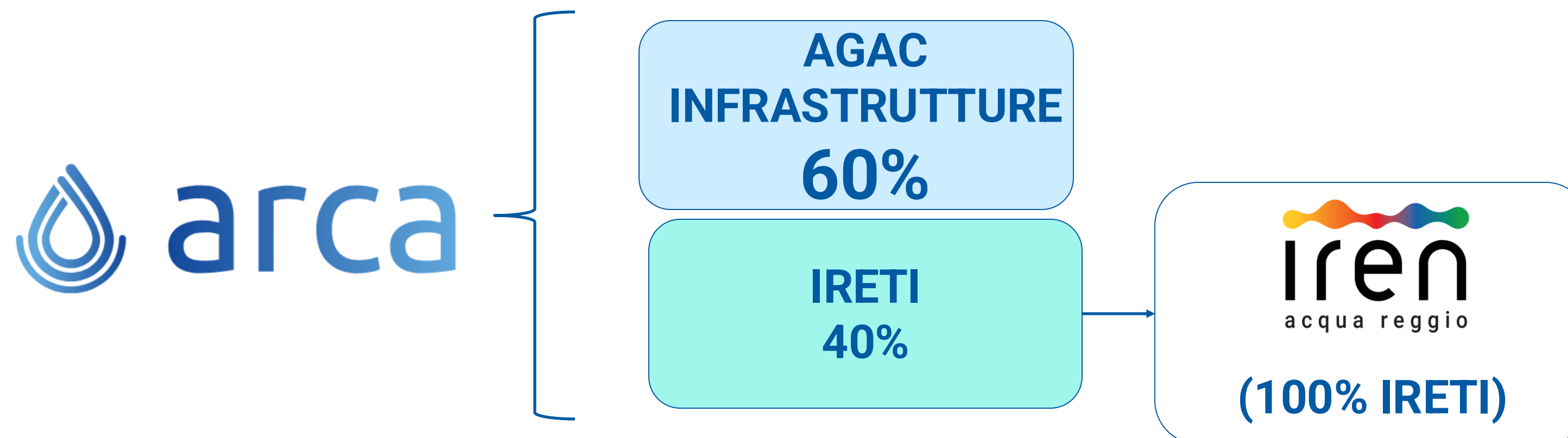
Questa presentazione è disponibile al sito web: <http://www.albertomontanari.it> – E-mail: alberto.montanari@unibo.it

Premessa: gestione delle infrastrutture, un aspetto chiave per la sicurezza

- La gestione delle infrastrutture è strettamente legata ai relativi piani per gli investimenti, monitoraggio, controllo e manutenzione.
- Il nodo della gestione pubblica/privata.
- Il nodo della comunicazione con l'utenza e con il pubblico.
- L'esempio di ARCA Srl per la gestione del servizio idrico integrato (SII) in Provincia di Reggio Emilia.
- **Alcuni numeri di SII Reggio Emilia:**
 - Numero Comuni serviti: 41
 - Rete acquedotto – 2023: 4.987 km
 - Rete fognatura (esclusi allacci) – 2023: 3.494 km
(di cui mista 2.141 km; di cui bianca 784 km, di cui nera 569 km)
 - Abitanti serviti acquedotto (2023): 489.027
 - Volume prelevato (2023)~ 44,4 mln mc (82% da falda, 7,5% da sorgente, 10,5% da acque superficiali)
 - Volumi distribuiti (2023) ~ 31,7 mln mc
 - Investimenti: ~ 26 mln € / anno (2024-2029)

Premessa: ARCA e Iren Acqua Reggio (1)

- ARCA Srl (*Azienda Reggiana per la cura dell'Acqua*) è una **società a prevalente capitale pubblico**, ai sensi dell'art. 17 del D. Lgs. 175/2016 e s.m.i., costituita il 30 Novembre 2023 dal Socio Pubblico **AGAC Infrastrutture S.p.A.** (60% del capitale sociale) e dal Socio Privato **IRETI S.p.A.** (40% del capitale sociale), quest'ultimo aggiudicatario della Gara bandita da ATERSIR per la selezione del socio privato di minoranza del nuovo Gestore affidatario del Servizio Idrico Integrato.
- La Concessione per la gestione del SII nel Bacino di Reggio Emilia (escluso Comune di Toano) ha durata pari a **20 anni** (1° gennaio 2024 - 31 dicembre 2043).
- Il modello di affidamento è regolamentato da specifiche Convenzioni che disciplinano le modalità di gestione e normalizzano i rapporti intercorrenti tra le parti definendone i relativi e specifici compiti. Come previsto da tali Convenzioni sottoscritte, è stata costituita la **Società operativa territoriale (SOT) IREN ACQUA REGGIO Srl**, partecipata al 100% dal socio privato IRETI SpA, a cui sono stati affidati specifici compiti operativi per la gestione del Servizio idrico integrato.



Premessa: ARCA e Iren Acqua Reggio (2)

La gestione pubblico-privato:

- **Consente ai comuni** di evitare impegno di capitale per gli investimenti (ammortamento degli investimenti da corrispondere al gestore precedente);
- **Consente al socio privato** di concentrarsi sull'operatività delegando al socio pubblico il rapporto con le amministrazioni comunali;
- **Avvia un dialogo diretto** fra i comuni e la propria rappresentanza espressa con il socio pubblico, e con il socio privato concentrato sulla gestione locale;
- **Le amministrazioni comunali mantengono un rapporto diretto** con le autorità di controllo ed esercitano direttamente il proprio ruolo di indirizzo per gli investimenti finalizzati a garantire i parametri di qualità della gestione.



Depuratore di Mancasale
Ogni anno, dalla data di avvio dell'impianto (2016), si immettono nel canale ad uso irriguo **oltre 6 milioni di mc** di acqua

Nel 2024 sul territorio della provincia di Reggio Emilia si sono registrate perdite idriche reali in distribuzione del **23,70%**

ACQUEDOTTI

Volumi prelevati dall'ambiente ed energia consumata

VOLUMI PRELEVATI



Nel 2003	52,0 milioni di mc
Nel 2009	49,7 milioni di mc
Nel 2018	46,0 milioni di mc
Nel 2024	43,8 milioni di mc

acqua prelevata dall'ambiente in sensibile diminuzione

ENERGIA CONSUMATA



Nel 2003	30,0 milioni di kWh
Nel 2009	26,0 milioni di kWh
Nel 2018	22,5 milioni di kWh
Nel 2024	22,2 milioni di kWh

In calo l'energia consumata per il funzionamento degli impianti di acquedotto

(Nota bene: gli abitanti serviti dall'acquedotto nel 2003 erano 430.000, nel 2024 oltre 500.000!!)

Premessa: "day zero"

La Spada di Damocle dei sistemi di gestione idrica moderni

"Giorno zero" (o "Day Zero") riferito agli acquedotti indica il punto critico in cui le riserve idriche di una città **scendono a livelli pericolosamente bassi**, portando al razionamento o all'interruzione totale dell'approvvigionamento. Il rischio di "giorno zero" si è recentemente presentato a Città del Capo (2018, https://en.wikipedia.org/wiki/Cape_Town_water_crisis) ed a Barcellona (2023-2024).

Per un sistema di distribuzione idrica moderno, si tratta di un evento che originerebbe una serie di **collassi infrastrutturali a cascata**, generando un'emergenza di altissimo livello.

Gli eventi critici sono quelli di "**magra pluriennale**", ovvero periodi di scarsità di precipitazione che possono durare per molti anni. Si tratta di eventi che, storicamente, si sono verificati in tutti i continenti. Nessuna parte del mondo ne è immune.

L'ultima magra di lungo periodo in Italia risale al secondo dopoguerra. A Bologna, l'altezza di precipitazione cumulata annuale è risultata inferiore del 22% in media dal 1945 al 1952, rispetto alla media di lungo periodo.

Se un evento simile si verificasse al giorno d'oggi l'impatto socio-economico sarebbe molto maggiore rispetto al allora.

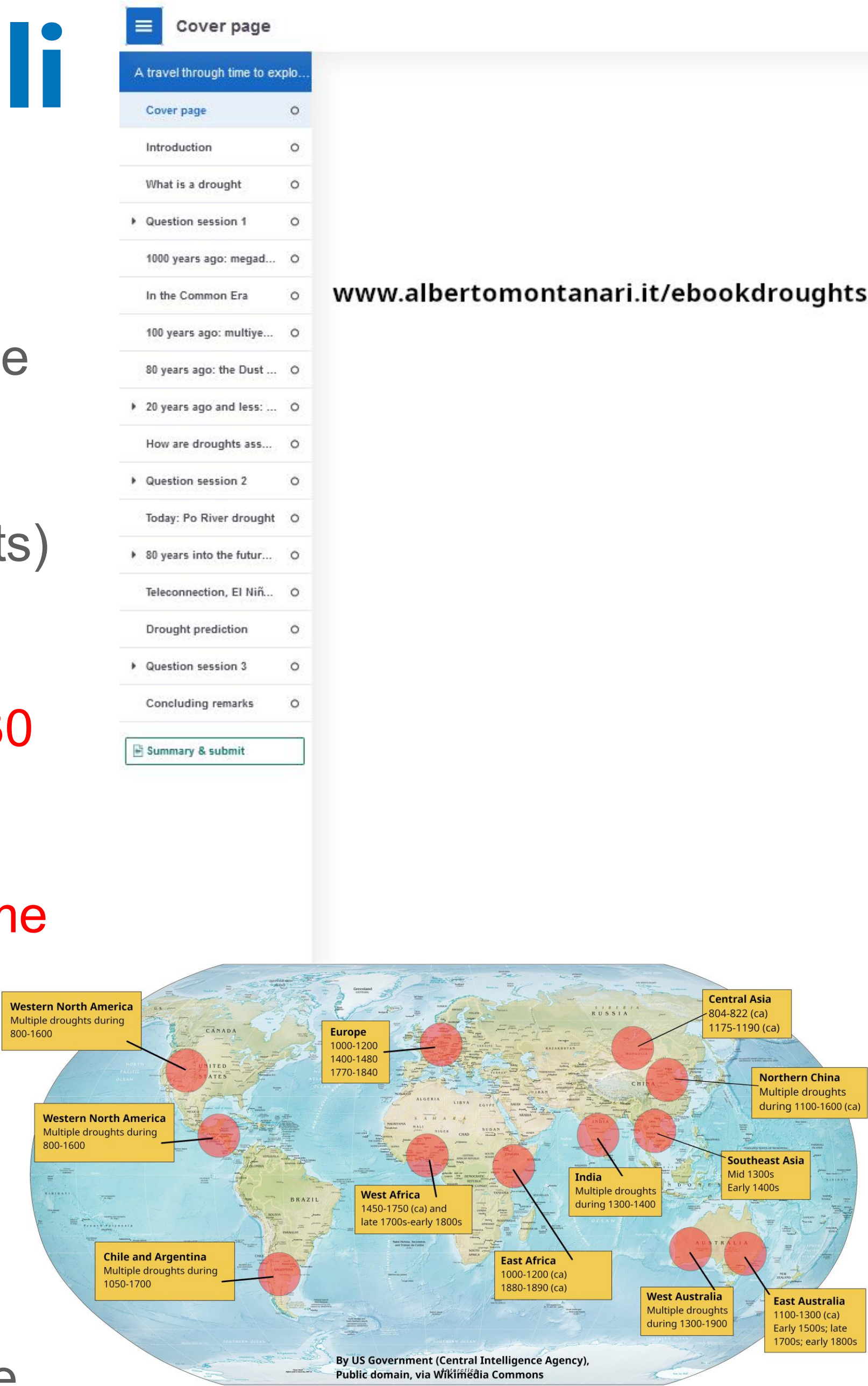
Magre pluriennali

Sul mio sito ho predisposto un ebook (che include alcune pagine interattive facoltative) che presenta la ricostruzione storica di alcune magre di lunga durata rilevanti.
(www.albertomontanari.it/ebookdroughts)

Esempi notevoli:

- La Dust Bowl negli Stati Uniti (anni 30 del novecento);
- La Millenium Drought in Australia;
- Le magre recenti nel bacino del Fiume Po;
- La megamagra sul bacino del Po nel 12esimo secolo.

Si veda, per maggiori dettagli:
www.albertomontanari.it/climatechange



Redrawn after Cook, B. I., Smerdon, J. E., Cook, E. R., Williams, A. P., Anchukaitis, K. J., Mankin, J. S., ... & Wise, E. K. (2022). Megadroughts in the Common Era and the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(11), 741-757.



A travel through time to explore past and future megadroughts

Droughts are one of the most impactful weather induced risks. They have been considered a relevant threat since early times, when the occurrence of below average precipitation, for long periods, has determined the fate of several ancient civilisations.

An interesting witness of the concern raised by droughts in ancient times is given by the Old Testament, where in the Genesis we read: "Seven years of great abundance are coming throughout the land of Egypt, but seven years of famine will follow them." Then, the famous mathematician Benoit Mandelbrot coined the term "Joseph Effect" to postulate that climate movements over time tend to be part of larger trends and cycles more often than being random. Precisely, the seven good years are known as the Joseph Effect, while the seven bad years are known as the Noah Effect. This example clearly shows that multi-year weather oscillations were a major concern for ancient humanity already.

This interactive book aims to explore the features of the drought risk, by accompanying the reader in a travel through time, to understand why droughts are risky and why they are becoming more and more impactful for modern society. The travel through time will also move into the future, to explore how climate change may affect drought risk.

Please note the travel is evolving. As new interesting space and time location come to my attention, the travel will change its itinerary. Meanwhile, please do contact me if you have any suggestion, criticism, or corrections to suggest.

I suggest that you embark on your travel in full screen mode, by clicking on the icon that you find in the upper right corner of the screen.

[A "presentation mode" version of the ebook can be downloaded here.](#)

Enjoy your travel!

Last revised on July 3rd, 2024

80 anni fa: la Dust Bowl (fonte: www.albertomontanari.it/ebookdroughts)

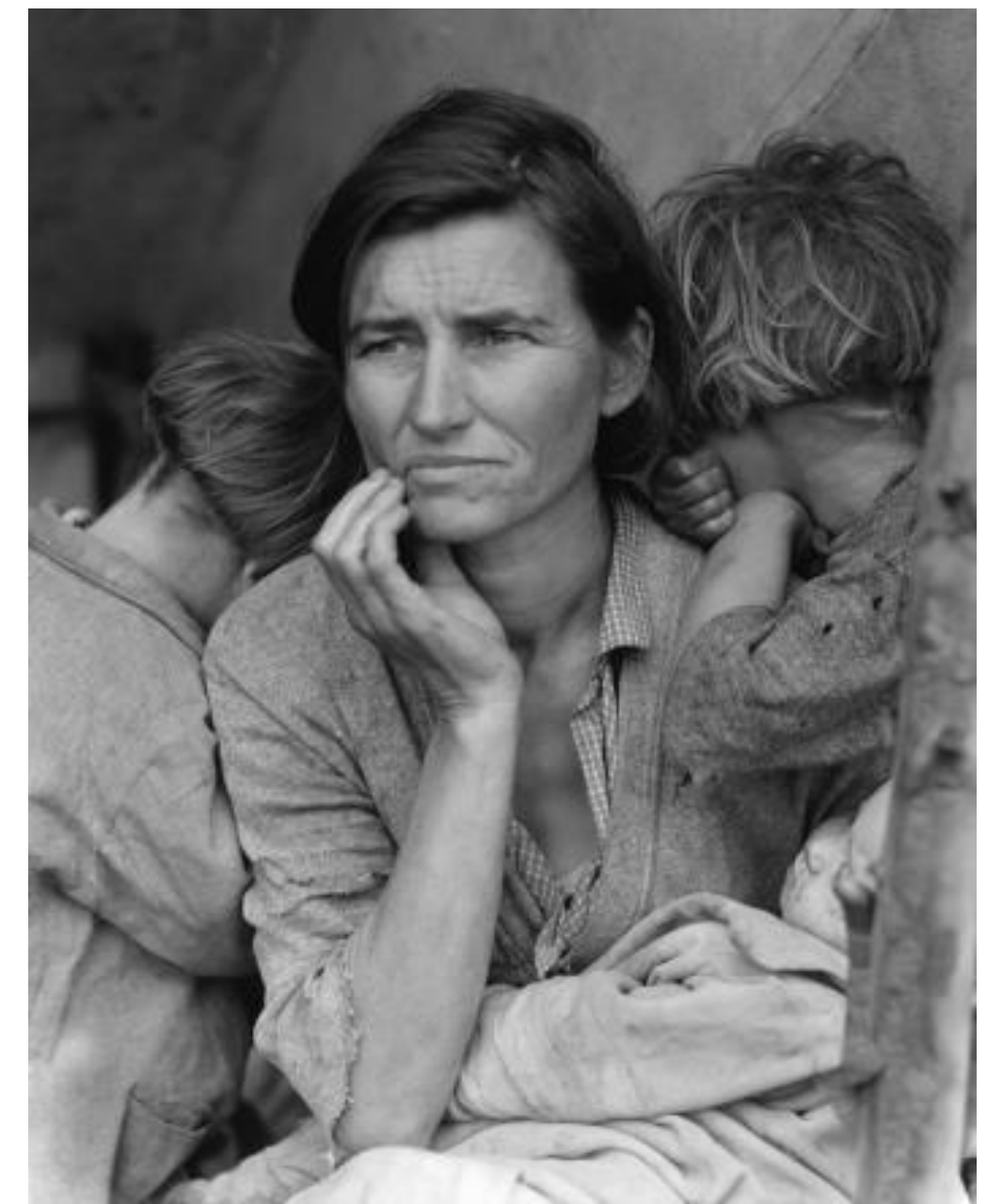
La [Dust Bowl](#) fu una **siccità prolungata** che colpì le praterie centrali degli Stati Uniti durante gli anni Trenta del Novecento. **È uno dei più rilevanti disastri ecologici che abbiano mai colpito gli USA.**

Il Dust Bowl costrinse circa 500.000 persone ad abbandonare le proprie case e a migrare. La tragedia fu documentata da diversi fotografi che prepararono rapporti per il governo degli Stati Uniti. Dorothea Lange, che lavorava per la US Farm Security Administration, scattò la famosa fotografia della Migrant Mother, mostrata sulla destra (di pubblico dominio, disponibile su Wikimedia Commons).

Le cause del Dust Bowl possono essere riassunte nei seguenti punti:

- La geografia della regione, uniformemente pianeggiante o leggermente inclinata, priva di protezione contro i venti.
- **L'Homestead Act del 1862** che consentiva a un richiedente di acquisire la proprietà di terreni governativi o del demanio pubblico, generalmente chiamati homestead. In totale, oltre 650.000 chilometri quadrati di terre pubbliche, quasi il 10% dell'area totale degli Stati Uniti, furono concessi gratuitamente a 1,6 milioni di coloni.
- **Un periodo insolitamente lungo e piovoso** durante i decenni 1860 e 1870. L'aumento delle precipitazioni incoraggiò le persone a trasferirsi nella regione, con l'illusione che il clima **fosse cambiato in modo permanente**.
- L'uso di metodi agricoli che ridussero la resistenza all'erosione eolica. In particolare, gli agricoltori passarono a una coltivazione intensiva delle colture con un uso esteso dell'aratura.
- **Il verificarsi di una lunga siccità dopo un periodo di abbondanti piogge.** Oggi sappiamo bene che la memoria delle cattive condizioni e dei disastri non dura a lungo; pertanto, i periodi di abbondanza possono aumentare l'esposizione e la vulnerabilità ai rischi naturali.

[A documentary on the Dust Bowl \(from YouTube\)](#)
[Causes of the Dust Bowl \(from YouTube\)](#)



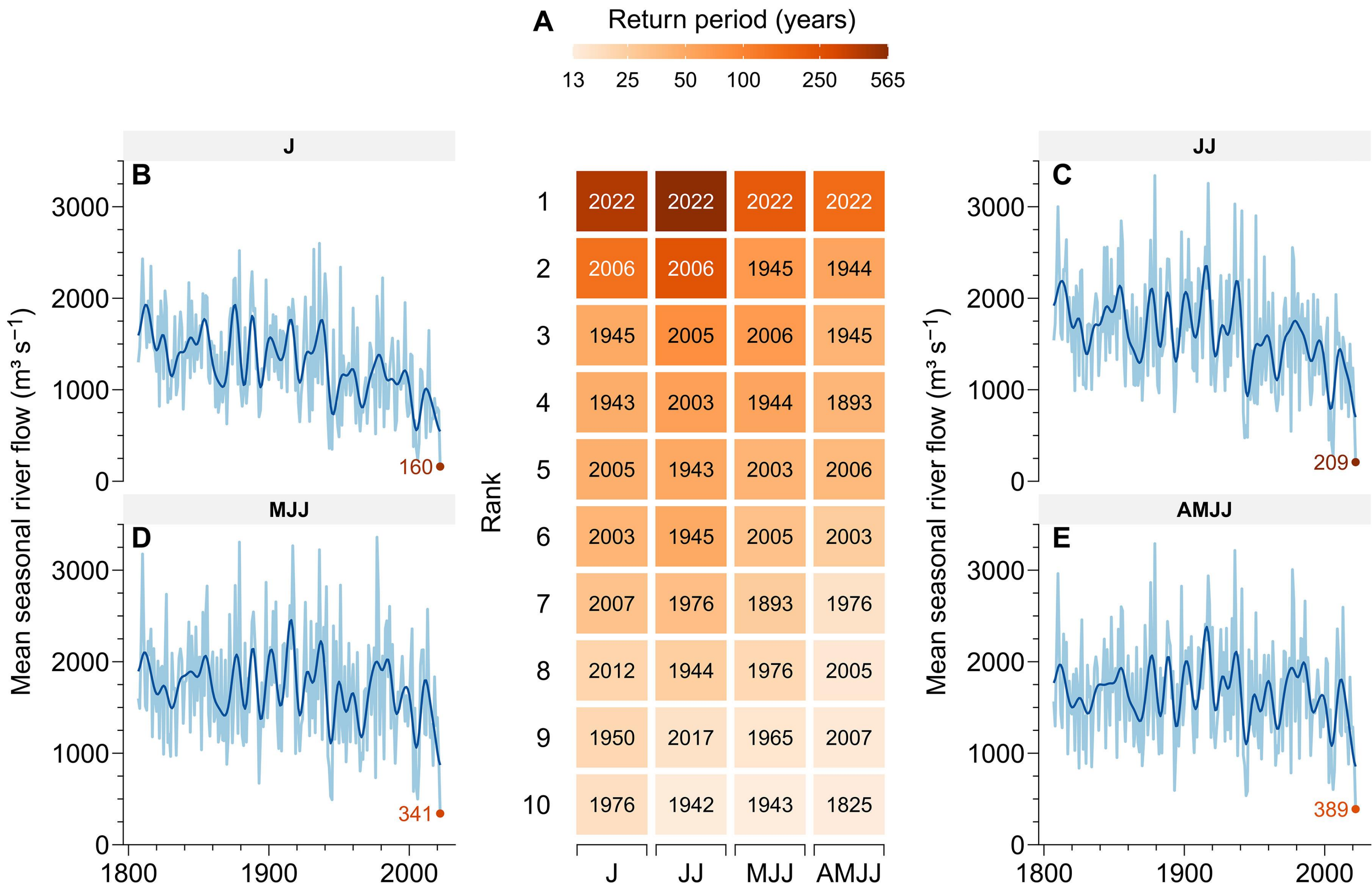
The migrant mother



Nuvole di polvere in Texas durante la [Dust Bowl](#).

Arthur Rothstein, dominio pubblico, via Wikimedia Commons

La magra del Fiume Po del 2022 (fonte: www.albertomontanari.it/ebookdroughts)



(A)

Le 10 magre più rilevanti nel bacino del Fiume Po a Pontelagoscuro in termini di deflussi medi in ogni anno e per diversi periodi di aggregazione temporale: luglio, giugno-luglio, maggio-giugno-luglio, e aprile-maggio-giugno-luglio. Il colore delle caselle che indicatn gli anni di accadimento corrispondono al tempo di ritorno del deflusso.

(Da B a E)

Deflussi medi del Fiume Po a Pontelagoscuro in ogni finestra di aggregazione temporale nel period 1807-2022 (linea blu) e media mobile centrata su finestra di 10 anni (linea blu spessa).

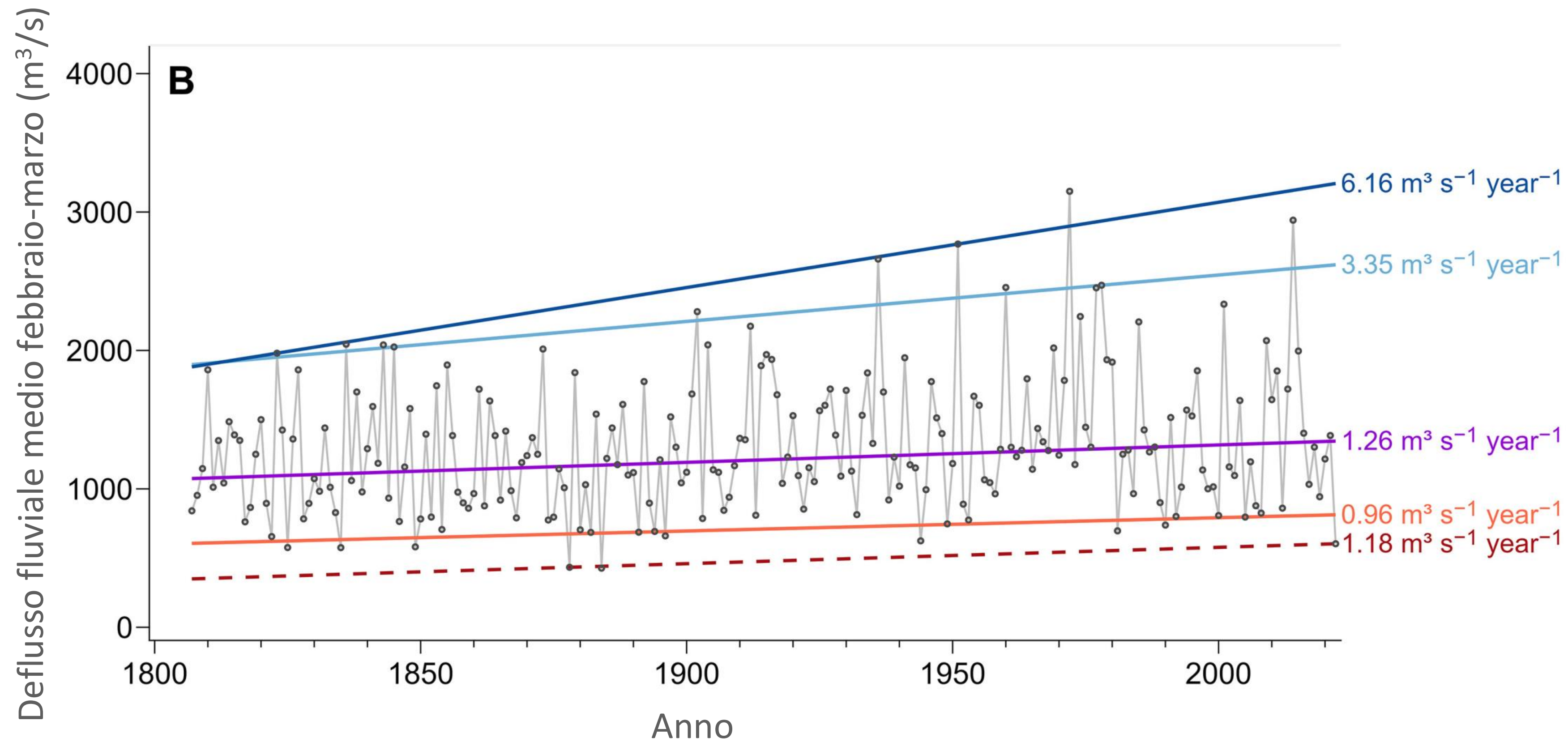
Il deflusso medio dell'estate 2022 è riportato nel colore corrispondente al tempo di ritorno (anche indicato numericamente).

La magra del 2022 non appare un evento isolato, poichè sembra essere il risultato di una tendenza decrescente, ma solo nei mesi estivi.

La magra del Fiume Po del 2022 (fonte: www.albertomontanari.it/ebookdroughts)

I deflussi fluviali medi del Fiume Po a Pontelagoscuro **nei mesi di febbraio e marzo sono in crescita** per il calo delle precipitazioni nevose e lo scioglimento fluviale anticipato. Si veda anche Montanari (2012).

Importante la considerazione del **cambiamento della stagionalità dovuto al cambiamento climatico**.



Si veda, per maggiori dettagli:
www.albertomontanari.it/climatechange

Ricostruzione di magre di lunga durata per il bacino del Fiume Po dall'anno 1100 (1)

- **Deflussi annuali del Fiume Po a Pontelagoscuro** ricostruiti mediante una tecnica innovativa di analisi degli **anelli di crescita di alberi**;
- Deflussi annuali del Fiume Po ricostruiti mediante **modelli paleoclimatici globali**;
- **Validazione incrociata** delle due ricostruzioni e validazione **con osservazioni storiche** del periodo 1920 – 2022.
- **Verifica della bontà delle due ricostruzioni** nell'identificazione delle magre di lunga durata;
- **Proiezione fino al 2100** dell'andamento dei deflussi medi annuali;
- **La bontà della ricostruzione del clima storico non implica altrettanta attendibilità nella simulazione del clima futuro** poichè i modelli lavorano nel futuro in estrapolazione rispetto alle concentrazioni di CO₂ nell'atmosfera.

(Allo stesso modo, la simulazione non attendibile dei modelli del clima storico non implica simile inattendibilità per la proiezione del clima futuro).

AGU Advances

RESEARCH ARTICLE
10.1029/2024AV001393

Peer Review The peer review history for this article is available as a PDF in the Supporting Information.

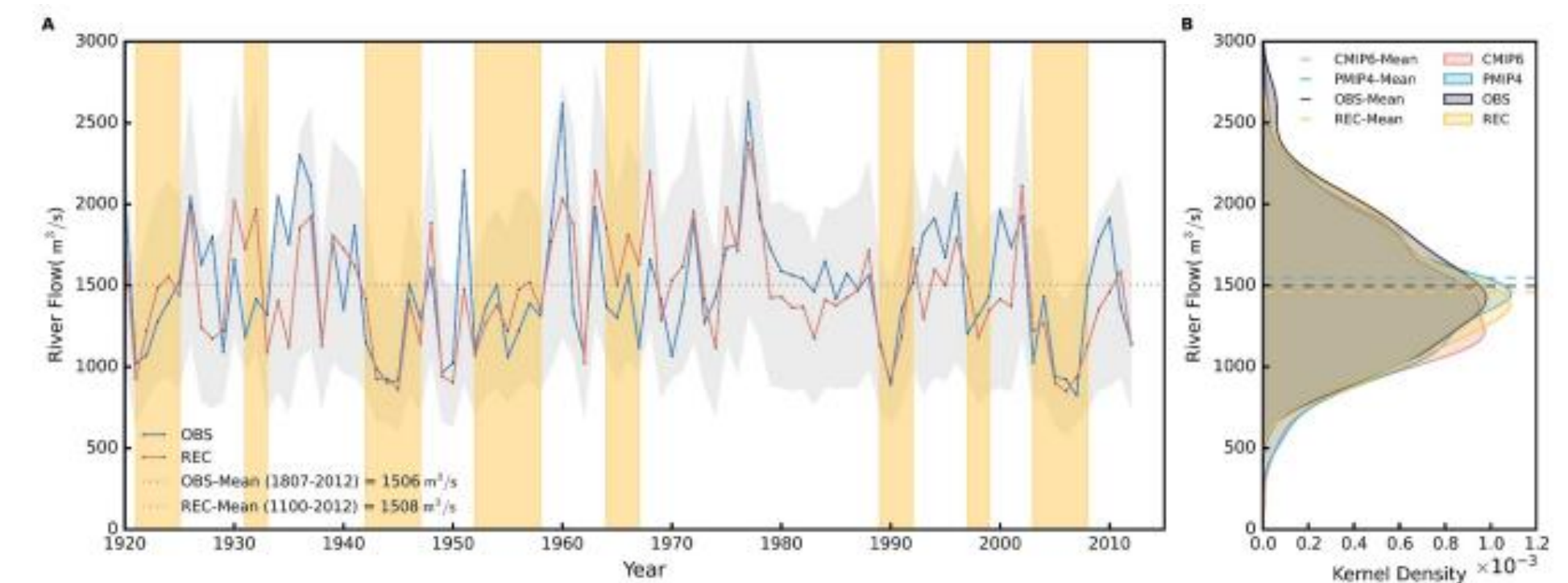
Key Points:

- Framework for drought hazard estimation through river flow observations, tree-ring-based reconstructions, and climate model

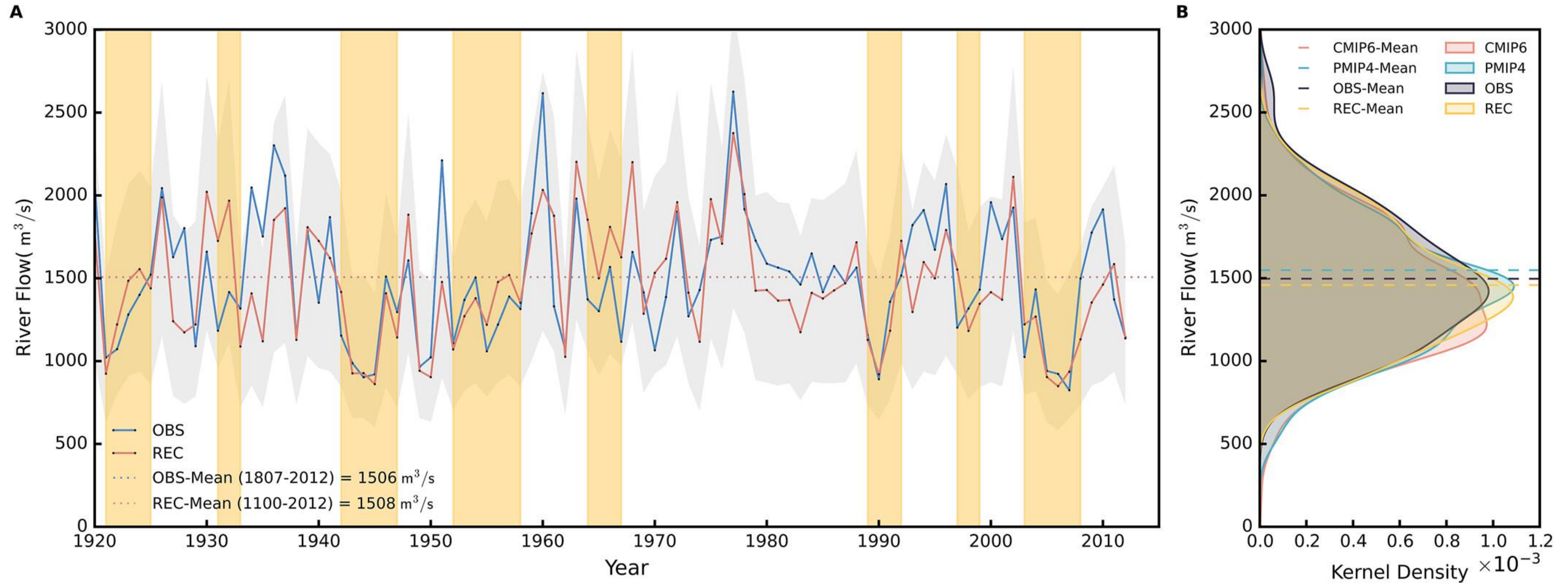
Bridging Information From Paleo-Hydrological and Climate Model Ensembles to Assess Long Term Hydrological Drought Hazard

Rui Guo¹, Hung T. T. Nguyen², Stefano Galelli³, Serena Ceola¹, and Alberto Montanari¹

¹Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering (DICAM), Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, Italy, ²Department of Earth Science and Environmental Change, University of Illinois Urbana-Champaign, Champaign, IL, USA, ³School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY, USA



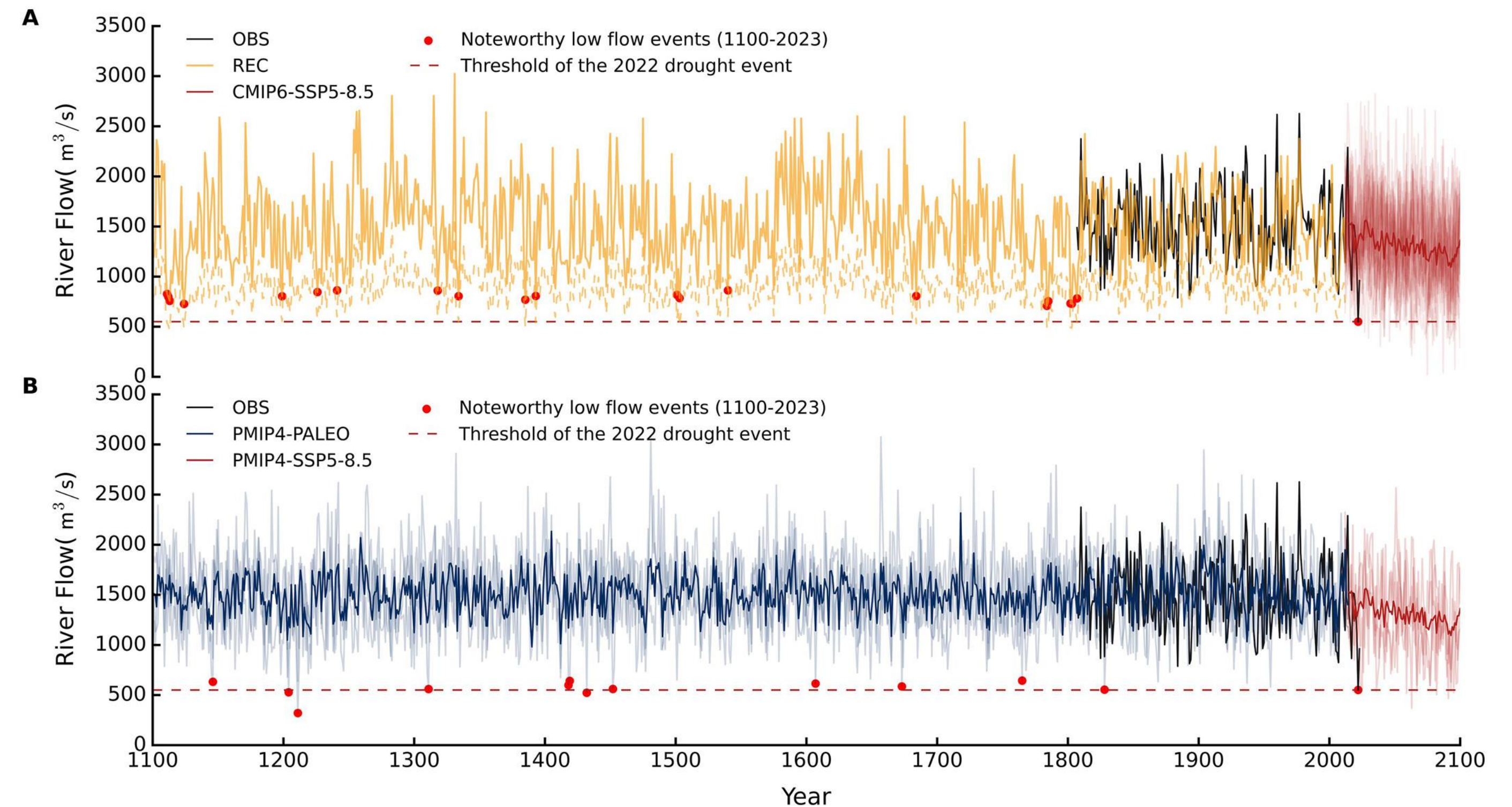
Ricostruzione di magre di lunga durata per il bacino del Fiume Po dall'anno 1100 (1)



(Allo stesso modo, la simulazione non attendibile dei modelli del clima storico non implica simile inattendibilità per la proiezione del clima futuro).

Ricostruzione di magre di lunga durata per il bacino del Fiume Po dall'anno 1100 (2)

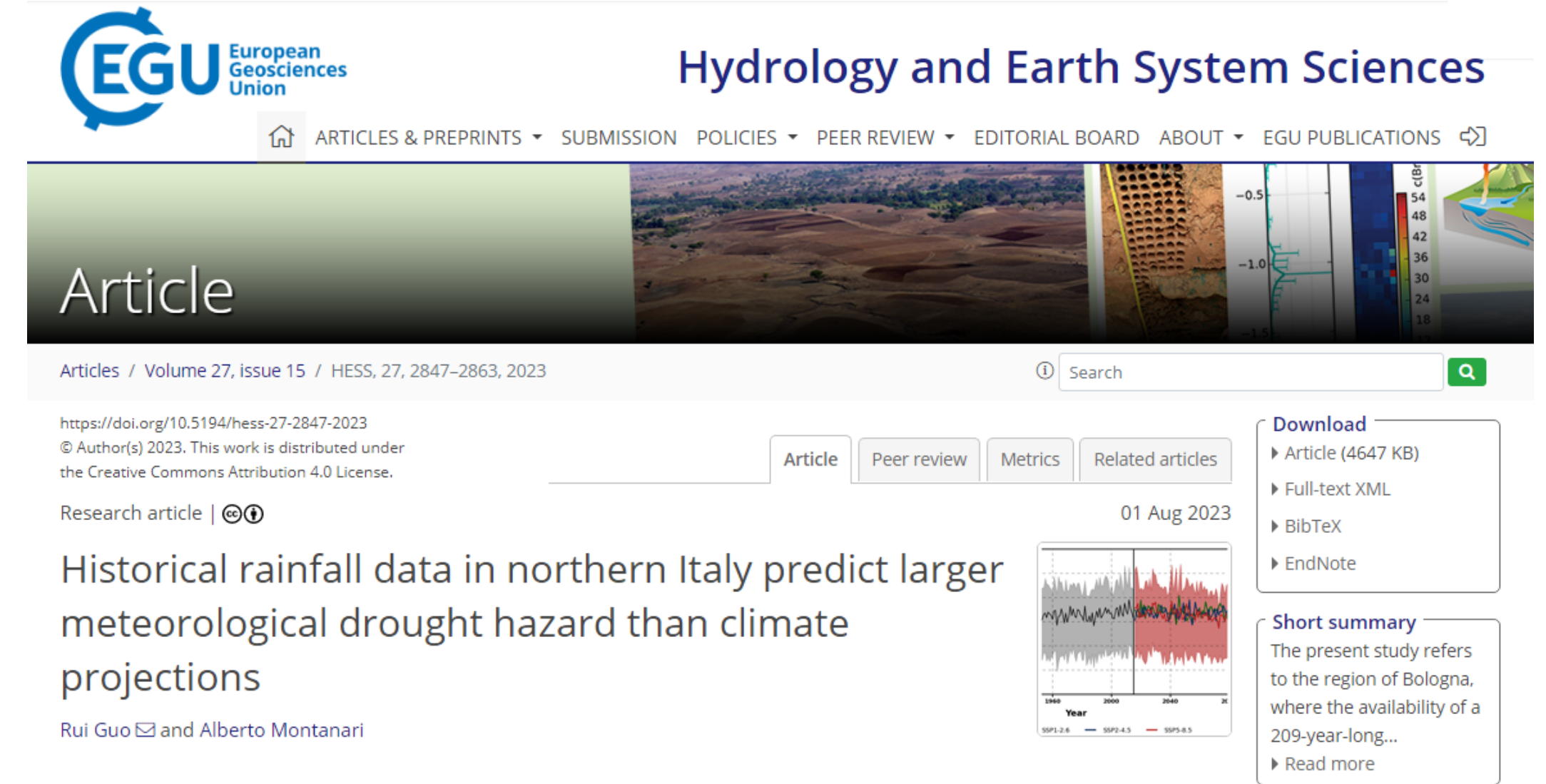
"In particolare, rileviamo il verificarsi di periodi eccezionalmente severi di siccità durante il Periodo Caldo Medievale (MCA), il Rinascimento e la tarda Piccola Era Glaciale (LIA), **con una durata di almeno 40 anni**. Queste siccità sembrano essere più estreme rispetto ai periodi secchi osservati durante il periodo strumentale (1807–2023)."



"È degno di nota che i modelli climatici proiettano in modo coerente una tendenza alla diminuzione della portata media fluviale nel futuro, il cui valore medio potrebbe risultare inferiore alla condizione più secca rappresentata dalle ricostruzioni e dalle simulazioni paleoclimatiche. Inoltre, le condizioni di siccità annuali e multidecadali future probabilmente somiglieranno, o addirittura supereranno, l'evento più grave registrato durante il MCA."

Quali soluzioni per stimare il rischio di magra di lunga durata?

- **Non è chiaro se il cambiamento climatico abbia accentuato il rischio di magra di lunga durata;**
- **Il cambiamento climatico non è uguale dappertutto** e non implica necessariamente un peggioramento diffuso della resilienza delle infrastrutture e politiche di gestione;
- Sicuramente **con clima caldo l'impatto di magre è accentuato**, ma rimane da chiarire se e come il riscaldamento globale abbia intensificato frequenza e severità delle magre;
- **I modelli climatici non consentono di ottenere stime attendibili per le magre di lunga durata future;**
- **Non è chiaro se il cambiamento climatico abbia accentuato il rischio di magra di lunga durata;**
- Guo e Montanari (2023): **la stima della frequenza delle magre in ipotesi di stazionarietà è più cautelativa rispetto alla previsione climatica, anche a valle di tecniche di "bias correction".**

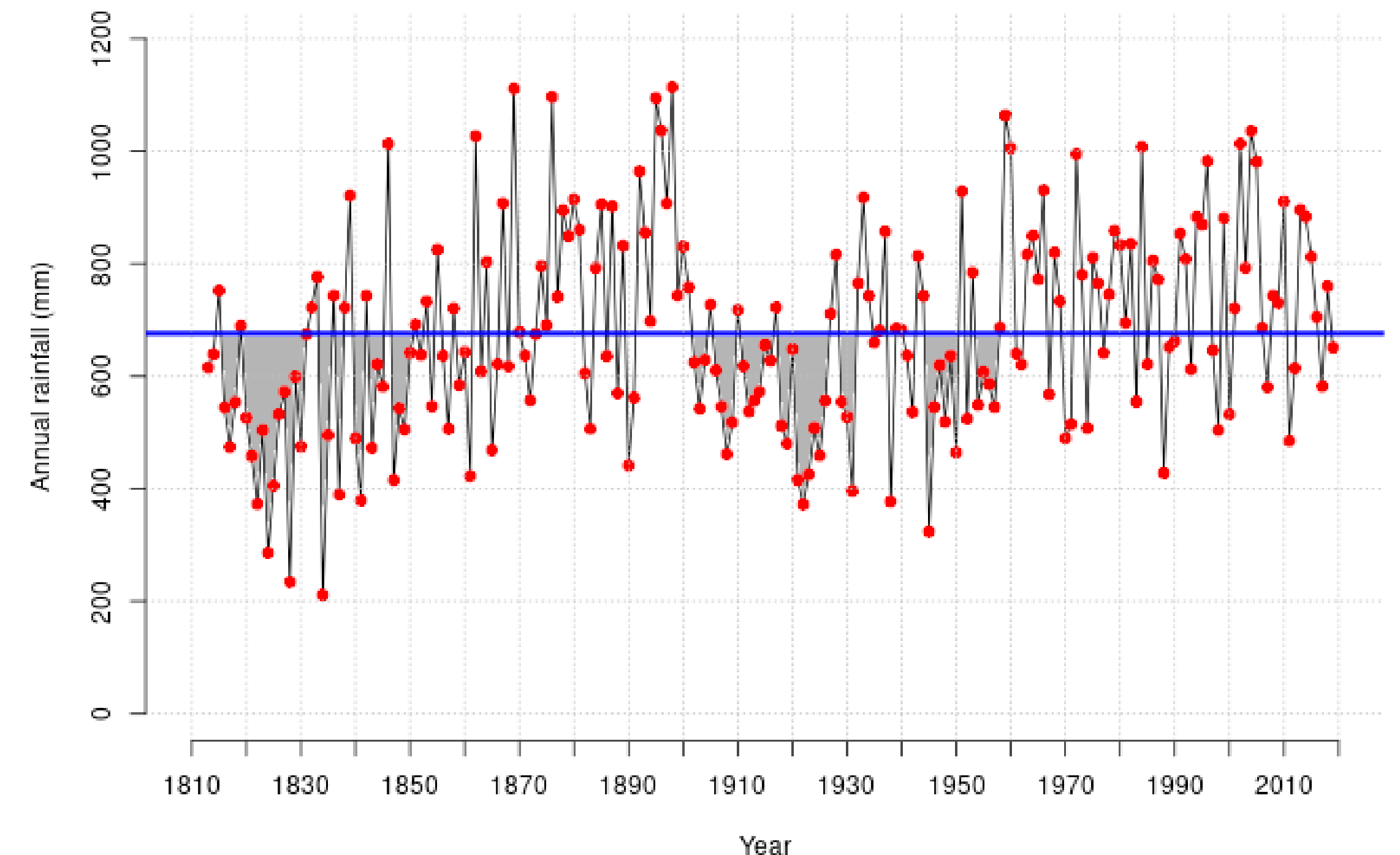


Quali soluzioni: premessa

- Non c'è alcun dubbio che **la resilienza delle infrastrutture** nei confronti di estremi climatici e cambiamento climatico **sia una priorità massima**.
- La stima degli eventi estremi, in condizioni di stazionarietà e cambiamento climatico, è uno dei temi chiave delle scienze idrologiche da decenni, **sul quale la comunità scientifica italiana ha espresso contributi di massima importanza**.
- **La soluzione al problema non può che derivare dalla fusione delle competenze** delle scienze climatiche con quelle idrologiche, giuridiche, economiche e sociali. Ignorare una delle componenti significa perdere pezzi essenziali. Ad esempio, come è possibile pianificare resilienza senza considerare il valore economico degli investimenti e senza considerare le competenze e responsabilità dei diversi attori?
- Purtroppo spesso assistiamo ad **approcci settoriali**.
- **I servizi climatici giocano un ruolo chiave** ma devono essere predisposti con il coinvolgimento delle competenze di cui sopra.
- **La stima del clima futuro, con relative incertezze stimate con approccio ingegneristico**, è la base di partenza.

Quali soluzioni: simulazione stocastica (progetto RETURN)

- La simulazione stocastica è un approccio tradizionale ma solo di recente sono stati proposti **modelli in grado di simulare variabili su diverse scale spaziali e temporali**.
- La simulazione stocastica permette di simulare situazioni ed eventi che **non si sono verificati ma che avrebbero potuto verificarsi** con la stessa probabilità con la quale si sono materializzati gli eventi osservati.
- **Esempio:** serie delle precipitazioni giornaliere di Bologna (1813 – oggi): messa a punto di modello CoSMoS (Papalexiou, 2022) integrato con modello FARIMA (0,d,0) di altezza di precipitazione annuale, integrato con assegnate variazioni di statistiche di clima futuro (derivate da modelli climatici o pratica ingegneristica).



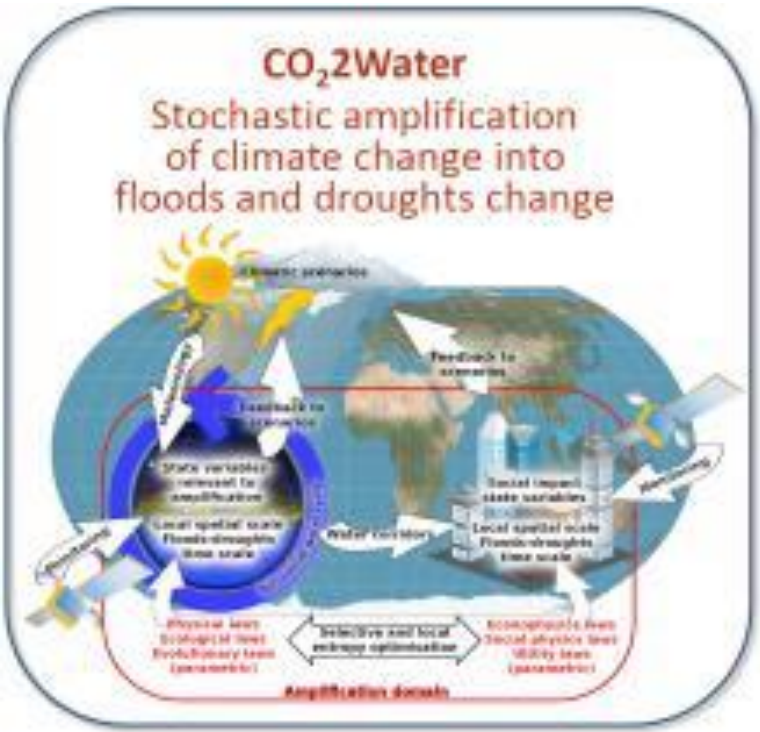
Considerazioni conclusive (1)

- Il cambiamento climatico non è ovunque lo stesso. In dipendenza dalla situazione locale occorre studiare come incrociare **tutta l’informazione disponibile**, includendo informazione da modelli climatici, simulazione stocastica, valutazione ingegneristica delle specificità locali.
- La valutazione della soluzione più opportuna è compito dei **servizi climatici**, necessariamente ottimizzati sfruttando la **completezza dell’informazione disponibile in ottica transdisciplinare**.
- Prestare particolare attenzione alle situazioni che originano "amplificazione dell’impatto", ovvero situazioni "sorpresa", non previste anche se plausibili, che possono originare impatto improvvisamente amplificato (ad esempio, cascata di carenze infrastrutturali).



Dettagli su:
www.albertomontanari.it

Fondo italiano per la scienza
Advanced Grant CO₂Water



Considerazioni conclusive (2)

- **Sistemi di gestione del servizio idrico integrato**: un punto chiave, che costituisce un indicatore di resilienza da utilizzare nell'ambito dei servizi climatici, è la **diversificazione delle fonti**. Sistemi che contano su una fonte per più del 60% dell'approvvigionamento idrico devono essere oggetto di attenta valutazione.
- **La resilienza** nei confronti delle magre di lunga durata non può essere assicurata dalla sola risorsa idrica superficiale. **I serbatoi artificiali difficilmente possono assicurare un compenso di lunga durata**. E' essenziale **il contributo delle acque sotterranee**, che reagiscono più lentamente alla magra, che devono essere protette durante l'utilizzo ordinario.
- **Lo studio della resilienza delle acque sotterranee è dunque elemento chiave**. Nota bene: la letteratura sta mettendo in evidenza l'utilità a questo fine di metodi "machine learning" (Delfini et al., 2025; 2026).
- **La chiave di volta è il risparmio idrico, comprensivo di riuso e riduzione delle perdite**.
- **Ulteriore elemento essenziale è la gestione**: la soluzione **pubblico-privato** con maggioranza a partecipazione pubblica è un'opzione interessante.

Referenze

- Guo, R., & Montanari, A. (2023). Historical rainfall data in northern Italy predict larger meteorological drought hazard than climate projections. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(15), 2847-2863.
- Guo, R., Nguyen, H. T., Galelli, S., Ceola, S., & Montanari, A. (2025). Bridging information from paleo-hydrological and climate model ensembles to assess long term hydrological drought hazard. *AGU Advances*, 6(2), e2024AV001393.
- Delfini, I., Chahoud, A., Zamrsky, D., & Montanari, A. (2025). Assessment of climate change impacts on groundwater exploitation sustainability in the Emilia-Romagna region (Italy). *Hydrological Sciences Journal*, (just-accepted).
- Delfini, I., Zamrsky, D., & Montanari, A. (2026). *A comparative analysis of physics-based and machine learning methods for sustainable aquifer management in the Emilia-Romagna region (Italy)*, manuscript to be submitted.
- Montanari, A. (2012). Hydrology of the Po River: looking for changing patterns in river discharge. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(10), 3739-3747.
- www.albertomontanari.it
- www.albertomontanari.it/ebookdroughts
- www.albertomontanari.it/climatechange

Grazie!

