

# LA VITA NEI FIUMI



estratto da

SEGNALI  
DAL CLIMA **FVG**

CAMBIAMENTI  
IMPATTI  
AZIONI

Settembre 2025

## LA VITA NEI FIUMI

- 7 GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI DELLE ACQUE DOLCI
- 13 FIUMI SEMPRE PIÙ INTERMITTENTI: MONITORARE IL CAMBIAMENTO CON LE DIATOMEE
- 19 MACROFITE: LE PIANTE ACQUATICHE CHE REGISTRANO I CAMBIAMENTI NEL TEMPO
- 25 MACROINVERTEBRATI: PICCOLI ANIMALI, GRANDI BIO-INDICATORI PER GLI ECOSISTEMI ACQUATICI

“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:  
ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Friuli Venezia Giulia *nell’ambito dell’attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell’ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022*

Coordinamento editoriale:  
Federica Flapp, Fulvio Stel

Elaborazione grafica:  
Michela Mauro

“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.

ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l’uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:

<https://pixabay.com/it/>  
<https://www.google.com/maps>  
<https://climatevisual.org>  
<https://unsplash.com/it>  
<https://www.pexels.com/it-it/>  
<https://www.flickr.com>

La foto di copertina è di Emanuele Esposito

ARPA FVG  
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)  
Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626  
[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)  
<https://x.com/arpafvg>  
<https://www.instagram.com/arpafvg/>  
[https://www.youtube.com/channel/UCd04ue\\_5J9nkZzuTet2ISrg](https://www.youtube.com/channel/UCd04ue_5J9nkZzuTet2ISrg)  
<https://www.linkedin.com/company/arpa-fvg/posts/?feedView=all>  
<https://www.facebook.com/arpafvg/>

Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):  
Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:  
informazioni generali <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>  
licenza <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>



Come citare questa pubblicazione:  
Segnali dal clima in FVG. Notizie dal Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG. (ARPA FVG, 2025)

# Segnali dal Clima

Come sta cambiando il clima in Friuli Venezia Giulia e come cambierà in futuro? Con quali effetti su ambiente, economia e società? Quali strumenti e conoscenze abbiamo a disposizione, nella nostra regione, per agire sulle cause dei cambiamenti climatici e per ridurre gli impatti? Come si stanno attivando le istituzioni, la società, gli enti scientifici e di ricerca?

A queste domande, anno dopo anno, cerca di rispondere *Segnali dal clima in FVG*, una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affrontando questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Il 2024 è stato l'anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia, come anche a livello globale: un record che si inserisce in una tendenza climatica ben evidenziata dai dati e che proseguirà in futuro. Per far fronte ai cambiamenti del clima e alle loro molteplici implicazioni, nel 2025 la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha avviato il percorso per elaborare LA STRATEGIA E IL PIANO CLIMA FVG: gli strumenti per pianificare, con un approccio integrato e innovativo, le azioni regionali per la mitigazione e per l'adattamento ai cambiamenti climatici. L'edizione 2025 dei *Segnali* si apre quindi con una sezione che illustra questo percorso, che si svilupperà con la partecipazione dei diversi attori del territorio e della cittadinanza. È quindi fondamentale promuovere la conoscenza e la consapevolezza di tutta la popolazione riguardo a questi temi.

Attraverso le pagine dei *Segnali*, gli esperti degli enti che compongono il Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG raccontano e spiegano i diversi eventi, fenomeni e attività collegati ai cambiamenti climatici, mettendo a disposizione le loro conoscenze con l'obiettivo di renderle accessibili e interessanti per tutta la cittadinanza. Come? Traducendo le informazioni tecnico-scientifiche in un linguaggio comprensibile e utilizzando esempi, immagini, infografiche che le rendono più chiare e immediate. Ma rendere più semplici e accessibili argomenti complessi non significa banalizzarli: attraverso la lettura di *Segnali dal clima in FVG* il lettore può rendersi conto di come tutti gli elementi - i cambiamenti dei diversi fattori climatici, le

implicazioni per i vari sistemi naturali e settori socio-economici, le risposte che possiamo mettere in campo - siano interconnessi. E di come ciò che avviene nella nostra regione sia collegato a ciò che accade su scala planetaria.

“Capire le connessioni per affrontare i cambiamenti” diventa quindi il filo conduttore che ci accompagna nel percorso di lettura di questa terza edizione dei *Segnali*, che esplora alcune nuove tematiche: IL VERDE, nelle sue diverse declinazioni; la FAUNA SELVATICA; la SALUTE UMANA. Quest'ultima è tema centrale della sezione NOI E IL CLIMA, che quest'anno si arricchisce anche di nuovi contributi sulla psicologia ambientale, l'alimentazione sostenibile e i consumi energetici futuri per climatizzare le nostre case. Tema già presente nelle precedenti edizioni è quello delle acque interne, che viene qui sviluppato con particolare riferimento alla VITA NEI FIUMI.

Nell'intero percorso di lettura, ritroviamo più volte alcuni concetti e principi trasversali, fondamentali per uno sviluppo climaticamente resiliente: i servizi ecosistemici, la naturalità e connettività degli habitat, la necessità di affrontare con approcci integrati la crisi climatica che sta diventando sistemica.

Capisaldi di questo progetto editoriale rimangono le sezioni dedicate a IL METEO E IL CLIMA, I GHIACCIAI e IL MARE, che ogni anno forniscono aggiornamenti sugli andamenti di ciascun settore grazie alle serie storiche di dati analizzate dagli esperti, a cui si aggiungono nuovi approfondimenti.

Gli articoli di *Segnali dal Clima in FVG* sono il risultato del lavoro di decine di autori appartenenti agli enti del Gruppo di lavoro Clima FVG, che vi contribuiscono su base volontaria: perciò di anno in anno variano i temi generali e gli aspetti specifici che vengono esplorati e messi in evidenza. Ma *Segnali dal clima in FVG* non “invecchia” rapidamente: rimangono quindi a disposizione online le edizioni precedenti e tutta la ricchezza delle tematiche esplorate e degli argomenti trattati.

Questo impegno divulgativo condiviso ha ricevuto un importante riconoscimento internazionale, vincendo l'*EMS 2025 Outreach & Communication Award*, il premio per la sensibilizzazione e la comunicazione attribuito dalla European Meteorological Society.

**Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico  
Clima FVG**

## L'ABC DEL CLIMA

I box o le pagine a sfondo arancione spiegano termini e concetti specifici utilizzati nell'articolo, fornendo le informazioni di base necessarie per una piena comprensione.

Lo sfondo arancione evidenzia anche i MINI-RIASSUNTI inseriti nella prima pagina di ciascun articolo.

## APPROFONDIMENTI

I box o le pagine a sfondo azzurro contengono ulteriori informazioni sull'argomento, esempi specifici, contenuti extra e spiegazioni tecniche per chi sia interessato a una lettura più approfondita.

## CONSIGLI PRATICI

I box o le pagine a sfondo verde propongono suggerimenti sui comportamenti che ciascuno può adottare a livello personale per adattarsi a cambiamenti climatici e/o ridurre le emissioni di gas serra.

# GRUPPO DI LAVORO TECNICO-SCIENTIFICO CLIMA FVG

Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico “Clima FVG” istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all’amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia**.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornisce quindi un **orientamento** e un **supporto consultivo alla pianificazione** regionale delle azioni per il clima e in particolare per **l’adattamento ai cambiamenti climatici**.

L’attività del gruppo Clima FVG favorisce poi il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicheranno sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste **conoscenze alla cittadinanza**, promuovendo quella che si chiama “climate literacy” ovvero **l’alfabetizzazione climatica** che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l’influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di “Segnali dal Clima in FVG” è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo.

## GLI ENTI E LE PERSONE



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



CNR - Istituto di Scienze Polari



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Università degli Studi di Trieste



Università degli Studi di Udine



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



Fabio Raicich



Renato R. Colucci



Filippo Giorgi



Cosimo Solidoro



Silvia Stefanelli



Giovanni Bacaro



Alessandro Peressotti

# LA VITA NEI FIUMI

estratto da

# SEGNALI DAL CLIMA FVG CAMBIAMENTI IMPATTI AZIONI

notizie dal

GRUPPO DI LAVORO TECNICO SCIENTIFICO CLIMA FVG

**Settembre 2025**

# LA VITA NEI FIUMI

**Organismi ed ecosistemi fluviali nel cambiamento climatico: monitorare gli impatti, accrescere la resilienza**

In questa sezione ci immergiamo letteralmente nel tema, esplorando l'impatto dei cambiamenti climatici sui fragili ecosistemi delle acque dolci. Gli articoli che seguono ci guidano attraverso un percorso di scoperta, mostrandoci come i nostri fiumi e i loro abitanti stiano reagendo alle nuove condizioni.

Il primo articolo ci offre un'ampia panoramica degli impatti diretti sugli ecosistemi fluviali che includono l'alterazione dei flussi, l'aumento della temperatura dell'acqua e la perdita di biodiversità, con la conseguente invasione di specie esotiche.

Da qui, scendiamo nel dettaglio con un approfondimento sui fiumi sempre più intermittenti, che ci spiega come i periodi di magra prolungati, alternati a piene significative, stiano modificando le dinamiche ecologiche: un fenomeno che si può studiare utilizzando le diatomee come bioindicatori.

I successivi due articoli ci presentano altri due potenti strumenti di monitoraggio. Il primo si concentra sulle macrofite, le piante acquatiche visibili a occhio nudo, che rispondono gradualmente ai cambiamenti ambientali. L'ultimo articolo ci fa conoscere i macroinvertebrati, piccoli animali che sono già ampiamente utilizzati come bioindicatori dello stato ecologico dei fiumi.

Ne riemergiamo con la consapevolezza che i cambiamenti climatici stanno amplificando gli effetti delle attività umane su questi ecosistemi e che una gestione ecologica dei fiumi può contribuire in modo importante ad accrescerne la resilienza.



# GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI DELLE ACQUE DOLCI

I cambiamenti climatici hanno un impatto diretto sugli ecosistemi delle acque dolci, in particolare sui fiumi: alterano i flussi e accentuano l'intermittenza dei corsi d'acqua; ne aumentano la temperatura, accelerando l'evaporazione e aumentando la concentrazione di inquinanti; modificano la biodiversità, favorendo anche l'invasione di specie esotiche e mettendo a rischio la resilienza\* degli ecosistemi acquatici.

Sono quindi necessari monitoraggi specifici e azioni per tutelare le acque interne e gli ecosistemi fluviali.

L'elemento acqua, indispensabile per la vita, è direttamente esposto agli effetti del riscaldamento globale, che poi si riversano a cascata sugli organismi e sugli ecosistemi acquatici.

L'acqua rappresenta infatti il **principale costituente della biosfera**; ricopre infatti circa il 70% dell'intero globo terrestre in termini di superficie, senza contare la percentuale presente come vapore acqueo nell'atmosfera e quella presente nel sottosuolo.

Di tutta l'acqua presente sulla superficie della Terra, meno del 3% è acqua dolce e di questa **solo una piccolissima parte (0,01% dell'acqua totale) è rappresentata dall'acqua dolce superficiale** - quella che costituisce fiumi, laghi, stagni - mentre la parte maggiore si trova nelle calotte polari e nei ghiacciai, in forma solida, e nelle acque sotterranee.

L'acqua dolce è quindi una **risorsa limitata** e seppure possa essere considerata una risorsa che si rinnova continuamente, la sua disponibilità e la sua qualità sono messe **sempre più a rischio** dalle pressioni dirette operate dall'uomo sui corpi idrici e dai cambiamenti climatici in corso, anch'essi sostanzialmente causati dalle attività antropiche.

## ECOSISTEMI ACQUATICI: UN PATRIMONIO DA SALVAGUARDARE

Una situazione ancora più critica riguarda la **biodiversità** legata ai corpi idrici. La **capacità resiliente** degli ecosistemi acquatici, che in vari modi consente a essi di reagire e sopportare un discreto livello di pressioni, risulta in molti casi ormai compromessa. Conservare l'integrità di un ecosistema acquatico e la qualità delle sue acque risulta di fondamentale importanza anche per i **"servizi ecosistemici"** che esso offre, come ad esempio la capacità di filtrare e diluire le sostanze inquinanti, il contenimento delle alluvioni, il mantenimento delle condizioni microclimatiche e la salvaguardia della biodiversità.

## GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PORTATE

Per quanto riguarda specificatamente le problematiche generate dai cambiamenti climatici sugli ecosistemi di acqua dolce superficiali interni europei - e in particolare i fiumi - le principali conoscenze e serie storiche di confronto riguardano soprattutto le **variazioni di flusso e di portate** in atto, grazie alla presenza di una fitta rete di stazioni idrometriche presente nel territorio europeo. Il risultato a livello globale

è che i cambiamenti climatici hanno un chiaro effetto sull'**andamento stagionale delle portate**, principalmente nel naturale trend delle piene (in anticipo o in ritardo rispetto alla naturale stagionalità) e del flusso. Questo effetto, esteso a un'area così ampia, non può essere esclusivamente ricondotto a dei fenomeni locali, quali il cambio dell'uso del suolo o interventi negli alvei dei fiumi (captazioni idriche, arginature, briglie ecc.), bensì a fenomeni estesi e globali come i cambiamenti climatici.

## SI ACCENTUA L'INTERMITTENZA

Un'altra problematica emergente legata ai cambiamenti climatici è anche l'**aumento dei fenomeni di intermittenza dei fiumi** cioè di quei corsi d'acqua che non scorrono tutto l'anno e che in alcuni periodi, soprattutto durante le stagioni secche o in assenza di precipitazioni, possono persino scomparire del tutto.

Questo fenomeno è sempre più accentuato anche a causa delle variazioni nelle frequenze delle precipitazioni e nelle temperature **rendendo gli ecosistemi acquatici sempre meno resilienti** e più vulnerabili in quanto le specie che non riescono ad adattarsi ai periodi di secca possono diminuire di numero o estinguersi, riducendo la biodiversità dell'ecosistema stesso.

## AUMENTA LA TEMPERATURA DELLE ACQUE

L'impatto del cambiamento climatico sui fiumi e sui corsi d'acqua non sta modificando soltanto il flusso, ma anche le **caratteristiche termiche delle risorse idriche**.

La temperatura delle acque in generale è influenzata direttamente dalla temperatura



atmosferica. Questo effetto varia a seconda del tipo di corpo idrico, della sua dimensione/profondità e della quantità d'acqua presente.

- **Corsi d'acqua** (fiumi e torrenti): Poiché l'acqua è in movimento, la temperatura può cambiare rapidamente in risposta alle variazioni atmosferiche. I corsi d'acqua più piccoli reagiscono più velocemente rispetto a quelli più grandi.
- **Laghi**: La temperatura dei laghi dipende dalla loro profondità e dimensione. Laghi poco profondi rispondono più rapidamente ai cambiamenti atmosferici, mentre quelli profondi hanno una maggiore capacità di assorbimento termico, rendendo le variazioni più lente.
- **Stagni**: Questi corpi idrici più piccoli e poco profondi possono subire variazioni rapide e significative della temperatura in risposta ai cambiamenti atmosferici, rendendoli più suscettibili agli sbalzi termici.

In sintesi, **la risposta termica dei corpi idrici varia in base alla loro tipologia, dimensione, profondità, velocità della corrente**: i corpi idrici più piccoli, poco profondi e con acque più ferme risentono maggiormente delle variazioni atmosferiche.

Anche la temperatura atmosferica quindi contribuisce direttamente all'impatto dei cambiamenti climatici sui fiumi poiché può portare a un **aumento dell'evaporazione** dell'acqua, a cui può essere correlato un aumento **della concentrazione dei livelli di contaminazione** che già esistono in essi.

## L'INVASIONE DI SPECIE ESOTICHE

Dal punto di vista biologico, l'effetto più evidente è che i cambiamenti climatici stanno favorendo **l'invasione di specie di latitudini più calde**.

Nel mar Mediterraneo, per esempio, negli ultimi anni si sta assistendo alla invasione di diverse specie di alghe caratteristiche di mari caldi dell'America, dell'Africa e dell'Asia, giunte probabilmente attraverso le acque di zavorra delle navi. Queste specie, che minacciano l'esistenza delle specie animali e vegetali autoctone\*, si vedranno favorite dall'aumento di temperatura conseguente al cambiamento climatico nelle prossime decadi.

È prevedibile che un simile fenomeno possa manifestarsi **anche nei sistemi dulciacquicoli**,

con la diffusione di **specie animali e vegetali alloctone\***, provenienti da altre aree geografiche e introdotte nell'ambiente attraverso diverse vie (siano esse di tipo antropico o naturale), e la riduzione della presenza di specie autoctone\*. I cambiamenti climatici possono esacerbare l'impatto delle specie alloctone\* incrementando il loro potenziale riproduttivo.

Gli ecosistemi di acqua dolce risultano particolarmente suscettibili all'invasione di specie non indigene, anche perché i cambiamenti climatici possono svincolare alcune specie esotiche dagli attuali limiti di temperatura, aumentando così le loro tendenze invasive.

## CAMBIANO LE CONDIZIONI ALLE FOCI DEI FIUMI

È inoltre da considerare che l'espansione termica delle masse oceaniche e la fusione delle calotte di ghiaccio continentali, conseguente all'innalzamento delle temperature, sta già comportando da decenni **l'innalzamento del livello del mare** e quindi una **variazione del regime di flusso a livello delle foci** dei fiumi.

Tale fenomeno, oltre a determinare **variazioni di salinità** delle porzioni terminali dei corsi d'acqua in tratti di lunghezza sempre maggiore, e impattare quindi sulle specie stenoaline\*, influisce in modo rilevante anche sugli eventi di deposizione delle uova e sulle migrazioni delle specie anadrome\* e catadrome\* e, in generale, sulle **dinamiche ecologiche delle biocenosi acquatiche**.

## MONITORARE I CAMBIAMENTI: DIFFICOLTÀ E PROSPETTIVE

Per quanto riguarda le acque dolci, attualmente sul territorio regionale non esistono evidenze degli effetti dei cambiamenti climatici a livello ecosistemico, anche a causa delle **numeroso pressioni che, in maniera sinergica, concorrono ad alterare lo stato di un corpo idrico**, rendendo così difficile discernere le alterazioni generate da ciascuna di esse.

La disponibilità di dati raccolti nel corso di lunghi periodi può però restituire informazioni importanti riguardo all'evoluzione delle comunità biologiche e alla distribuzione dei diversi taxa\* (gruppi di piante e di animali), permettendo forse nel tempo di individuare eventuali conseguenze di tali cambiamenti.

# IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI FLUVIALI

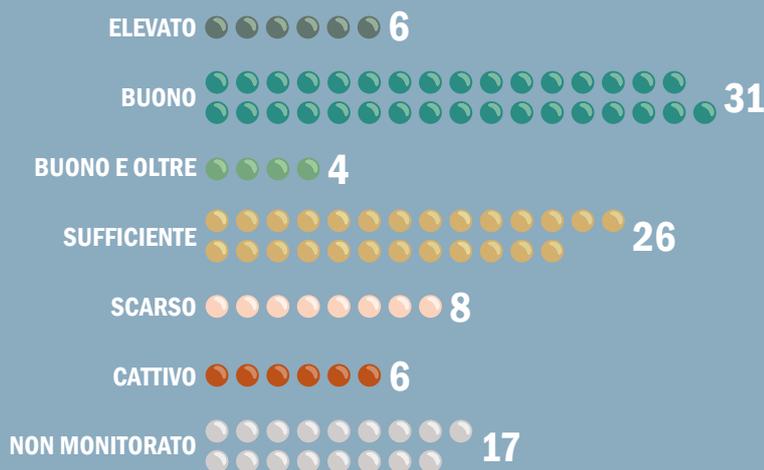
## LO STATO ECOLOGICO DI FIUMI

Uno degli obiettivi principali per permettere un uso sostenibile della risorsa idrica è la conservazione degli ecosistemi acquatici e il conseguente raggiungimento del “buono” stato ecologico in un contesto geografico, come quello europeo, in cui i fiumi sono gli ecosistemi di acqua dolce più frammentati al mondo.

Lo stato ecologico viene stabilito sulla base dei dati raccolti da ARPA FVG in un arco temporale di sei anni; l’Agenzia effettua il monitoraggio dei corpi idrici fluviali con una rete di 328 stazioni di campionamento per lo stato ecologico.

Dall’ultima determinazione dello stato ecologico dei fiumi del Friuli Venezia Giulia, si evince che almeno il 41% dei corpi idrici presentano uno stato ecologico buono o elevato. Le percentuali osservate sono in linea con le valutazioni effettuate dall’Agenzia Europea per l’Ambiente (AEA) su tutto il territorio dell’Europa, dove lo stato ecologico buono è stato raggiunto in circa il 40% dei corpi idrici (fiumi, laghi e acque marine e di transizione).

## STATO ECOLOGICO DEI CORPI IDRICI 2014-2019



Stato ecologico dei corpi idrici fluviali (dati sessennio 2014-2019) suddiviso nelle sei classi di qualità.

Nella mappa la linea tratteggiata indica i corpi idrici fortemente modificati o che hanno subito profonde alterazioni idromorfologiche e, a causa di queste, non sono più in grado di raggiungere uno “stato ecologico” ma solo un “potenziale ecologico”.

Attualmente ARPA FVG sta lavorando per la raccolta dei dati relativi ai monitoraggi previsti dal Piano Gestione Acque 2021-2027 che saranno necessari per la redazione del III Piano di Gestione.

## LE PRESSIONI ESERCITATE SUI CORPI IDRICI (RSA 2024)

Dall'analisi territoriale effettuata da ARPA FVG emerge che le pressioni antropiche più significative risultano essere: nella zona montana i prelievi a uso idroelettrico, ittiogenico e irriguo e le alterazioni morfologiche; nell'alta e bassa pianura friulana gli scarichi di acque reflue urbane e l'agricoltura diffusa.

Queste pressioni sono tra le più rilevanti anche a livello europeo. Proprio a tal riguardo la Commissione Europea ha dato indicazioni prioritarie sull'inserimento nei Piani di Gestione delle Acque di misure specifiche e necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità volte a mitigare l'impatto delle pressioni soprariportate al fine di migliorare lo stato dell'ecosistema fluviale.

## PRINCIPALI PRESSIONI DEI CORPI IDRICI 2014-2019

- 1 diffuse agricole
- 2 scarichi urbani
- 3 dighe, barriere chiuse (per uso idroelettrico, potabile, irrigazione, ricreativo, industriale, navigazione per difesa dalle piene)
- 4 dilavamento superfici urbane
- 5 alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde
- 7 altre alterazioni idromorfologiche
- 8 impianti di acquacoltura
- 9 pressioni antropiche sconosciute
- 6 prelievi/diversioni per uso idroelettrico
- 10 scarichi non allacciati alla fognatura

Le 10 pressioni più significative presenti nei corpi idrici fluviali regionali (riferimento sessennio 2014-2019).



Personale di ARPA FVG effettua campionamento per il monitoraggio dello stato ecologico dei fiumi (Fiume Torre, UD).

Dal 2009 ARPA FVG svolge un'attività di **monitoraggio biologico su un grande numero di corsi d'acqua (naturali e artificiali) e sui principali laghi/invasi** presenti sul territorio regionale. I dati biologici vengono raccolti per valutare lo stato ecologico dei corpi idrici regionali (ai sensi della Direttiva Europea Quadro Acque 2000/60) e interessano principalmente comunità acquatiche (vegetali e animali), come viene illustrato nella scheda **IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI FLUVIALI**.

Tra i vari siti attualmente monitorati ve ne sono anche alcuni **esenti da pressioni** e quindi potenzialmente utilizzabili per identificare gli effetti dei cambiamenti climatici a lungo termine, siano essi intesi come semplice alterazione delle condizioni chimico-fisiche, o come modificazioni che interessano gli ecosistemi, la composizione delle comunità e/o gli areali di distribuzione di alcune specie. A oggi però non è ancora possibile trarre alcuna deduzione in quanto **la serie temporale di dati disponibili non è sufficiente** a tracciare dei trend o a evidenziare specificamente gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi acquatici.

**Arianna Macor, Erica Rancati, Gabriele Piazza, Alessandra Sinesi, Elisa Zanut, Raffaella Zorza**  
ARPA FVG

## PAROLE CHIAVE

### RESILIENZA

la capacità di un ecosistema, un'organizzazione o un individuo di recuperare rapidamente e adattarsi positivamente a condizioni avverse, stress o cambiamenti.

### SPECIE AUTOCTONE

specie che sono originarie e presenti naturalmente in una determinata regione o ambiente. Si sono evolute e adattate al loro habitat nel corso del tempo.

### SPECIE ALLOCTONE O ESOTICHE

specie che non sono native di una determinata regione o ambiente, ma sono state introdotte, intenzionalmente o accidentalmente, da altre aree geografiche. Possono avere effetti negativi sugli ecosistemi locali.

### SPECIE STENOALINE

specie che hanno una tolleranza ristretta a variazioni di salinità nell'ambiente acquatico. Di solito vivono in ambienti con salinità relativamente costante.

### SPECIE ANADROME

nascono nei fiumi e poi soggiornano per anni nel mare, dove si sviluppano. Poi migrano di nuovo verso i fiumi di origine per riprodursi (es. Lampreda di fiume).

### SPECIE CATADROME

nascono in mare e poi si portano verso i fiumi dove si sviluppano prima di ritornare in mare per la riproduzione (es. Anguilla europea).

### TAXA

termine usato in biologia per riferirsi a qualsiasi gruppo di organismi classificati insieme in una categoria tassonomica (es. famiglia, genere, specie).



# FIUMI SEMPRE PIÙ INTERMITTENTI: MONITORARE IL CAMBIAMENTO CON LE DIATOMEE

Fioritura di diatomee nel Fiume Torre a Tarcento (UD).

I cambiamenti climatici stanno modificando le dinamiche ecologiche dei fiumi e ne accentuano il regime intermittente.

L'inasprimento dei periodi di magra, alternati a piene rilevanti, ha importanti impatti sugli ecosistemi fluviali, che possono essere studiati utilizzando le diatomee come bioindicatori.

Questi effetti possono essere aggravati da varie pressioni antropiche o, invece, attenuati da azioni di rinaturalizzazione dei fiumi.

A livello europeo i cambiamenti climatici, in molti casi abbinati a un uso non equilibrato delle risorse idriche, stanno portando a un inasprimento del fenomeno dell'intermittenza nei fiumi. Questo si traduce in un aumento della frequenza e dell'intensità delle secche, coinvolgendo aree sempre più vaste e fiumi precedentemente considerati permanenti.

Queste modifiche nel regime dei fiumi hanno importanti ripercussioni sugli ecosistemi acquatici, che sono state studiate in altre regioni italiane e in altri Paesi mediterranei. Spesso in questi studi vengono utilizzate le diatomee, importanti bioindicatori\* che anche ARPA FVG impiega nel contesto più generale della valutazione della qualità ecologica dei corpi idrici.



## SI ACCENTUA IL REGIME INTERMITTENTE DEI FIUMI

Il clima mediterraneo è tipicamente contraddistinto da inverni temperati e piovosi, alternati a estati calde e secche, con un'intensa irradiazione solare e alti tassi di evaporazione. Questa caratteristica climatica dà luogo a un forte contrasto stagionale che influisce notevolmente sui corsi d'acqua che diventano soggetti a un **regime idrologico irregolare**, con periodi di forte magra o secca durante l'estate, alternati da piene e inondazioni in inverno. Questi fiumi vengono definiti "**temporanei**" o "**intermittenti**", in quanto la loro portata varia considerevolmente durante l'anno, con effetti significativi su tutto l'ecosistema fluviale.

In questi corsi d'acqua l'irregolarità del flusso idrico ha un naturale impatto diretto sui processi abiotici e sugli habitat acquatici, influenzando – per esempio – la struttura delle comunità e il metabolismo degli organismi che li abitano. Negli ultimi anni nell'area mediterranea, l'uso eccessivo e spesso non regolamentato delle risorse idriche da parte delle attività umane ha **inasprito questo naturale fenomeno delle secche**, soprattutto quando non viene rispettato il deflusso minimo vitale\*, fondamentale per la sopravvivenza degli ecosistemi acquatici, mettendo a rischio la salute di questi ambienti naturali. Ne deriva che attualmente i tratti fluviali che soffrono di scarsità idrica sono **sempre più diffusi, anche al di fuori delle tipiche zone mediterranee** in cui tale situazione è sempre stata peculiare.

## I FATTORI CHE INFLUENZANO L'INTERMITTENZA

Il cambiamento climatico sta causando una **diminuzione del deflusso** in molte regioni a media latitudine, accompagnata da un **aumento delle temperature**, con effetti particolarmente evidenti in alcune zone. In termini generali in tali regioni le precipitazioni annuali stanno diminuendo, mentre gli eventi meteo-climatici estremi sono diventati più frequenti. I fiumi intermittenti, già diffusi nel bacino del Mediterraneo, sono destinati ad aumentare rapidamente sia in numero che in estensione.

Fiume Natisone (UD) che presenta caratteristiche di intermittenza nel suo tratto di corso inferiore a confluenza con il fiume Torre (UD).

Tali cambiamenti climatici e le variazioni nei modelli di precipitazione influenzano la temperatura dell'acqua e la durata delle fasi umide e secche dei fiumi.

A ciò si aggiungono **modifiche nell'uso del suolo**, come la conversione delle terre naturali in aree agricole e urbane, che frammentano gli habitat e alterano la morfologia dei fiumi, aggravando gli effetti negativi del flusso intermittente sulla flora e fauna acquatica.

La **frammentazione degli habitat** causata dall'essiccamento dei letti fluviali limita la possibilità di sopravvivenza delle specie, compromettendo la distribuzione e l'abbondanza degli organismi acquatici. Questi cambiamenti ambientali sono particolarmente preoccupanti in quanto il Mediterraneo è uno degli "hot spots" di biodiversità\* a livello globale.

## LE CONSEGUENZE PER GLI ECOSISTEMI ACQUATICI

Le implicazioni dei cambiamenti nel regime idrico dei corsi d'acqua includono:

- **impatto sulla biodiversità:** le comunità di diatomee e altri organismi acquatici risentono degli effetti di un regime idrico intermittente, con una maggiore variabilità delle comunità bentoniche e una maggiore eterogeneità dei microhabitat;
- **alterazione degli ecosistemi:** la scarsità idrica influisce sui processi abiotici\* e sugli habitat, condizionando vari aspetti del metabolismo degli organismi acquatici e portando a una diminuzione della biodiversità;
- **necessità di monitoraggio:** è fondamentale sviluppare strumenti per rilevare gli impatti della scarsità idrica sulla componente biotica\*, per comprendere meglio come le comunità acquatiche si adattano a queste condizioni variabili.

## VULNERABILITÀ E RESILIENZA DELLE DIATOMEE

Le **diatomee**, che giocano un ruolo importante negli ecosistemi fluviali, sono **tra le specie più minacciate**. L'essiccamento riduce la diversità di queste comunità, anche se **alcune specie hanno sviluppato adattamenti**, come la formazione di strati protettivi o il movimento verso rifugi.



Fioritura anomala di una specie del genere Diatoma sul fiume Torre nei pressi di Tarcento (UD).

Durante i **periodi di flusso ridotto**, le diatomee che preferiscono condizioni di bassa corrente possono proliferare. Al contrario, durante i **periodi di alta corrente**, le specie adattate a condizioni di flusso rapido possono diventare predominanti. Questo ciclo di cambiamenti può essere osservato come una **successione ecologica**, dove diverse specie di diatomee dominano in momenti diversi.

La composizione delle comunità di diatomee in questo modo cambia naturalmente durante l'anno, passando da specie adattate e resistenti a flussi idrici elevati a quelle più tolleranti alla stagnazione.

## MONITORARE GLI IMPATTI TRAMITE LE DIATOMEE

Al giorno d'oggi, lo studio delle diatomee bentoniche è largamente utilizzato per valutare la qualità dei corsi d'acqua attraverso l'analisi della composizione specifica delle comunità: la loro grande **sensibilità al disturbo fisico-chimico**, nonché la **semplicità di campionamento**, le rendono un ottimo bioindicatore ambientale.

Il protocollo di campionamento attualmente in vigore prevede che si selezioni per il prelievo un transetto standard il più possibile rappresentativo del sito in questione. Questa modalità di campionamento però non tiene conto dell'**elevata eterogeneità che caratterizza i fiumi intermittenti** durante il periodo estivo. Le **pozze isolate** che si creano con il progredire della secca, infatti, differiscono dal corso d'acqua principale in termini di parametri sia fisici sia chimici:

la temperatura della colonna d'acqua e la concentrazione di nutrienti aumentano, mentre la concentrazione di ossigeno disciolto diminuisce. Una metodologia di campionamento che includa l'analisi di questi peculiari microhabitat potrebbe quindi riflettere maggiormente la grande biodiversità che caratterizza questi ambienti. Siti omogenei, infatti, ospitano generalmente comunità di diatomee con bassi valori di diversità e ricchezza specifica.

## FORME DI CRESCITA E GUILD ECOLOGICHE

Studi recenti hanno inoltre dimostrato l'importanza di utilizzare ai fini del monitoraggio, oltre alla composizione in specie, anche metriche complementari come, ad esempio, le forme di crescita e le *guild* ecologiche.

In particolare le **forme di crescita** nelle diatomee si riferiscono ai **diversi modelli di organizzazione delle cellule** che queste microalghe possono assumere durante la loro crescita. Le diatomee possono crescere in forma solitaria, in colonie o in filamenti, a seconda delle specie e delle condizioni ambientali. Queste forme di crescita influenzano la loro capacità di adattarsi e sopravvivere in diversi ambienti acquatici.

Le **guild ecologiche**, invece, sono gruppi di diatomee che condividono **simili esigenze ecologiche e comportamenti**, come l'utilizzo di risorse simili o la risposta a determinati fattori ambientali. Le *guild* ecologiche possono essere formate da diatomee che occupano nicchie ecologiche specifiche, come zone di alta produttività o aree con particolari condizioni fisico-chimiche dell'acqua (es. velocità corrente). Questi gruppi di diatomee si influenzano reciprocamente e possono svolgere ruoli simili in termini di ciclo dei nutrienti e produttività primaria negli ecosistemi acquatici.

## ADATTARE I MONITORAGGI

ARPA FVG monitora le diatomee nelle acque interne per valutare lo stato degli ecosistemi acquatici. Le diatomee, sensibili ai cambiamenti ambientali, forniscono preziose informazioni sulla qualità dell'acqua e sulle condizioni ecologiche. Tuttavia, per monitorare gli effetti dei cambiamenti climatici, sono **necessarie ulteriori indagini e nuovi approcci metodologici**. Questo sottolinea l'importanza di adattare le strategie di monitoraggio per continuare a tutelare efficacemente l'ambiente.

Campionamento di diatomee effettuato da ARPA FVG.



## LE DIATOMEE

### Cosa sono le diatomee?

Le diatomee sono microalghe unicellulari caratterizzate da un guscio di silice, chiamato frustulo. Sono uno dei gruppi più comuni di alghe bentoniche e planctoniche e sono presenti in ambienti acquatici sia dolci che salati.

### Ruolo nella comunità

Le diatomee svolgono un ruolo cruciale negli ecosistemi acquatici. Costituiscono una parte significativa della base della catena alimentare, fornendo nutrimento a numerosi organismi acquatici, dai piccoli invertebrati fino ai grandi pesci.

### Perché sono studiate?

Le diatomee sono particolarmente studiate per la loro sensibilità ai cambiamenti ambientali. La composizione delle comunità di diatomee può variare significativamente in risposta a fattori come la qualità dell'acqua, il pH, la temperatura e la disponibilità di nutrienti, rendendole ottimi bioindicatori delle condizioni ambientali. Studiando le comunità di diatomee, è possibile monitorare la qualità dell'acqua e identificare eventuali cambiamenti dovuti anche all'intermittenza del regime fluviale. Questo è particolarmente utile per valutare l'impatto delle variazioni di flusso e per monitorare la salute degli ecosistemi fluviali.

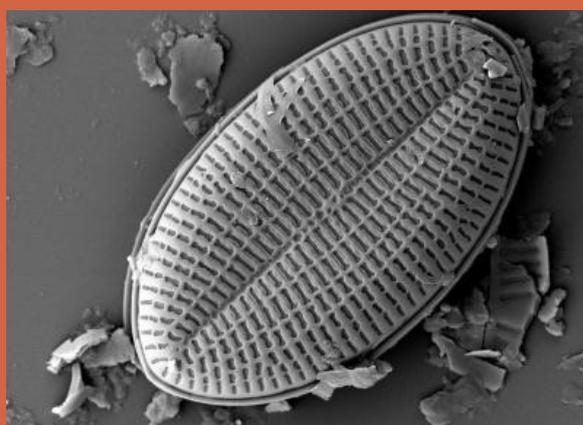
### Modellazione e Monitoraggio

L'uso di modelli idrologici e di monitoraggio continuo può aiutare a comprendere meglio come le variazioni di flusso influenzano le comunità di diatomee. Questi modelli possono simulare diversi scenari di flusso e prevedere come le comunità di diatomee potrebbero rispondere a tali cambiamenti.

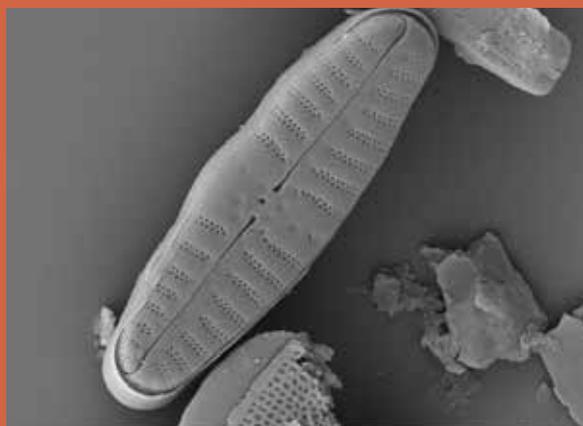
In sintesi, le diatomee offrono una finestra unica per osservare e comprendere gli effetti dell'intermittenza del regime fluviale sugli ecosistemi acquatici. La loro sensibilità ai cambiamenti ambientali le rende strumenti preziosi per il monitoraggio e la gestione delle risorse idriche.



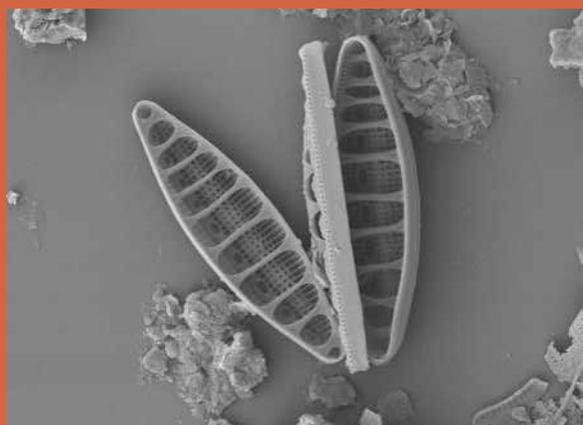
Frustuli di diatomee viste al microscopio ottico.



Diatomea vista al microscopio a scansione (*Cocconeis euglypta*).



Diatomea vista al microscopio a scansione (*Reimeria sinuata*).



Diatomea vista al microscopio a scansione (*Denticula tenuis*).

## PAROLE CHIAVE

### BIOINDICATORI

sono organismi, gruppi di organismi o caratteristiche biologiche che forniscono informazioni sulla qualità dell'ambiente e sugli effetti delle attività umane o dei cambiamenti naturali. Sono utilizzati per monitorare la salute degli ecosistemi, come la presenza di inquinanti o il cambiamento delle condizioni ambientali. Un esempio comune sono alcune specie di pesci o insetti che reagiscono sensibilmente a modifiche dell'acqua o dell'aria.

### COMPONENTE BIOTICA

si riferisce agli elementi viventi di un ecosistema, che includono tutte le forme di vita come piante, animali, funghi e microrganismi. Le componenti biotiche interagiscono tra loro e con gli elementi abiotici (non viventi) per mantenere l'equilibrio dell'ecosistema.

### COMPONENTI E PROCESSI ABIOTICI

sono gli aspetti non viventi di un ecosistema, come l'aria, l'acqua, il suolo, la luce solare, la temperatura e i minerali. I processi abiotici includono le interazioni fisiche e chimiche che avvengono in un ecosistema, come il ciclo dell'acqua, la fotosintesi, l'evaporazione, la sedimentazione e i processi geologici.

### COMUNITÀ BENTONICHE

sono insieme di organismi che vivono sul fondo dei corpi idrici (come laghi, fiumi o mari) o nel sedimento. Questi organismi, che includono molluschi, crostacei, vermi e microrganismi, interagiscono tra loro e con il substrato per formare un ecosistema unico.

### DEFLUSSO MINIMO VITALE

(DMV) è la quantità minima di acqua che deve essere mantenuta in un corso d'acqua per garantire la sopravvivenza degli ecosistemi acquatici. Questo flusso è fondamentale per la biodiversità, soprattutto durante i periodi di siccità, quando l'acqua disponibile potrebbe diminuire.

### HOT SPOT DI BIODIVERSITÀ

sono aree geografiche caratterizzate da una straordinaria ricchezza di specie, molte delle quali endemiche, e un elevato rischio di estinzione. Queste zone sono considerate cruciali per la conservazione globale, poiché ospitano una grande parte della biodiversità terrestre e acquatica.

## LA GESTIONE ECOLOGICA DEI FIUMI” PER ATTENUARE GLI EFFETTI DELL'INTERMITTENZA

Risulta quindi fondamentale applicare ai corsi d'acqua i principi di **gestione ecologica**, che possono in generale contribuire a mitigare gli effetti dell'accentuata intermittenza dei corsi d'acqua. Questo tipo di approccio, in linea con gli obiettivi del recente regolamento Europeo sul Ripristino della Natura (*Restoration Law*) e della Strategia per la Biodiversità, mira a ripristinare la naturalità degli ecosistemi acquatici, **migliorandone la resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici** e favorendo la conservazione della biodiversità, inclusi gli habitat delle diatomee bentoniche e di altre specie acquatiche.

Quindi azioni come il **ripristino degli habitat naturali** e la **riqualificazione delle sponde fluviali** sono effettuate al fine di favorire la ricomposizione di ambienti ecologicamente equilibrati, creando condizioni più favorevoli per le comunità di diatomee bentoniche e altri organismi acquatici. Tali azioni non solo contribuiscono alla **conservazione della biodiversità**, ma rappresentano anche un passo cruciale nella lotta contro gli effetti dei cambiamenti climatici.

Anche altre misure gestionali come la rinaturalizzazione delle sponde attraverso la **piantumazione di vegetazione autoctona** o la creazione di **zone tampone vegetate** aiuta a stabilizzare il suolo, riducendo l'erosione e migliorare la qualità dell'acqua, creando un habitat più favorevole per le diatomee e altri organismi acquatici e **garantendo la continuità ecologica** degli ecosistemi acquatici e migliorando la resilienza alle variazioni stagionali e climatiche.



# MACROFITE: LE PIANTE ACQUATICHE CHE REGISTRANO I CAMBIAMENTI NEL TEMPO

Le macrofite, organismi vegetali acquatici visibili a occhio nudo, rispondono gradualmente ai cambiamenti ambientali, di cui sono ottimi bioindicatori\*.

Con i cambiamenti climatici si modifica il regime delle piogge, si accentuano eventi siccitosi, aumenta la temperatura delle acque: questi fenomeni si sommano ad altre pressioni e alterano gli habitat, le tipologie e l'abbondanza degli organismi, i loro cicli di vita e i benefici che gli ecosistemi acquatici generano per l'uomo.

Le macrofite, rispetto ad altri organismi autotrofi\* che popolano gli ambienti acquatici (tra cui fitoplancton e diatomee), sono bioindicatori\* che per la loro stessa fisiologia e caratteristiche biologiche integrano informazioni su un tempo maggiormente lungo. Non presentano infatti reazioni immediate a cambiamenti nello stato trofico\* (ossia la disponibilità di sostanze nutrienti, tra cui si ricordano i composti dell'azoto e del fosforo). Inoltre le macrofite, essendo organismi stanziali, possono registrare con la loro composizione (presenza/assenza) o abbondanza altri impatti ambientali e possono così consentire un'accurata localizzazione delle sorgenti degli impatti causati dalle pressioni che insistono sul corpo idrico.

## LE MACROFITE DEGLI AMBIENTI ACQUATICI

Le macrofite acquatiche sono un gruppo funzionale che comprende gli organismi vegetali visibili a occhio nudo che popolano gli ambienti acquatici fluviali o lacustri. Tale gruppo comprende Alghe, Licheni, Briofite (tra cui Epatiche e Muschi), Pteridofite (tra cui le felci) e Fanerogame (ossia piante superiori, che si riproducono tramite semi). Esse colonizzano ambienti acquatici, sviluppando spesso adattamenti morfologici all'ambiente acquatico, o anche ambienti in connessione con le sponde fluviali. La presenza di questi adattamenti morfologici caratterizza soprattutto le Fanerogame, che sono presenti nell'ecosistema fluviale con diverse forme biologiche.

La **forma biologica**, secondo il sistema di Raunkiær (sistema di classificazione ideato dal botanico danese Christen Raunkiær), corrisponde alle strategie adottate dalle piante per proteggere i tessuti embrionali o i semi che permettono la ripresa della vita vegetativa a seguito di stagioni avverse. Negli ambienti acquatici interni si ritrovano soprattutto:

**ELOFITE**, ovvero piante erbacee perenni con radice sommersa in acqua e fusto e foglie aeree (tra cui si ricordano le specie *Berula erecta* o Sedanina d'acqua, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*

o Nontiscordardime delle paludi, *Nasturtium officinale* ovvero il Crescione d'acqua);

**IDROFITE**, ovvero piante perenni che vivono quasi completamente immerse in acqua, radicanti (ad es. il genere *Potamogeton*) o galleggianti (ad es. il genere *Lemna*, conosciuta più comunemente come lenticchia d'acqua).

Le macrofite acquatiche sono organismi sensibili a diversi fattori ambientali:

- principalmente la luminosità e l'arricchimento in nutrienti dell'ambiente acquatico;
- in secondo luogo rispondono bene anche ai cambiamenti nel regime idrico e idrologico;
- inoltre integrano bene tutte le informazioni delle condizioni strutturali che si rilevano lungo le sponde, tra cui per esempio la composizione del substrato.

Per questo motivo sono da tempo considerate ottimi bioindicatori\* per la valutazione dello stato trofico\* in base alle Direttive europee (tra cui si ricorda la Direttiva Nitrati 91/676/CEE). Sono state inserite nella normativa italiana per la classificazione dei corpi idrici superficiali solo a seguito del recepimento della Direttiva Quadro delle Acque con il D.Lgs. 152/2006.



Comunità di alghe rilevata nel fiume Isonzo in comune di Savogna d'Isonzo, GO, (G0003) durante il progetto Grevislin.

## LE PREZIOSE FUNZIONI ECOLOGICHE DELLE MACROFITE ACQUATICHE

La principale funzione ecologica delle macrofite acquatiche nelle acque correnti è quella di introdurre l'energia nella rete trofica attraverso la **fotosintesi**. In tal modo l'energia solare viene utilizzata per produrre sostanza organica e ossigeno. Questo processo permette lo sviluppo della comunità vegetale; tale accrescimento implica anche l'**assorbimento di sostanze** quali fonti di azoto (principalmente nitrati) e fosforo.

Secondariamente le macrofite possono essere usare come zone di **rifugio per lo zooplankton e la fauna ittica**, macroinvertebrati e anfibi, oltre che **fonte di nutrimento** per molti organismi acquatici e non.

Questi importanti ruoli negli ecosistemi acquatici generano diversi **benefici per l'uomo, i cosiddetti servizi ecosistemici**, tra i quali si ricorda:

- produzione di ossigeno;
- abbattimento del carico dei nutrienti e degli inquinanti (fitodepurazione);
- riduzione della sospensione del sedimento, che viene consolidato dagli apparati radicali.

## I MOLTEPLICI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

I cambiamenti climatici si traducono in **impatti fisici diretti sulle acque e sul loro regime**. Questi impatti fisici (innanzitutto la variazione del regime idrologico dei fiumi) si sommano ad altre pressioni già esistenti sull'ambiente e **hanno effetti importanti sulla vegetazione acquatica**.

Diverse problematiche sono state evidenziate in altri Paesi europei, mentre è difficile reperire studi relativi al nostro territorio nazionale. Nonostante siano disponibili **pochi studi specifici** relativi alla relazione tra macrofite acquatiche e cambiamenti climatici in ambiente fluviale, risultano **evidenti alcuni effetti**, descritti nei prossimi paragrafi.

## PIOGGE INTENSE, DILAVAMENTO DEL SUOLO E AUMENTO DEI NUTRIENTI

La **concentrazione degli eventi di precipitazioni** in un minor numero di giorni può comportare, ad alcune condizioni, una **maggiore presenza**

**di nutrienti** che vengono confluiti nei corsi d'acqua dagli scarichi o vengono dilavati dal territorio circostante, in particolare in aree in cui la vegetazione riparia/perifluviale\* è molto semplificata e quindi non svolge efficacemente le proprie funzioni ecologiche di filtro. La condizione maggiormente eutrofica, data dall'eccesso di nutrienti, può favorire un **bloom delle alghe** (ossia un rapido aumento della loro abbondanza) rispetto alle piante sommerse: ciò avviene perché le alghe, essendo organismi dalla fisiologia e morfologia più semplice, hanno un accrescimento più rapido rispetto alle piante superiori e rispondono in modo rapido alle variazioni ambientali.

## AUMENTO DEGLI EVENTI DI PIENA ESTREMI

L'aumento degli eventi di piena estremi si verifica a causa dei fenomeni piovosi intensi, ma può essere anche conseguenza del rapido scioglimento del manto nevoso e del trend di regressione dei ghiacciai perenni a causa dell'aumento della temperatura media.

**Gli eventi di piena fanno parte della naturale dinamica fluviale:** le acque che esondano riportano poi nel corso d'acqua organismi e nutrienti e, in quanto elemento di disturbo, non consentono l'instaurarsi di comunità stabili. Tale 'immaturità' ha un'alta produttività e capacità di ciclizzazione dei nutrienti. Il fiume pertanto non è un sistema statico, ma dinamico: gli eventi di piena **facilitano lo scambio con il territorio circostante**, con una grande importanza della connessione tra il corso d'acqua stesso e la zona perifluviale. **Se però gli eventi di piena diventano più estremi**, le cosiddette piene straordinarie, e maggiormente frequenti, il **rischio è di danneggiare gli habitat** con compromissione delle specie vegetali esistenti (fino alla rimozione delle comunità), aumento dei fenomeni erosivi a carico delle sponde e del territorio circostante e inquinamento da sostanze chimiche.

## AUMENTO DEGLI EVENTI DI MAGRA

La **riduzione nelle precipitazioni**, soprattutto in estate (come si osserva in Friuli Venezia Giulia), e/o la riduzione dei volumi e della durata della copertura nevosa può causare forti periodi di magra.

Una situazione di magra può portare a un'alterazione del regime idrologico, con



Alghe verdi (per lo più *Chlorophyceae*) nel Rio Barman (Resia, UD).

creazione di ambienti maggiormente lentici (ossia di acque non correnti), a un aumento della temperatura dell'acqua e a un peggioramento della qualità chimica dell'acqua per una ridotta diluizione degli inquinanti. Nei casi in cui a questa situazione si somma anche una maggiore presenza di nutrienti, può aumentare l'abbondanza delle specie vegetali acquatiche che meglio tollerano condizioni di elevata trofia, tra cui in modo particolare le alghe.

In generale, negli eventi di magra si può verificare quindi uno stress maggiore a carico delle comunità acquatiche, con variazioni nella composizione e abbondanza degli organismi. Questo potrà accadere sia in corsi d'acqua naturali senza pressioni che in corsi d'acqua alterati da pressioni antropiche: un esempio sono i tratti fluviali interessati da derivazioni idriche con rilascio del Deflusso Minimo Vitale, considerato che in queste situazioni potrà essere presente uno stress maggiore a carico delle comunità rispetto a quello rilevato con la variabilità naturale delle portate.

## AUMENTO DELLA TEMPERATURA DELL'ACQUA

Gli eventi di magra sono tra le cause dell'aumento della temperatura dell'acqua soprattutto per il rallentamento della corrente: in queste condizioni

la temperatura dell'acqua risente più direttamente dell'aumento della temperatura atmosferica.

Tale situazione può avere sia impatti diretti, considerando che molti organismi acquatici hanno fasi di vita che si sviluppano in determinati intervalli di temperatura, sia impatti indiretti, dato che la temperatura regola molti processi chimici e biologici che avvengono all'interno dei sistemi fluviali.

Un esempio di impatto diretto interessa molte specie che, in assenza dell'habitat ideale, andranno incontro a scomparire dall'habitat originario, per periodi più o meno lunghi, se non saranno in grado di spostarsi su zone più fresche o maggiormente ossigenate

Come effetti indiretti, ci possono essere alterazioni, anticipazioni o ritardi nelle condizioni idonee a determinate funzioni biologiche ed ecologiche degli ecosistemi fluviali, con un aumento nella presenza e abbondanza di specie vegetali tolleranti alle variazioni dell'habitat fluviale.

L'aumento delle temperature può inoltre influenzare la durata del periodo vegetativo. Anche nel periodo invernale, dove si conta un minor numero di giorni 'freddi' rispetto alla media, gli effetti possono essere diversi a seconda degli ambienti e del tasso di nutrienti presente.

## ALTRI FATTORI CHE IMPATTANO SULLA VEGETAZIONE ACQUATICA

A queste conseguenze dei cambiamenti climatici si sommano gli **effetti delle modalità di gestione degli ecosistemi fluviali**, sia in senso trasversale con arginature o difese spondali, sia in senso longitudinale per briglie o captazioni idriche che possono causare alterazioni idrologiche e variazione dei volumi di sedimenti.

Alterazioni delle caratteristiche fisiche e naturali dell'ambiente acquatico perfluviale possono inoltre favorire l'ingresso e lo sviluppo di **specie alloctone\*** e possono causare una perdita di biodiversità. Un esempio di pianta acquatica alloctona frequentemente rilevata nel territorio

regionale è *Elodea canadensis* (conosciuta come Peste d'acqua comune), che predilige acque calme in un'ampia gamma di condizioni fisiche, ma caratterizzata da una crescita e riproduzione vegetativa rapida tale da ridurre la biodiversità di un luogo.

## IL MONITORAGGIO DELLE MACROFITE DA PARTE DI ARPA FVG: ALCUNI SEGNALI

Le macrofite sono uno degli elementi inclusi nel monitoraggio che ARPA FVG effettua per la **classificazione dello stato ambientale delle acque** nelle modalità definite dal Codice dell'Ambiente (D.Lgs. 152/2006) che recependo la Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE ha come obiettivo il buono stato di tutte le acque superficiali interne.

Il **campionamento** delle macrofite viene effettuato **due volte all'anno**, tra la tarda primavera e l'inizio della stagione autunnale, in tutti i corpi idrici considerati "non a rischio di raggiungere l'obiettivo di qualità" (rete di monitoraggio di sorveglianza) con **cadenza sessennale**, nonché nei corpi idrici della cosiddetta "rete nucleo" dove il monitoraggio ha **cadenza triennale**. Nei corpi idrici in "a rischio di non raggiungere gli obiettivi ambientali" (rete di monitoraggio operativo) il campionamento è previsto in base agli impatti previsti e agli esiti dei monitoraggi delle annualità precedenti.

Le stazioni dove viene condotto il campionamento sono generalmente localizzate in punti che consentono di verificare i possibili effetti di tutte le pressioni che insistono sul corpo idrico. Questi monitoraggi sono pertanto finalizzati a valutare lo stato ambientale del corpo idrico, **non a rilevare altri fenomeni, tra cui gli effetti dei cambiamenti climatici**. Nonostante ciò **qualche segnale è emerso** negli anni: ad esempio alcune stazioni monitorate durante la crisi idrica registrata nell'anno 2022 hanno registrato un aumento delle coperture vegetali e della biomassa complessiva, in riferimento al periodo primaverile.

Per un monitoraggio finalizzato a rilevare gli effetti dei cambiamenti climatici sarebbe necessario adottare modalità di campionamento specifiche: ad esempio effettuare i campionamenti ogni anno e scegliere delle aree maggiormente rappresentative, caratterizzate da comunità di



Campionamento di macrofite effettuato dal personale tecnico di ARPA FVG.

macrofite acquatiche ben strutturate e tipiche delle diverse condizioni idrologiche che caratterizzano tutto il territorio regionale. Andrebbero anche affiancate valutazioni periodiche sulle condizioni idrologiche e chimiche delle acque.

## POSSIBILI SOLUZIONI PER RIDURRE GLI IMPATTI CLIMATICI SUI CORSI D'ACQUA

Visti gli effetti sopra dettagliati dei cambiamenti climatici sull'idrologia dei corsi d'acqua, una soluzione potrebbe essere garantita dal **mantenimento della naturalità** sia nell'ambiente acquatico sia nell'ambiente perifluviale. Un'adeguata estensione e composizione in **specie autoctone\*** e **riparie** della vegetazione presso le sponde può garantire il mantenimento di una buona funzionalità (ovvero la capacità di mantenere i processi ecologici fluviali). Una **fascia vegetativa ben strutturata** è in grado di intercettare il flusso subsuperficiale tramite l'apparato radicale e compiendo la traspirazione **sottrae calore** raffreddando gli apporti idrici laterali. Tale effetto positivo si

somma all'**ombreggiamento** garantito dalle chiome per mantenere fresche le acque fluviali. Le caratteristiche morfologiche della vegetazione riparia\*, soprattutto riguardo all'apparato radicale, garantiscono inoltre una **funzione di filtro** dal territorio circostante, intercettando i nutrienti.

Sarebbe necessario inoltre garantire il mantenimento di condizioni naturali secondo tutte le dimensioni attraverso cui può essere valutato un corso d'acqua (longitudinale da monte a valle, trasversale da sponda a sponda e verticale in collegamento con la falda sotterranea), a garanzia di una **maggiore naturalità nel regime** delle portate e del **mantenimento dell'ecosistema** acquatico e fluviale. La scelta di queste soluzioni deve essere valutata caso per caso, tenendo conto del contesto locale, delle diverse esigenze del territorio e dei vincoli determinati dalle normative dei diversi settori coinvolti.

**Arianna Macor, Damiano Virgilio, Elisa Zanut**  
ARPA FVG

## PAROLE CHIAVE

### STATO TROFICO

condizione di presenza e quantità di nutrienti in un ambiente acquatico. Si distinguono ambienti oligotrofici (con poche sostanze nutritive disciolte), mesotrofico (a condizioni intermedie, potenzialmente a rischio eutrofizzazione) ed eutrofici (ambienti ricchi di sostanze nutritive).

### ORGANISMI AUTOTROFI

organismi che sono in grado di sintetizzare composti organici essenziali a partire da sostanze inorganiche, utilizzando principalmente energia luminosa (fotosintesi clorofilliana).

### BIOINDICATORI

(o indicatore biologico) organismo o sistema biologico usato in genere per valutare una modifica della qualità dell'ambiente. Non è altro che un bersaglio biologico che, in presenza di stress naturale o antropico, subisce variazioni rilevabili del proprio stato naturale a diversi livelli (genetico, morfologico e della comunità).

### VEGETAZIONE RIPARIA

vegetazione erbacea, arborea e arbustiva che vive nell'interfaccia tra l'ambiente acquatico e il territorio circostante, contigua al corso d'acqua e interessata dalle piene o dalla falda freatica fluviale.

### VEGETAZIONE PERIFLUVIALE

vegetazione arborea e arbustiva che vive nella fascia di territorio immediatamente esterna al corso d'acqua.

### SPECIE ALLOCTONE

specie che si trovano fuori dal loro areale naturale di distribuzione e dispersione naturale per cause antropiche, poiché introdotte in modo intenzionale o accidentale dall'uomo. Si distinguono dalle **SPECIE AUTOCTONE**, che si trovano nella loro naturale area di distribuzione e di dispersione potenziale senza l'intervento dell'uomo.

# MACROINVERTEBRATI: PICCOLI ANIMALI, GRANDI BIO-INDICATORI PER GLI ECOSISTEMI ACQUATICI



Tecnici di ARPA FVG effettuano un campionamento di macroinvertebrati.

I cambiamenti climatici amplificano gli effetti di altre pressioni antropiche sugli ecosistemi fluviali.

I principali impatti sui macroinvertebrati si manifestano come modificazioni della fisiologia, cicli di vita, riproduzione, comportamenti, ecc.

I macroinvertebrati sono già utilizzati come bioindicatori dello stato ecologico dei fiumi, ma serviranno nuovi studi per monitorare gli effetti specificamente collegati ai cambiamenti climatici.

Il riscaldamento globale e le variazioni nel regime delle precipitazioni contribuiscono, tra i vari effetti che riguardano le acque interne, all'aumento degli eventi di piena e di magra estremi, all'abbassamento delle falde e all'aumento della temperatura. Questi impatti fisici amplificano le conseguenze sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici delle pressioni antropiche che già insistono sugli ambienti fluviali: ad esempio, tratti rettificati e confinati tramite arginature, estrazione di inerti, sponde devegetate, riduzione delle portate, *hydropeaking* (ossia oscillazioni periodiche delle portate indotte da opere di derivazione delle acque superficiali), scarichi e agricoltura intensiva. Gli effetti sopra descritti colpiscono anche le comunità di macroinvertebrati, tra i più conosciuti e utilizzati bioindicatori degli ecosistemi acquatici.

## MACROINVERTEBRATI: UNA GRAN VARIETÀ DI ORGANISMI CON UN RUOLO IMPORTANTE

I macroinvertebrati sono un raggruppamento di invertebrati che vivono almeno per una parte della loro vita negli ambienti acquatici e sono visibili a occhio nudo. Essi si trovano in vari ecosistemi quali mari, fiumi, torrenti, sorgenti, laghi, stagni, lagune e zone umide. Le comunità di macroinvertebrati sono molto diverse e comprendono migliaia di specie appartenenti a diversi phyla (grandi suddivisioni del regno animale), tra cui in particolare **Artropodi** (es. crostacei e insetti), **Molluschi** (gasteropodi e bivalvi), **Anellidi** (vermi segmentati), **Nematodi** (vermi cilindrici), **Platelminti** (vermi piatti).

I macroinvertebrati sono un importante anello della catena alimentare degli ambienti acquatici e possono ricoprire diversi ruoli trofici (detritivori\*, erbivori\*, predatori\*).

Grazie alla loro abbondanza, diversità e sensibilità alle variazioni ambientali, i macroinvertebrati sono ampiamente utilizzati come bioindicatori per valutare lo stato di salute degli ecosistemi in cui vivono e monitorare gli effetti degli stress ambientali, come l'inquinamento, le alterazioni idromorfologiche e i cambiamenti climatici.



*Famiglia Tubificidae*

### ANELLIDI OLIGOCHETI

La maggior parte vive in acque lente. Sono per lo più detritivori. Alcune specie sono molto resistenti a fenomeni di inquinamento e a bassi livelli di ossigeno disciolto. Si muovono strisciando sul fondo e possono formare dei tubuli nel fango in cui si infossano tenendo scoperta solo la parte posteriore che ha funzione respiratoria.



*Famiglia Emmericidae*

### MOLLUSCHI GASTEROPODI

Hanno una conchiglia con avvolgimento a spirale. Vivono in ambienti acquatici per lo più calmi e ricchi di vegetazione. Sono raschiatori e filtratori e capaci di muoversi attraverso un «piede» che secerne muco. Piuttosto sensibili ai fenomeni di inquinamento che alterino il pH delle acque e meno a quello di carico organico.



*Famiglia Elmidae*

### INSETTI COLEOTTERI

In alcuni casi vivono in ambiente acquatico sia le larve (a destra) sia gli adulti (a sinistra). Sono per lo più detritivori o predatori e olometaboli (cioè hanno metamorfosi completa larva - pupa - adulto). Le diverse fasi possono durare da alcuni mesi ad alcuni anni a seconda delle specie. Sono discreti indicatori della qualità delle acque.



Famiglia Gammaridae

#### CROSTACEI ANFIPODI

Presentano un corpo compresso in senso laterale. Vivono in acque a decorso lento o moderato con substrato fine e sono detritivori. Discreti indicatori delle qualità delle acque anche se diverse specie tollerano condizioni di elevato carico organico.



Famiglia Chironomidae

#### INSETTI DITTERI

Gruppo vasto delle mosche e delle zanzare. Hanno una metamorfosi completa. Solo le larve vivono in ambiente acquatico e possono vivere in condizioni ecologiche diverse (es. acque correnti o stagnanti). Ricoprono tutti i ruoli trofici a seconda delle specie (detritivori, erbivori, predatori). In generale sono piuttosto resistenti all'inquinamento e alle alterazioni ambientali in genere a seconda delle specie



Famiglia Perlodidae

#### INSETTI PLECOTTERI

Vita acquatica solo larvale e adulti che assomigliano alle larve ma con sviluppo alare e perdita delle due protuberanze terminali. La maggior parte delle specie necessita di acque fredde e ben ossigenate. Sono per lo più predatori o detritivori e molto sensibili all'inquinamento. La vita larvale può durare da pochi mesi a qualche anno.

## LA TEMPERATURA DELL'ACQUA: UN FATTORE CRUCIALE

La temperatura dell'acqua è uno dei principali fattori abiotici che influenzano la struttura e il funzionamento degli ecosistemi acquatici e la sua alterazione **può avere effetti importanti anche sui macroinvertebrati**; tuttavia, le loro risposte alla temperatura sono scarsamente documentate e non sono state ancora valutate sistematicamente. Abbiamo comunque a disposizione una recente revisione, a cura dell'Università Bicocca di Milano, di 223 pubblicazioni internazionali che prendevano in considerazione gli effetti della temperatura sui macroinvertebrati di acqua dolce.

## GLI EFFETTI SUI MACROINVERTEBRATI

I principali effetti diretti e indiretti della temperatura sulla comunità di macroinvertebrati possono essere riassunti in:

### 1. EFFETTI FISIOLGICI E METABOLICI

La temperatura influisce sull'espressione genica, la capacità di osmoregolazione, la respirazione, la dimensione corporea, i tassi di crescita e la dimensione al momento dell'emergenza (la fase in cui gli insetti escono dall'acqua per diventare adulti). Ad esempio, temperature più elevate accelerano il metabolismo, portando a una crescita più rapida ma a una dimensione corporea inferiore.

### 2. EFFETTI SUI CICLI DI VITA

Temperature più alte possono influenzare i cicli di vita dei macroinvertebrati, accelerando lo sviluppo e riducendo la durata delle fasi larvali. Questo può portare a cambiamenti nei tempi di emergenza e nella sincronizzazione delle popolazioni.

### 3. EFFETTI SULLA RIPRODUZIONE

Temperature elevate possono ridurre la fecondità e il successo della schiusa, mentre temperature ottimali promuovono una maggiore produzione di uova e un maggiore successo riproduttivo.

4. **EFFETTI COMPORTAMENTALI** La temperatura può influenzare la migrazione, la deriva, l'alimentazione e la predazione. Ad esempio, temperature elevate possono aumentare la deriva e alterare i comportamenti di alimentazione. I predatori possono diventare più attivi a temperature più alte, aumentando la pressione predatoria sui macroinvertebrati. Tuttavia, in alcuni casi, i predatori possono essere più vulnerabili alle alte temperature rispetto alle loro prede.
5. **EFFETTI ECOLOGICI** La temperatura influisce sulla ricchezza della comunità, la composizione tassonomica (ossia quali specie sono presenti), la densità, la distribuzione, la lunghezza della catena alimentare e la struttura della comunità. Temperature più alte possono favorire specie euriterme\* e generaliste, mentre specie stenoterme\* e specializzate possono subire una riduzione dell'habitat disponibile e un aumento del rischio di estinzione, portando a una maggiore omogeneizzazione delle comunità di macroinvertebrati.
6. **EFFETTI EVOLUTIVI** L'aumento di temperatura può causare divergenze evolutive di popolazioni di una stessa specie causate da esposizioni a temperature diverse su scale temporali estese che portano alla frammentazione e all'isolamento delle popolazioni, con conseguente perdita di diversità genetica.
7. **DISPONIBILITÀ DI OSSIGENO** Temperature più elevate riducono la solubilità dell'ossigeno nell'acqua, aumentando la domanda di ossigeno per la respirazione. Questo può causare stress respiratorio nei macroinvertebrati, specialmente in quelli con una tolleranza termica più bassa.
8. **CAMBIAMENTI NELLA QUALITÀ E QUANTITÀ DEL CIBO** L'aumento della temperatura può influenzare la produzione primaria e la decomposizione della materia organica, alterando la disponibilità di risorse alimentari per i macroinvertebrati. Ad esempio, temperature più alte possono accelerare la decomposizione della materia organica, riducendo la disponibilità di cibo per i detritivori.

## STUDI ANCORA DA APPROFONDIRE

La temperatura, dunque, influenza in modo determinante la disponibilità di risorse, le interazioni ecologiche, la distribuzione delle specie e la struttura delle comunità. Tuttavia, è solo dagli anni 2000 che si sono cominciati a sviluppare studi che coinvolgevano scale spaziotemporali estese e che indagavano gli effetti del riscaldamento globale, oltre che, in tempi ancora più recenti, gli effetti della temperatura a livello genetico ed evolutivo. Le risposte fisiologiche, metaboliche e riproduttive a livello di comunità testate su individui o popolazioni dovrebbero essere studiate più in dettaglio, dato che è probabile che i loro effetti macroecologici siano potenziati dal riscaldamento climatico.

## I MACROINVERTEBRATI MONITORATI DA ARPA FVG

Il monitoraggio dei macroinvertebrati bentonici effettuato da ARPA FVG è parte di un **approccio ecosistemico ampio** in cui vengono integrate più informazioni fornite da diversi indicatori. La Direttiva Europea sulle Acque 2000/60/CE, poi recepita dall'Italia con il D.Lgs.152/06, ha stabilito un quadro d'azione comunitaria per la protezione di tutte le acque presenti sul territorio della comunità europea. In Italia le diverse ARPA/APPA sono incaricate di eseguire i monitoraggi e la classificazione dello stato ambientale secondo i **protocolli ufficiali** definiti a livello europeo.

Per quanto riguarda i macroinvertebrati bentonici, **i campionamenti vengono eseguiti tre volte in un anno** in stagioni diverse (inverno, primavera, estate) e sono ripetuti **ogni tre anni** oppure a distanze maggiori a seconda della presenza o meno di pressioni e degli eventuali impatti che vengono evidenziati. Sono effettuati da valle verso monte utilizzando un retino immanicato che termina con un bicchiere di raccolta in cui finiscono gli esemplari tramite la movimentazione del substrato minerale o vegetale all'interno di un'area definita posta davanti alla bocca del retino. In generale ogni punto prevede il campionamento di 10 zone individuate tra quelle più rappresentative rispetto agli habitat presenti e definite su base percentuale.

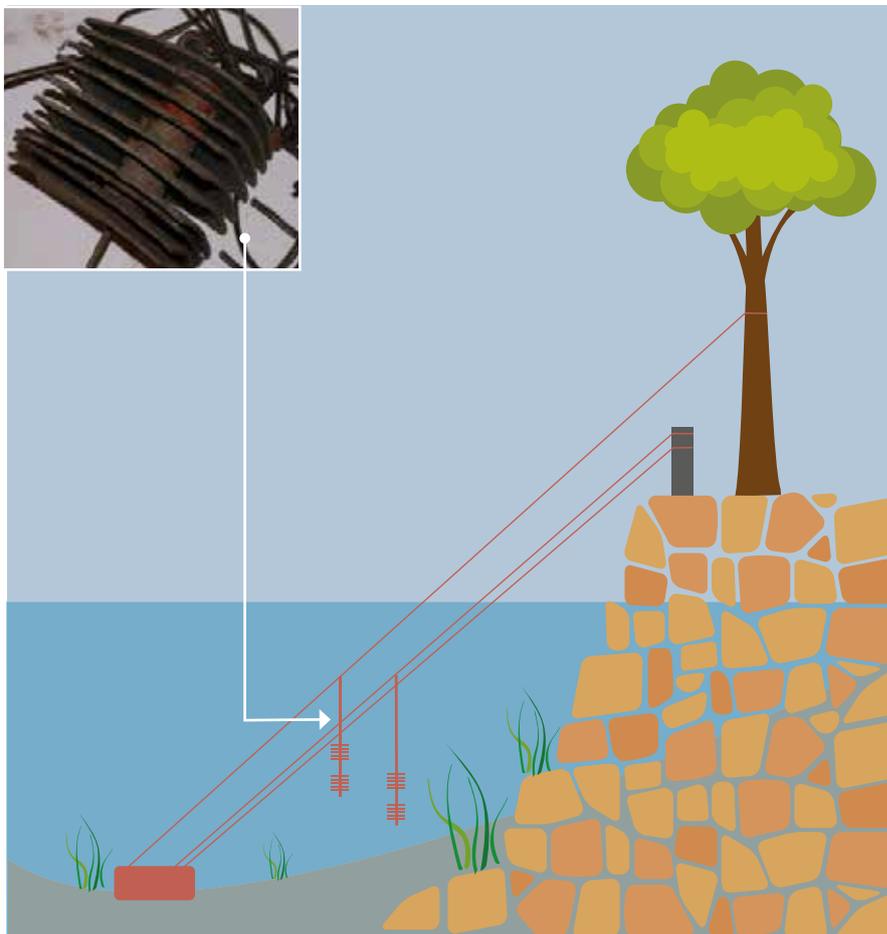


Retino immanicato con bicchiere di raccolta, utilizzato per il campionamento dei macroinvertebrati.



Personale di ARPA FVG effettua un campionamento di macroinvertebrati.

Nel caso in cui un fiume sia troppo profondo per essere guadato, al posto dei retini si utilizzano dei supporti artificiali fissati a strutture quali ad esempio alberi, palizzate, banchine e lasciati lungo la colonna d'acqua per circa un mese affinché vengano colonizzati dagli invertebrati. Successivamente il campione raccolto viene **analizzato in campo** per una prima determinazione degli esemplari e una parte di essi viene conservata per l'identificazione in **laboratorio** tramite microscopi. Alla fine viene redatta una **lista faunistica** completa dei dati raccolti in campo e in laboratorio e infine, tramite **analisi** che utilizzano specifici indici e valori di riferimento, si definisce lo **stato ecologico complessivo**.



Schema di come i supporti artificiali possono essere fissati tramite cima a strutture (es. albero). In alto a sinistra: foto dei supporti artificiali formati da lamelle di faesite riunite insieme tramite viti e distanziate da gommini a formare dei grappoli ad area definita.

## UNA GRAN VARIETÀ DI CONDIZIONI E RISPOSTE DEI MACROINVERTEBRATI

Pur essendo una regione relativamente piccola il Friuli Venezia Giulia presenta **una grande varietà di condizioni ecologiche** e climatiche oltre che una diversità nella distribuzione delle principali pressioni, pertanto le risposte degli indicatori biologici e in particolare dei macroinvertebrati bentonici sono molto complesse e articolate. I risultati ottenuti dal 2009, anno in cui sono iniziati i campionamenti secondo le richieste della Direttiva Europea sulle Acque, indicano che **in condizioni inalterate, per lo più rinvenibili nelle aree montane** lontane da grandi agglomerati urbani e insediamenti industriali e non interessate da prelievi idrici e da alterazioni morfologiche, **le comunità di macroinvertebrati sono spesso ricche e diversificate**, caratterizzate dai gruppi più adattati a questi ambienti, dove le temperature dell'acqua sono rigide, la corrente impetuosa e la disponibilità di ossigeno disciolto elevata.

Scendendo **dalla montagna alla pianura** si osserva **un calo generale di biodiversità** legato in parte a condizioni naturali ma soprattutto alla maggior presenza di pressioni. **L'effetto delle pressioni antropiche** sulle comunità è evidente soprattutto in ambienti già intrinsecamente fragili come **i tratti dell'alta pianura**, in quanto in molti casi l'acqua non presenta uno scorrimento superficiale per lunghezze più o meno ampie dato che finisce in subalveo a causa della permeabilità del letto del fiume. Viceversa, le **rogge di risorgiva** che riemergono a seguito della presenza di strati di argilla impermeabili, consentono uno scorrimento costante nel tempo e la presenza di comunità di invertebrati piuttosto ampie e differenziate grazie soprattutto alla ricchezza degli habitat vegetali presenti, anche se in molti casi, possono essere presenti in grande numero anche gruppi maggiormente capaci di adattarsi agli impatti antropici.

## SPECIE ALIENE NEI NOSTRI FIUMI

Uno degli obiettivi principali per permettere un uso sostenibile della risorsa idrica è la conservazione degli ecosistemi acquatici e il conseguente raggiungimento del "buono" stato ecologico in un contesto geografico, come quello europeo, in cui i fiumi sono gli ecosistemi di acqua dolce più frammentati al mondo.

### LA VONGOLA ASIATICA E IL GAMBERETTO KILLER

Altre specie alloctone con caratteristiche molto evidenti quali ad esempio il crostaceo anfipode detto Gamberetto killer (*Dikerogammarus villosus*) o il mollusco bivalve Vongola asiatica (*Corbicula fluminea*) non sono mai state rinvenute durante i campionamenti effettuati da ARPA FVG anche se ormai sono una componente comune in molte acque di regioni vicine e in aumento costante.

In questi casi l'introduzione accidentale è dovuta in particolare agli spostamenti attraverso nuovi canali aperti a opera dell'uomo per la connessione di fiumi e laghi, trasporto passivo nelle acque di zavorra delle navi, acquacoltura nonché le sempre più numerose attività acquatiche sportive e ricreative soprattutto nei laghi.



Vongola asiatica  
(*Corbicula fluminea*)



Gamberetto killer  
(*Dikerogammarus villosus*).



Foto: MikeMurphy

Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*).

## IL GAMBERO DELLA LOUISIANA

Uno degli esempi più conosciuti è quello del Gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*), per il cui controllo ed eradicazione in regione è stato sviluppato il progetto internazionale LIFE Rarity durato tra il 2011 e il 2014 il cui capofila era l'ETP ora ETPI (Ente Tutela Patrimonio Ittico del Friuli Venezia Giulia). I risultati ottenuti hanno indicato una presenza piuttosto limitata del gambero alloctono, interessando poche aree al di sotto della linea delle risorgive e con popolazioni contenute ([report finale Rarity, 2014 - https://www.etpi.fvg.it/media/files/ETPI/attachment/VI\\_report-monitoraggio\\_bdZnlW.pdf](https://www.etpi.fvg.it/media/files/ETPI/attachment/VI_report-monitoraggio_bdZnlW.pdf)).

I campionamenti di ARPA FVG, pur non essendo strutturati specificamente per il monitoraggio dei gamberi di fiume, non hanno mai portato a catture di esemplari del Gambero della Louisiana o di altre specie invasive di decapodi mentre in alcune stazioni sono risultati presenti i gamberi autoctoni appartenenti al complesso di specie *Austrapotamobius pallipes complex*. A seguito di interconfronti effettuati a cadenza quasi annuale con altre ARPA/APPA di regioni vicine è stato possibile verificare durante alcuni campionamenti in Veneto e Lombardia la presenza di popolazioni molto strutturate in aree di pianura del Gambero della Louisiana.

## INDAGINI COMPLESSE CHE VALE LA PENA DI PROSEGUIRE

Se per quanto riguarda le specie più facilmente individuabili le conoscenze cominciano a consolidarsi, il problema riguarda quelle meno appariscenti e di più piccole dimensioni, dato che richiedono il riconoscimento a un livello molto dettagliato che necessita di una capacità tassonomica elevata. Per lo stesso motivo, gli indici utilizzati per la classificazione dello stato ecologico tramite macroinvertebrati non prendono in considerazione le specie aliene. Eppure in tutta Italia c'è stato un incremento della diffusione di specie alloctone con un progressivo mutamento delle comunità acquatiche che ha subito un'accelerazione negli ultimi decenni.

Non si può, pertanto, escludere che se fossero approntate analisi più di dettaglio potrebbero essere rinvenute specie alloctone non ancora conosciute nelle acque del Friuli Venezia Giulia. Ad esempio, grazie al progetto *Interreg Grevislin* tra Italia e Slovenia (2018-2021) per lo sviluppo di infrastrutture verdi e il monitoraggio delle acque e degli habitat nelle aree transfrontaliere del bacino dell'Isonzo, è stato possibile un confronto coi colleghi sloveni che ha permesso di accertare la presenza della planaria *Dugesia tigrina*, specie alloctona proveniente dal Nord America. Pertanto, sarebbe auspicabile che le analisi effettuate per la classificazione dello stato



Foto: Dick Belgers

Planaria  
*Dugesia tigrina*

ecologico tenessero conto anche di queste problematiche che potrebbero essere in gran parte ancora sconosciute e che potrebbero essere accelerate dai cambiamenti climatici, poiché le specie aliene spesso tollerano uno spettro più ampio di condizioni ambientali rispetto alle specie locali, adattate a condizioni più specifiche (ad esempio temperature più fresche delle acque).

# PROLIFERAZIONI E CAMBIAMENTI NELLE POPOLAZIONI DEI SIMULIDI

Uno dei fenomeni più conosciuti legati ai macroinvertebrati acquatici in Friuli Venezia Giulia a partire dagli anni '80 del secolo scorso è stata la proliferazione nelle aree della bassa pianura dei Simulidi, insetti dell'ordine dei Ditteri (zanzare e mosche).

## LARVE FILTRATRICI E FEMMINE ADULTE EMATOFAGHE

Sono dei moscerini che fanno la fase larvale e di pupa all'interno dei corsi d'acqua dalla montagna alla pianura. Le larve sono dotate di apparato boccale filtratore e si fissano al substrato con la porzione terminale dell'addome modificata come una sorta di ventosa per stare vicino al pelo dell'acqua, al fine di raccogliere il materiale particolato fine trasportato dalla corrente. Nelle rogge, mancando rocce e altri elementi minerali di grandi dimensioni, si fissano sulla vegetazione flutuante. La contemporanea presenza di una grande abbondanza di habitat idonei e di risorse alimentari ha portato al drastico

aumento di individui con problematiche sociali e sanitarie legate al fatto che le femmine adulte sono ematofaghe, anche se alcune specie prediligono l'uomo mentre altre bovini ed equini.



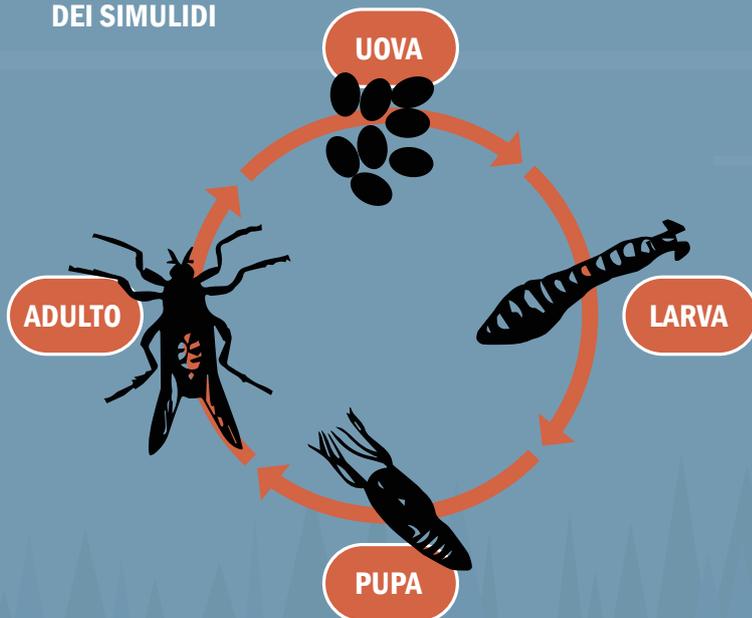
Foto: ARPA FVG

Larve di Simulidi

## I MONITORAGGI DI ARPA FVG

ARPA FVG aveva effettuato dei monitoraggi appositi al fine di verificare i risultati dell'utilizzo dell'endotossina di un ceppo specifico del batterio sporigeno *Bacillus thuringiensis* per contrastare la diffusione delle larve di questi Ditteri.

## CICLO VITALE DEI SIMULIDI



Gli ultimi monitoraggi effettuati nel 2009 avevano verificato un decremento delle popolazioni di Simulidi con la presenza di quattro specie i cui adulti possono colpire l'uomo o gli animali.

Da allora non sono più stati effettuati campionamenti specifici dato che l'emergenza sembra essere rientrata, anche se le larve di Simulidi continuano a essere ben presenti soprattutto nelle rogge.

## LE CAUSE DELLA PROLIFERAZIONE

Uno dei maggiori esperti italiani di tale gruppo, il Dott. Rivosecchi, aveva pubblicato nel 2005 un articolo in cui considerava anche gli effetti della modificazione del paesaggio sulla proliferazione di tali insetti in diverse aree italiane, citando, tra le altre, le problematiche registrate in Friuli Venezia Giulia. In sostanza, pur considerando fondamentali le modificazioni alle condizioni

## PAROLE CHIAVE

### **ERBIVORI**

organismi che si nutrono della materia vegetale vivente dalle microalghe alle piante superiori.

### **DETRITIVORI**

organismi che si nutrono della componente organica in decomposizione presente nel detrito.

### **PREDATORI**

organismi che si nutrono di altri animali.

### **SPECIE EURITERME**

sono quelle specie in grado di sopportare ampie variazioni di temperatura

### **SPECIE STENOTERME**

sono specie che non sono in grado di sopportare ampie e brusche variazioni di temperatura per poter vivere.

dei corsi d'acqua, ritiene che non possano essere trascurati anche i cambiamenti delle abitudini e del paesaggio agrario, in particolare l'eliminazione di barriere naturali vegetazionali a ridosso dei corsi d'acqua nonché la riduzione del bestiame allo stato brado che avrebbe determinato un passaggio da specie di Simulidi per lo più legate ai bovini a quelle che attaccano prevalentemente l'uomo. Di particolare interesse sono anche le considerazioni relative ai massicci attacchi con morie a volte numerose di bovini al pascolo in diverse zone alpine italiane che si registrano da decenni e a cui potrebbero aver contribuito azioni umane quali, nei casi specifici considerati, la cattura delle acque per vari scopi antropici e cementificazioni che avrebbero determinato un riscaldamento dell'aria, favorendo il trasferimento di Simulidi a quote elevate. Immaginando la problematica su una scala più ampia, si può comprendere come il riscaldamento globale possa incrementare fortemente la tendenza osservata.

## **UNA VISIONE AMPIA PER CAPIRE FENOMENI COMPLESSI**

La perdita di diverse specie di Simulidi e la proliferazione di poche, meglio adattate a nuove condizioni ambientali, rappresenta un esempio di come occorra una visione ampia alla cui base stia il concetto di sostenibilità. In generale si possono ottenere alcuni risultati con misure eccezionali ma il rischio è che siano limitati nel tempo e che non permettano di affrontare le problematiche a monte, a partire da quelle ambientali a scala locale (ad esempio riduzione dei nutrienti, fasce tampone ecc.) per arrivare a quelle più imponenti su scala globale.



Secca del Fiume Isonzo nei pressi di Turriaco, GO (15/09/2022).

## ALTERAZIONI AMPLIFICATE DAI CAMBIAMENTI CLIMATICI

In molti casi, gli effetti descritti possono non essere facilmente individuati a livello di popolazioni su scale temporali così ristrette. È, però, indubbio che tali alterazioni siano in atto e, in certi casi, sono più evidenti perché derivano dall'**azione sinergica di diverse pressioni** e potrebbero essere **amplificate dai cambiamenti climatici** in atto.

Ad esempio, le problematiche sopra evidenziate per quanto riguarda gli ambienti di pianura potrebbero essere accelerate dai fenomeni di siccità prolungata alternati a fasi di precipitazioni estreme, come avvenuto negli ultimi anni.

Anche gli effetti dell'**hydropeaking**, ben evidenti ad esempio sul fiume Isonzo, potrebbero essere incrementati e accelerati dai cambiamenti climatici. Le comunità, infatti, allo stato attuale rispondono alle diverse fasi giornaliere di picchi di rilascio e di riduzione forzata delle portate con una contrazione del numero di taxa presenti e spesso con pochi esemplari. Se a fasi di riduzione di portata si assommassero periodi di siccità estrema, come avvenuto ad esempio nel 2022, ciò potrebbe alterare ancor più pesantemente la composizione di una comunità già fortemente ridotta. Il rischio è anche la **perdita di quelle aree inondabili laterali rispetto all'alveo** che funzionano da riserva di acqua e ricovero per specie animali e vegetali in attesa di poter ritornare al fiume a seguito dei periodi di morbida.

I cambiamenti climatici possono anche concorrere a favorire la diffusione e il successo di **specie aliene**, cioè provenienti da aree molto diverse da quelle di origine a causa di condizioni favorevoli per il loro sviluppo, spesso a scapito di quelle autoctone (come vediamo nel box di approfondimento sulle **SPECIE ALIENE NEI NOSTRI FIUMI**). L'aumento delle temperature può inoltre influenzare anche la diffusione di specie collegate a problematiche sanitarie (come vediamo nel box di approfondimento **PROLIFERAZIONI E CAMBIAMENTI NELLE POPOLAZIONI DEI SIMULIDI**).

## PER UN FUTURO RESILIENTE

Al fine di non perdere il contributo che i macroinvertebrati forniscono ai **servizi ecosistemici** e per potere continuare ad ammirare loro meravigliosa complessità è necessaria un'inversione di rotta, innanzitutto prendendo coscienza degli interventi fondamentali per ristabilire e migliorare condizioni compromesse dall'uomo, *in primis* la **restituzione dell'acqua** laddove è stata sottratta del tutto o quasi, una maggior attenzione alla capacità recettiva dei corpi idrici rispetto agli scarichi, il **ripristino delle connessioni** laterali con l'ambiente esterno, le sponde e il subalveo e il rispetto delle fasce tampone lungo i corsi d'acqua tramite le strategie della **riqualificazione fluviale**. Solo così sarà possibile affrontare anche i cambiamenti climatici e le ulteriori conseguenze che essi comportano.

**Gabriele Piazza**  
ARPA FVG

*Un ringraziamento a tutti coloro  
che hanno contribuito alla realizzazione  
dei “Segnali dal Clima in FVG”,  
sia con i loro testi, dati e immagini,  
sia con le loro riflessioni, osservazioni  
e disponibilità a condividere  
idee e conoscenze.*

**Il pdf integrale e i pdf tematici di Segnali dal clima in FVG 2025,  
insieme a quelli delle precedenti edizioni, sono disponibili su:**

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg/>

