



Studio ELLEBI di Luigi Balzarini
QUALITA' – AMBIENTE –
SICUREZZA – MERCI PERICOLOSE

Piazza Palma 1 – 23883 Brivio (LC)
Via Fossa del Castello 31 – 23883 Brivio (LC)
Tel. 3336660432 - 0395320269
web www.studio-ellebi.com mail luigi.balzarini@tin.it

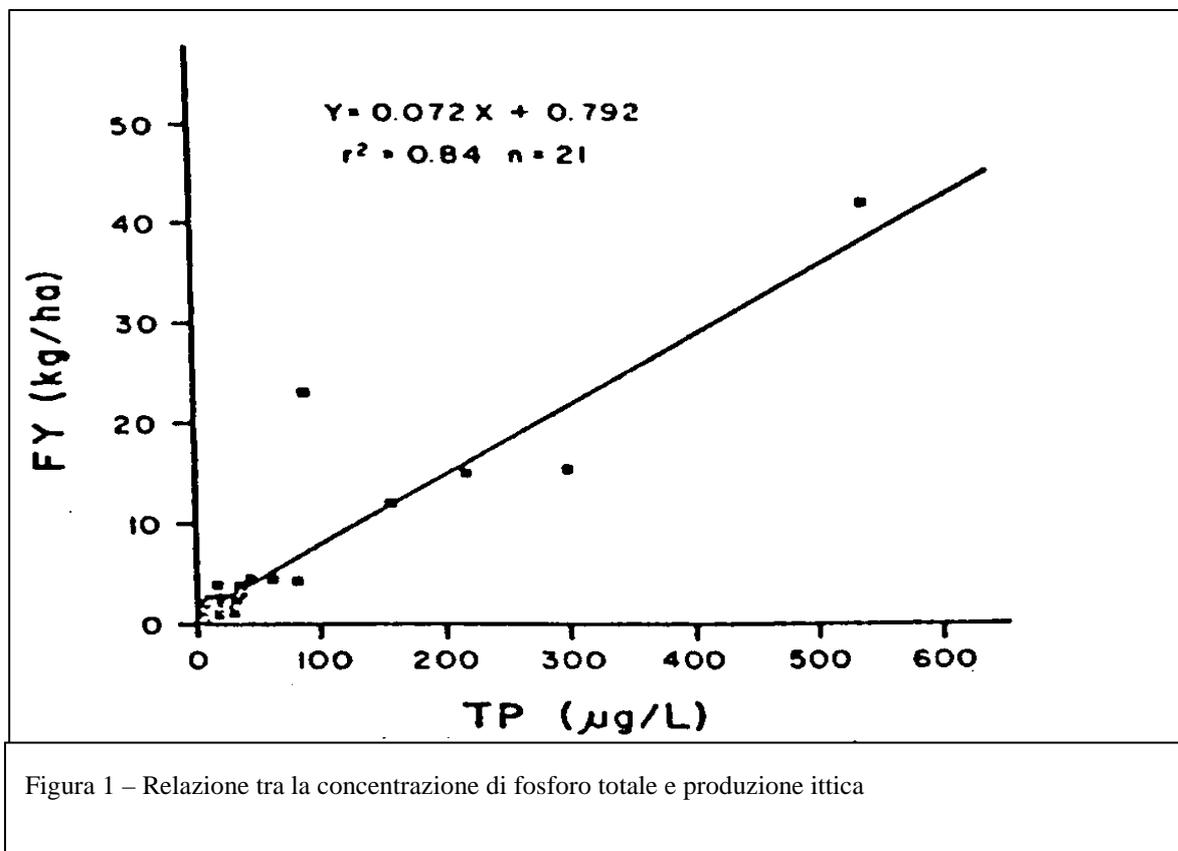
**Valutazione del popolamento ittico delle acque
del fiume Adda nel territorio del Comune di Brivio**



16 ottobre 2013

Trofia dei corpi idrici

La consistenza del popolamento ittico di un corpo idrico è direttamente collegata alle disponibilità alimentari dello stesso. Queste a loro volta sono determinate dalla concentrazione di nutrienti di base, quali **carbonio**, **azoto** e **fosforo**. La letteratura scientifica è ricca di riferimenti in merito.



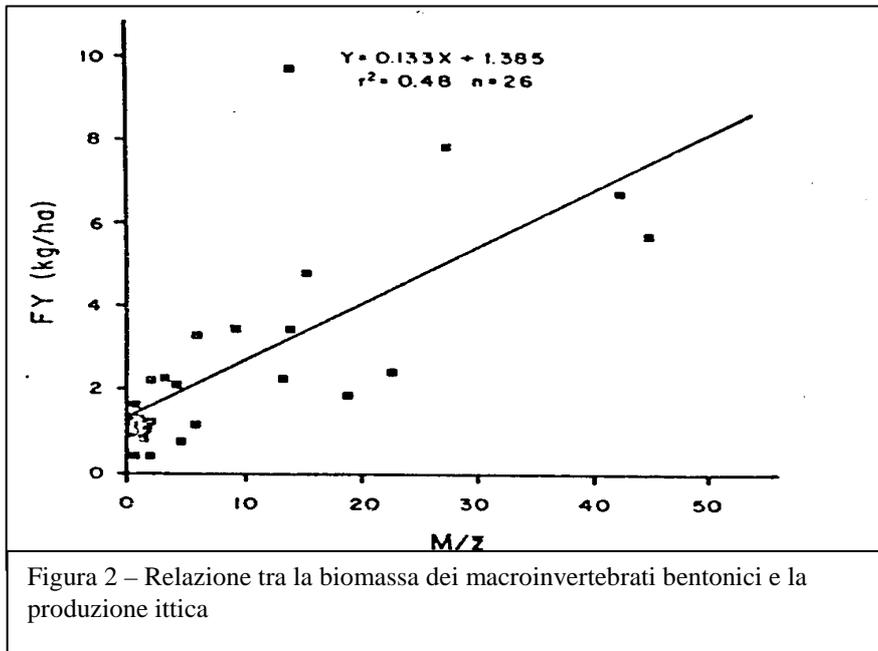
Vengono di seguito riportati due esempi riferiti agli ambienti lacustri: la prima indica una chiara relazione di tipo lineare tra la concentrazione di fosforo ed il pescato (figura 1), la seconda rappresenta una relazione, sempre di tipo lineare, tra la biomassa di macroinvertebrati bentonici (*macrozoobenthos*) per unità di superficie e il pescato (figura 2). **In altri termini ciò significa che all'aumentare della concentrazione di fosforo o di macro invertebrati bentonici corrisponde un parallelo incremento del pescato in termini di biomassa.**

Il **benthos** (o **bentos**) è la categoria ecologica che comprende gli organismi acquatici, sia d'acqua dolce sia marini, che vivono in stretto contatto con il fondo o fissati ad un substrato solido. Il macrozoobenthos delle acque correnti è costituito da organismi di taglia non inferiore al mm (visibili ad occhio nudo) che presentano adattamenti morfo-fisiologici atti a conferire loro una più o meno elevata attitudine resistere alla corrente (reofilia), quali appiattimento del corpo, forma idrodinamica, presenza di ventose, uncini, cuscinetti adesivi. Da un punto di vista ecologico:

- occupano tutti i livelli dei consumatori nella struttura trofica delle acque correnti
- hanno mediamente lunghi cicli vitali, e vivono almeno una parte della loro vita legata ai substrati

Sono ottimi indicatori biologici in quanto:

- sono sensibili all'inquinamento e ai cambiamenti ambientali
- sono facilmente riconoscibili e classificabili
- sono molto diffusi
- sono relativamente stabili e quindi rappresentativi delle condizioni di una determinata sezione di corso d'acqua



L'utilizzo dei macroinvertebrati per l'analisi della qualità dei corsi d'acqua dolce ed il loro biomonitoraggio risale all'inizio degli anni settanta del XX secolo, e si è notevolmente ampliato nei decenni successivi, finendo per essere anche regolato da normative emesse dalle agenzie pubbliche responsabili della qualità dell'ambiente.



Larva di tricottero



Planaria

La direttiva europea 2000/60/CE sugli indicatori biologici prevede l'analisi di comunità di macroinvertebrati, abitualmente presenti nei corsi d'acqua, per la valutazione delle qualità ambientali, facendo distinzione fra microinvertebrati, la cui dimensione raramente supera il millimetro di lunghezza, e macroinvertebrati.

Quest'ultimi sono organismi la cui taglia (alla fine dello sviluppo larvale o dello stadio immaginale) supera la lunghezza di 1 mm. Si tratta quindi di una suddivisione a carattere pratico, che contraddistingue le specie di invertebrati facilmente visibili e osservabili ad occhio nudo, soprattutto da vivi.

Tra i macroinvertebrati i gruppi faunistici più frequenti sono gli insetti (coleotteri, tricotteri, ditteri, efemerotteri, plecoteri), crostacei (gamberi, gammaridi), molluschi (bivalvi e gasteropodi), anellidi (sanguisughe), tricladi, oligocheti e altri gruppi come i nemertini e i platelminti (planarie). In alcuni casi vengono utilizzati anche dei celenterati come l'idra, spugne, briozoi e nematomorfi (gorgoidi).

Negli studi ambientali di corsi d'acqua solitamente vengono utilizzati i macroinvertebrati bentonici, rispetto a quelli planctonici, in quanto quest'ultimi non si rinvenivano diffusamente nelle zone con acqua corrente e sono limitati alle condizioni di acqua stagnante.

Le comunità di macroinvertebrati risultano sensibili alle alterazioni delle caratteristiche ambientali (ossigeno disciolto, pH, temperatura, trasparenza delle acque) provocate da sostanze inquinanti. Una variazione nella costituzione di queste comunità, determinata a seguito di campionamenti statistici, effettuati seguendo precisi protocolli rappresenta quindi un preciso segnale di cambiamento delle caratteristiche ambientali. Quindi i macroinvertebrati sono importanti indicatori biologici dello stato ambientale in cui vivono.

Un altro importante fattore da considerare riguarda il plancton. Il **plancton** è la categoria ecologica che comprende il complesso di organismi acquatici galleggianti che, non essendo in grado di dirigere attivamente il loro movimento (almeno in senso orizzontale), vengono trasportati passivamente dalle correnti e dal moto ondoso. Per queste sue caratteristiche, il plancton si distingue dal *necton*, il complesso di organismi viventi nella colonna d'acqua e dotati di nuoto attivo, e dal *benthos*, costituito dagli organismi abitanti i fondali e con i quali mantengono uno stretto rapporto di carattere trofico.

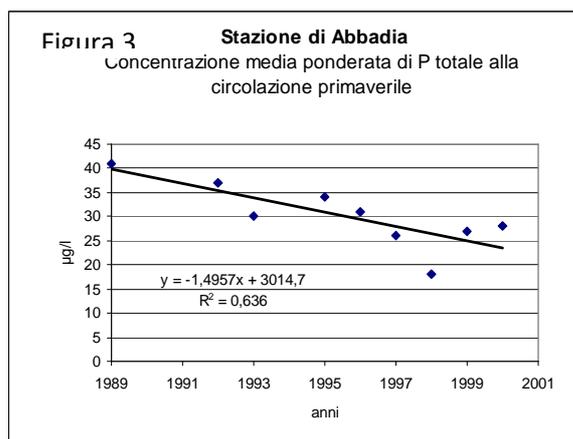
Il plancton comprende microorganismi (alghe unicellulari, protozoi, etc.), larve, piccoli animali come i crostacei che formano il krill), ma anche organismi di una certa mole come meduse e alghe pluricellulari (ad esempio i sargassi).

Il plancton è alla base di tutte le catene alimentari acquatiche e fornisce alimento a specie ittiche di piccola taglia, fino ai più grandi animali marini come lo squalo balena e le balene. Ma per la proliferazione del fitoplancton (base alimentare dello zooplancton) è necessario un tempo di ricambio idrico superiore a 3 giorni. Ne consegue che nel corso principale del fiume Adda, a causa del movimento idrico correntizio, non è possibile la formazione di una catena alimentare che porti alla formazione dello zooplancton, **se non in alcune ristrette zone litorali in cui prevalgono specie detritivore.**

Per quanto riguarda questa fonte alimentare l'Adda dipende pertanto dal carico in uscita dai bacini lacustri posti a monte, quindi in questo caso dal lago di Garlate e, in secondo luogo, dal lago di Como. La trofia (intesa come concentrazione di P totale) di questi bacini lacustri si è però sensibilmente ridotta nell'ultimo ventennio, **grazie agli interventi di collettamento degli scarichi fognari** e alla legge sui detersivi del 1988 che ha ridotto la concentrazione di fosforo.

Questa campagna di risanamento ha portato ad un miglioramento della qualità dell'acqua dal punto di vista estetico e di alcuni usi (balneazione, potabilità), ma ha diminuito le potenzialità produttive dei corpi idrici dal punto di vista ittico. Nella figura 3 è illustrata la tendenza evolutiva della concentrazione di P totale dal 1989 al 2000 nella stazione di Abbadia Lariana, che rappresenta la parte terminale del ramo di Lecco.

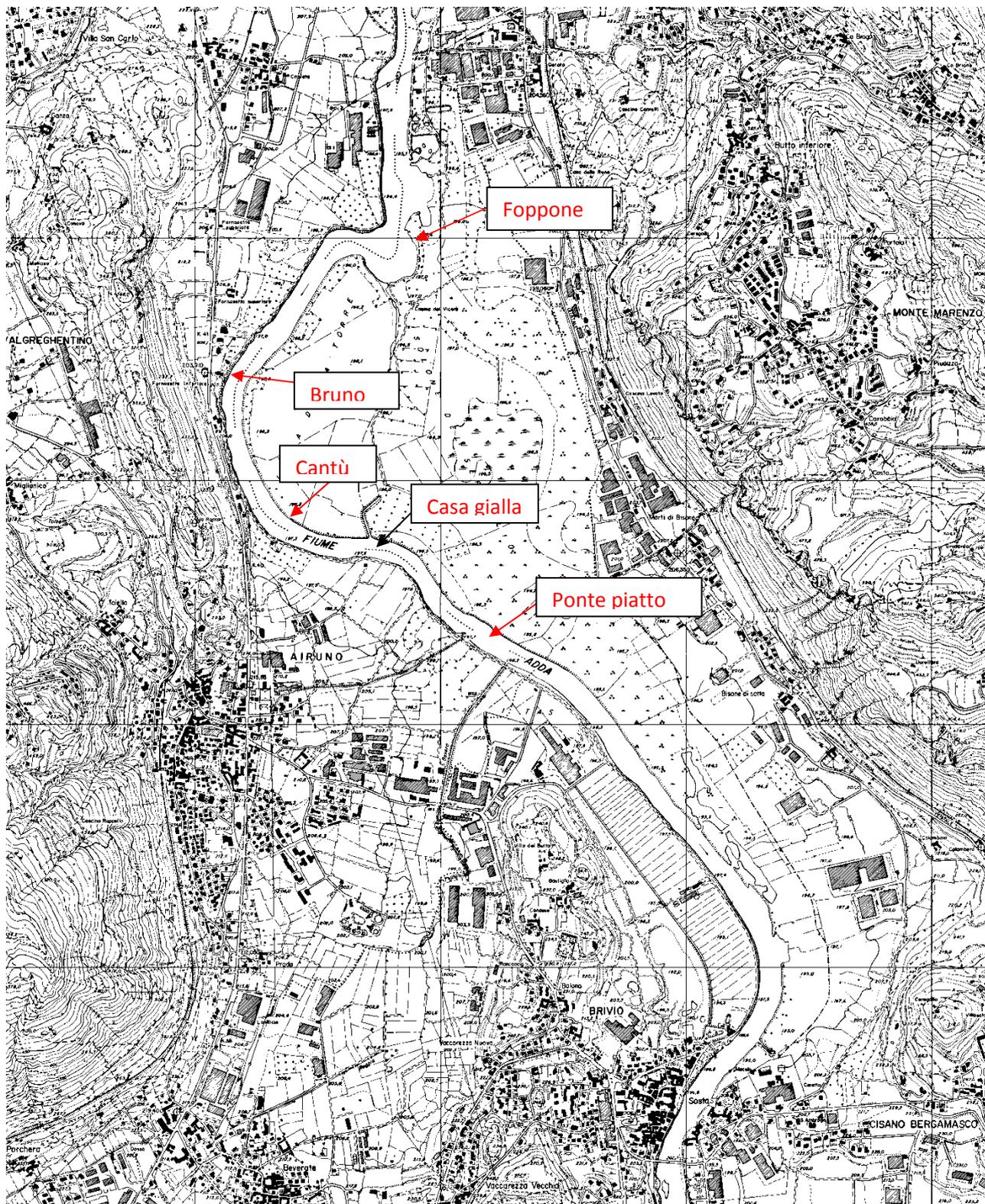
Risulta evidente che il fosforo è quasi dimezzato nell'ultimo decennio e pertanto la stessa evoluzione è considerabile per il lago di Garlate e per l'Adda emissario, che ne rappresentano la naturale continuità



idrologica.

Qualità dell'acqua nel tratto di Adda del Comune di Brivio (studio eseguito tra il 2003 e il 2005)

Alcuni studi eseguiti nel tratto di Adda del Comune di Brivio nel periodo indicato hanno evidenziato dati molto significativi. I campionamenti sono stati eseguiti nei punti indicati dalla mappa sottostante.



Ad ogni campionamento sono stati analizzati i seguenti parametri fisico-chimici:

- Disco di Secchi (trasparenza)
- Temperatura
- Ossigeno disciolto
- % saturazione O₂
- pH
- Conducibilità elettrica
- Azoto ammoniacale
- Azoto nitroso
- Fosforo totale

Come parametri addizionali sono stati considerati:

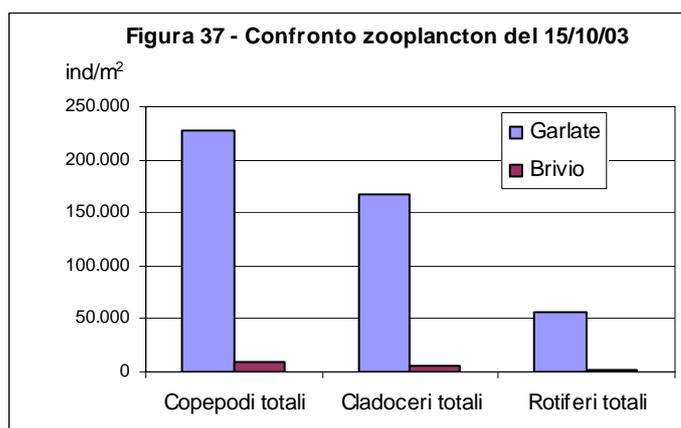
- Alcalinità
- Fosforo ortofosfato
- Azoto nitrico

Per ogni indagine sono state inoltre effettuate analisi quali-quantitative su campioni di zooplancton, al fine di valutare le disponibilità alimentari di questa origine.

La concentrazione media di fosforo totale nel tratto di Adda esaminato è risultata pari a 18 µg/l, valore che indica condizioni di oligo-mesotrofia. Il rapporto azoto/fosforo è compreso tra 61 e 109, da cui risulta chiaramente che il fattore limitante della crescita algale è rappresentato **dal fosforo**. E' noto infatti che rapporti N/P superiori a 10 indicano limitazione da fosforo, mentre per rapporti inferiori a 5 il fattore limitante è individuabile nell'azoto. Valori del rapporto N/P compresi tra 5 e 10 indicano una condizione nutrizionale bilanciata con la possibilità che uno o l'altro elemento assuma il ruolo di fattore limitante in una fase successiva.

Per quanto riguarda le disponibilità alimentari sono stati effettuati controlli sul popolamento zooplanctonico e su quello bentonico (litorale e profondo).

I crostacei planctonici evidenziano densità in genere molto limitate, con valori compresi tra 340 e 2400 ind/m³. Fa eccezione un solo campionamento, eseguito nel mese di giugno, che indica una densità superiore (4550 ind/m³), rappresentata principalmente dal cladocero *Daphnia hyalina*. Due verifiche effettuate in parallelo tra il lago di Garlate e l'Adda in località Casa gialla mettono però in chiara evidenza che circa il 95% dei crostacei planctonici scompare nel tratto compreso tra i due punti di campionamento (figura a lato). Risulta evidente la notevole diminuzione dei crostacei planctonici dalla stazione di monte a quella di valle. Per quanto riguarda i Copepodi il tasso di mantenimento è pari al 7-8%, per i Cladoceri il tasso di mantenimento è pari circa al 6%. Il taxon dei Rotiferi è meno importante come risorsa alimentare per il popolamento ittico a causa delle dimensioni nettamente inferiori rispetto ai crostacei planctonici. La conclusione importante è che più del 90% dello zooplancton presente nel lago di Garlate non raggiunge il tratto di Adda in Comune di Brivio. Ciò spiega pertanto la migrazione del popolamento ittico dall'Adda al lago di Olginate, subito dopo lo sbarramento, al termine della stagione estiva. In questo periodo si verifica infatti una marcata riduzione della densità zooplanctonica a causa della perdita di nutrienti negli strati superficiali del lago in seguito ai fenomeni di sedimentazione durante la fase di stratificazione termica. Le condizioni di carenza alimentare spingono pertanto il pesce verso la zona di provenienza dello zooplancton, e quindi verso il lago di Garlate. Ciò spiegherebbe pertanto la risalita del popolamento ittico a valle della diga di Olginate, spinti alla ricerca dello zooplancton in uscita dal lago di Garlate.



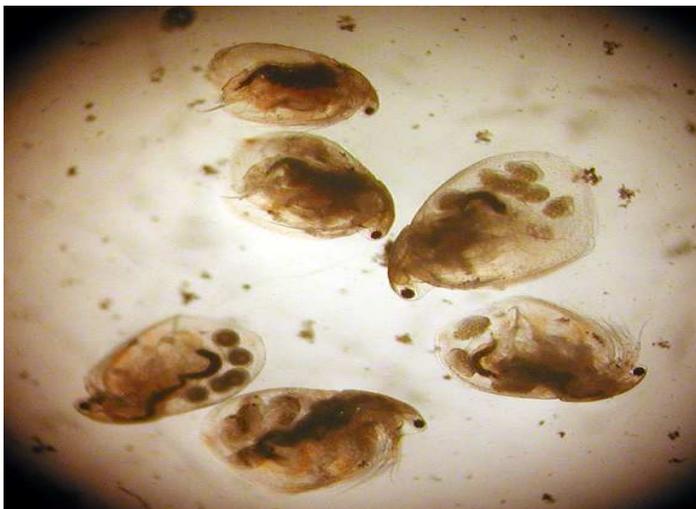
Il popolamento bentonico non mostra un quadro migliore. Il fondale appare piuttosto compatto, costituito in prevalenza da ghiaia mista a sabbia e limo. L'unico elemento rappresentato in alcune zone con valori di rilievo è il bivalve *Dreissena polymorpha*. (in dialetto è chiamata "scöcc"). Si tenga però presente che questo mollusco è scarsamente accessibile come risorsa alimentare per la fauna ittica. Poco rappresentati risultano invece gli oligocheti ed i chironomidi, che dovrebbero invece costituire la componente più importante in questo tipo di substrato. La scarsità di interstizi limita fortemente la presenza delle larve di insetti. Gli altri taxa riscontrati segnalano rilevamenti occasionali e pertanto poco rappresentativi. La zona bentonica profonda segnala quindi una sostanziale scarsità di risorse alimentari per la fauna ittica, in parte derivante dalla limitata diversità ambientale ed alla conseguente carenza di interstizi.



Molluschi bivalvi appartenenti al genere *Dreissena*

Per quanto riguarda i macroinvertebrati presenti nella zona litorale sono state analizzate tre zone. La prima è relativa ad un tratto di fondale sabbioso-limoso privo di vegetazione acquatica. In questo caso l'unico rilevamento è costituito da rari oligocheti. La seconda zona di indagine è relativa ad un tratto litorale a *Vallisneria spiralis*, alga macrofita sommersa abbastanza frequente nel tratto di Adda esaminato (la cosiddetta "bindelera"). Questo ambiente si è dimostrato il più ricco in termini di invertebrati.

Sono infatti presenti con discrete densità alcune specie zooplanctoniche tipiche dell'ambiente litorale a macrofite. Considerando la superficie coperta da *Vallisneria* ne risulta comunque una biomassa molto limitata che non è certamente in grado di soddisfare le esigenze alimentari della fauna ittica presente. La terza zona indagata rappresenta sempre un tratto a macrofite sommerse. In questo caso l'ambiente segnala la presenza di invertebrati di maggiori dimensioni, costituiti in prevalenza da larve di Zigotteri. Le densità sono comunque limitate e non rappresentano una fonte alimentare di rilievo.



Cladoceri del genere *Simocephalus* presenti nella zona litorale a *Vallisneria* (dimensioni 2-3 mm)

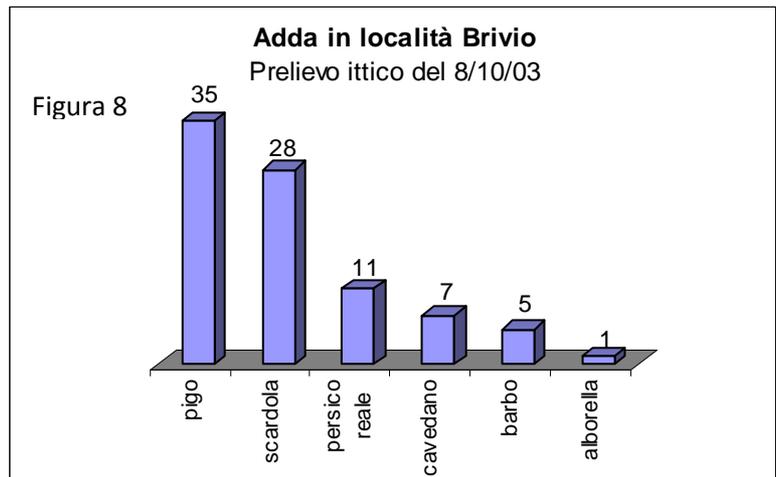


Copepodi del genere *Mesocyclops* (dimensioni 1-2 mm)

Analisi della popolazione ittica

Le analisi sul popolamento ittico sono relative ad un campione di novellame prelevato nel tratto di Adda oggetto di studio. La composizione del campione raccolto tramite bilancia ("quadrato") è illustrata nella figura 8.

La specie predominante è risultata il **pigo** (*Rutilus pigus*) con 35 soggetti, seguito dalla **scardola** (*Scardinius erythrophthalmus*) con 28 soggetti. Questi due ciprinidi rappresentano quindi la percentuale prevalente del campione (72%).



Tutti i soggetti presenti nel campione appartengono alla classe di età 0+ (nati cioè nell'anno in corso). Non sono state rilevate patologie di rilievo nel campione esaminato. Per quanto riguarda il pigo il fattore di condizione medio risulta pari a 0,73, valore che mette in evidenza una limitata riserva di grassi: nel periodo estivo-autunnale il fattore di condizione per questa specie dovrebbe infatti risultare più prossimo all'unità. L'analisi del contenuto alimentare indica la presenza costante di detrito vegetale e l'assenza di forme di origine animale.

La scardola indica un fattore di condizione medio pari a 0,92, confermando uno stato di nutrizione migliore per questa specie. L'analisi del contenuto alimentare indica però la presenza costante di vegetali (foglie di macrofite sommerse) e l'assenza di forme di origine animale.

Il campione di **persico reale** (*Perca fluviatilis*) evidenzia una condizione di normalità per quanto riguarda il rapporto lunghezza-peso e non indica pertanto uno stato di denutrizione. In questo caso non è stata rilevata la presenza di contenuti gastrici.

Il **cavedano** (*Leuciscus cephalus*) è presente nel campione con 7 soggetti, anche in questo caso tutti appartenenti alla classe di età 0+ (1° anno di vita). Il fattore di condizione K indica un valore medio di 0,82. Non sono stati riscontrati contenuti alimentari.

Il **barbo** (*Barbus plebejus*) è presente nel campione con 5 soggetti, tutti appartenenti alla classe di età 0+ (1° anno di vita). Il fattore di condizione K indica un valore medio di 1,0, indicando un rapporto lunghezza-peso ottimale. Questa è l'unica specie ittica che presenta un contenuto alimentare di origine animale, costituito da larve di tricoteri.

L'**alborella** (*Alburnus alburnus*) è presente nel campione con un unico soggetto, numerosità ovviamente insufficiente per potere fare delle considerazioni.

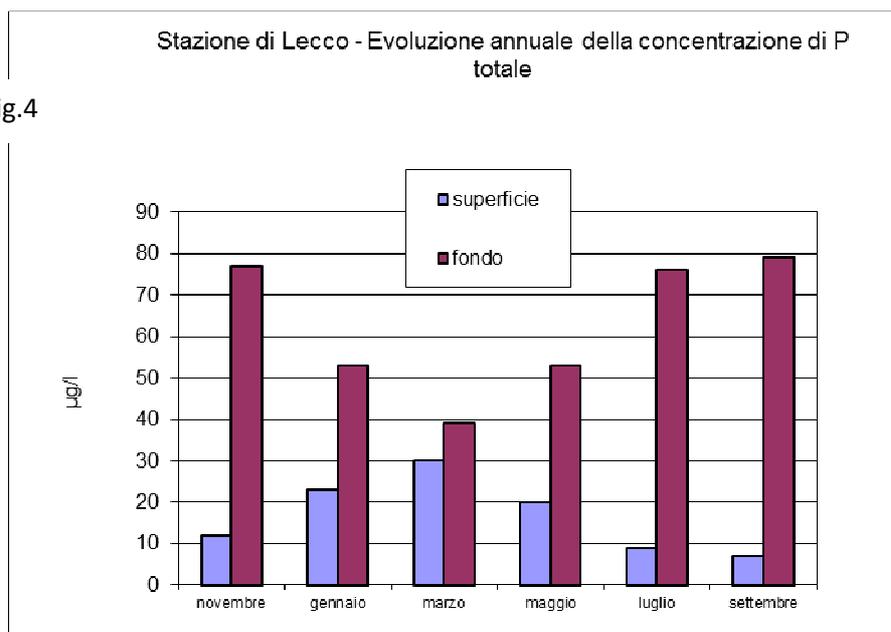
Il problema principale di questo tratto di Adda sembra dunque individuabile nella carenza di risorse alimentari di origine animale, perlomeno a partire dal mese di settembre e durante l'intero periodo autunnale e invernale.

La riserva di fosforo nel lago di Garlate

Per la comprensione di alcuni fenomeni è inoltre fondamentale considerare le dinamiche limnologiche dei corpi idrici da cui l'Adda emissario deriva.

Se si analizza l'evoluzione annuale della concentrazione di fosforo nella stazione di Lecco, risulta evidente che durante i mesi caldi la maggior parte del fosforo è confinato negli strati profondi (figura 4). Ciò rappresenta il risultato della sedimentazione e della conseguente

Fig.4



mineralizzazione della sostanza organica quando sono presenti condizioni di stratificazione

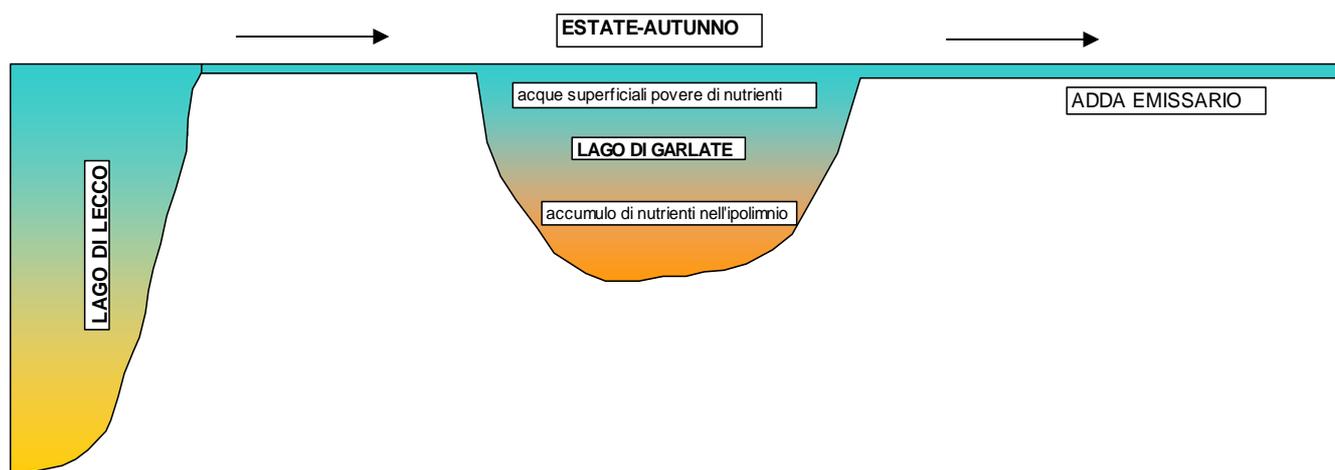


Figura 5 – Dinamiche stagionali dei nutrienti nel sistema idrologico Lago di Como-Garlate-Adda emissario

termica. In genere le acque superficiali sono pertanto povere di nutrienti, in particolare durante i mesi estivi. I massimi livelli di fosforo in superficie vengono raggiunti a fine inverno quando la circolazione termica rimescola l'intera colonna d'acqua. L'incremento primaverile dei nutrienti nello strato fotico determina a sua volta un rapido aumento della componente planctonica, grazie anche all'aumento della temperatura e della radiazione solare. Ciò spiega quindi la maggiore concentrazione di zooplancton rilevata nel mese di giugno nell'Adda emissario. Il problema maggiore è stato riscontrato però nel periodo tardo estivo-autunnale, quando la densità planctonica è risultata minima. Si tenga quindi presente che, per quanto riguarda i nutrienti, le acque dell'Adda emissario subiscono la stessa evoluzione annuale delle acque superficiali del bacino di Lecco, peggiorate da un'ulteriore processo di sedimentazione nel lago di Garlate (figura 5).

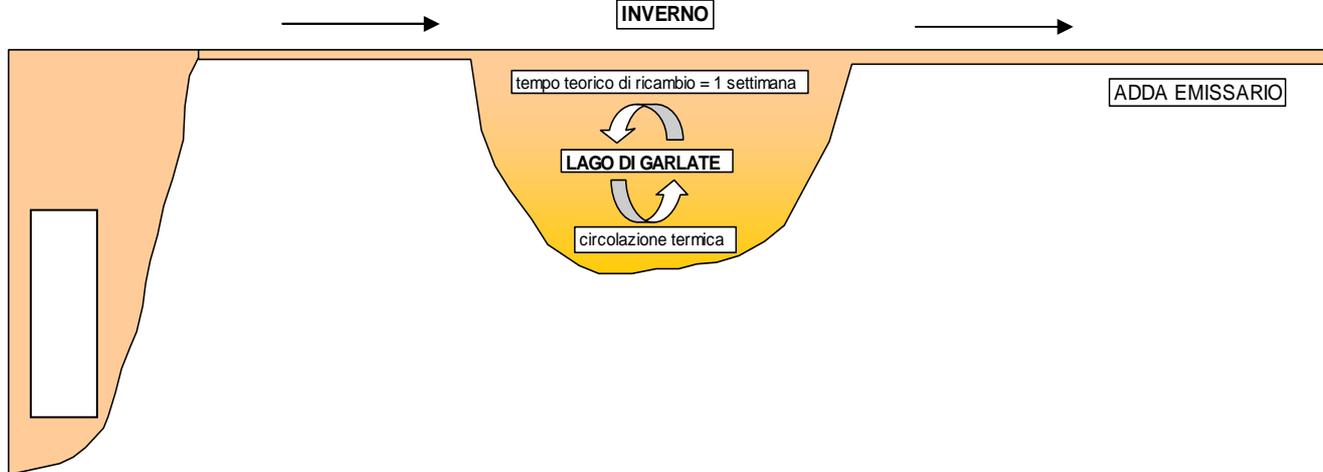


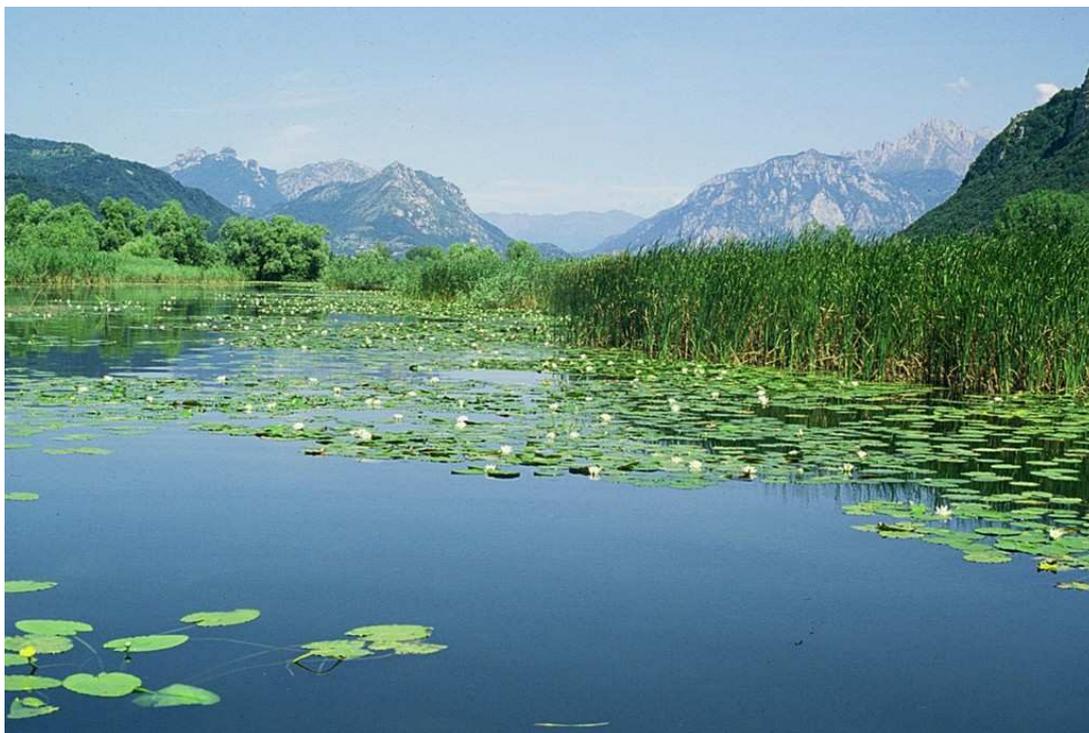
Figura 6 – Dinamiche stagionali dei nutrienti nel sistema idrologico Lago di Como-Garlate-Adda emissario

Per migliorare le disponibilità alimentari del popolamento ittico è quindi necessario aumentare il carico planctonico in uscita dal lago di Garlate. Se si analizzano i dati relativi al campionamento del 2/10 sul lago di Garlate risulta evidente che nell'ipolimnio è presente una notevole quantità di fosforo che resterà però inutilizzato. La circolazione termica dello strato inferiore ai 25 metri dovrebbe infatti avvenire verso la fine di dicembre (prof. max. 34 metri), quando ormai i processi fotosintetici sono ridotti al minimo a causa delle basse temperature e della ridotta radiazione solare. Se si considera poi che il tempo teorico di ricambio idrico del lago di Garlate è di circa una settimana, risulta chiaro che l'onda di nutrienti sale e transita rapidamente per l'Adda emissario senza portare benefici dal punto di vista produttivo (fig. 6).

Un utilizzo più razionale di questa risorsa potrebbe invece migliorare sensibilmente le disponibilità alimentari per il popolamento ittico.

Le stoppate

Un altro intervento di minore entità finalizzato all'incremento della risorsa planctonica potrebbe consistere in una gestione mirata delle stoppate, utilizzandole cioè come "nursery" per le prime fasi di accrescimento del novellame ittico. Questi bacini interni di limitata profondità ed a lento ricambio potrebbero rappresentare un luogo ottimale per lo sviluppo dello zooplancton, alimento primario dei primi stadi vitali di tutte le specie ittiche. Già in passato erano infatti utilizzate come riserve di pesca. Al fine di ottenere un'elevata produzione planctonica inizialmente questi bacini potrebbero essere opportunamente "concimati" con prodotti a base di fosforo e composti azotati, calibrando le quantità ed i tempi in modo da raggiungere un'elevata densità di organismi planctonici nel periodo di schiusa delle uova delle specie ittiche da incrementare. La deposizione potrà essere favorita tramite l'impiego di appositi substrati di deposizione (salici, pini artificiali, letti ghiaia, ecc.), mentre l'ingresso dei riproduttori potrà essere facilitato aumentando i canali di collegamento con il corso principale del fiume. In alternativa le uova dei ciprinidi, che presentano la caratteristica adesività, potranno essere trasferite direttamente nelle stoppate tramite l'impiego di mattoni forati sui substrati di riproduzione esterni che vengono già allestiti utilizzando ghiaietto di fiume.



Anche questo tipo di intervento richiede comunque uno studio preliminare che comprenda una rilevazione dei principali fisico-chimici dell'acqua all'interno delle stoppate nel periodo aprile-luglio al fine di evidenziare la presenza di eventuali fattori negativi che possano ridurre il tasso di sopravvivenza degli avannotti. Il singolo

controllo effettuato nell'indagine attuale non è infatti sufficiente per definire un quadro realistico dello stato di qualità attuale delle stoppate. Parallelamente sarà possibile mettere in atto dei primi interventi a scopo sperimentale, valutando i risultati ai fini di un eventuale e futuro intervento su più ampia scala.

Il corso principale del fiume

Per quanto riguarda infine il corso principale del fiume è già stato messo in evidenza come il principale fattore limitante per lo sviluppo della fauna bentonica è rappresentato dalla scarsa disponibilità di interstizi. In questo caso un'operazione su larga scala non è praticabile. Un intervento utile è certamente l'allestimento di substrati artificiali, simili a quelli già utilizzati per favorire la deposizione dei ciprinidi, costituiti però da ciottoli di dimensione 6-20 cm anziché da ghiaietto e posizionate anche a maggiore profondità. Queste strutture rappresentano l'habitat ideale per le larve di insetti (efemerotteri, tricotteri), poiché all'interno si creano numerosi interstizi di opportune dimensioni. Le zone di allestimento dovranno essere caratterizzate da substrato compatto e assenza di macrofite sommerse. Anche in questo caso sarà opportuno allestire inizialmente un numero limitato di substrati, sui quali verificare la densità di macroinvertebrati in funzione di alcune variabili ambientali (profondità, velocità dell'acqua, temperatura, ecc.) e sulla base dei risultati individuare in seguito le zone ottimali. A titolo sperimentale è proponibile anche l'allestimento di strutture a ciottoli a sviluppo verticale in gabbie di rete, che potrebbero inoltre creare zone di morta utili come rifugio per la fauna ittica. La creazione di insenature artificiali favorirebbe il richiamo del novellame, offrendo la possibilità di un'eventuale alimentazione artificiale in loco durante i mesi invernali. Questi interventi richiedono ovviamente un progetto preliminare di ingegneria naturalistica fluviale, che prenda in considerazione tutte le variabili legate alle dinamiche idrauliche del fiume.

La finalità generale è comunque di aumentare la diversità ambientale di questo tratto di Adda e creare quindi le condizioni idonee alla vita di un maggiore numero di specie di invertebrati acquatici. In questa ottica è pertanto positivo anche l'incremento delle legnaie che, oltre a costituire una superficie colonizzabile per gli invertebrati acquatici, rappresentano anche una struttura di rifugio per gli avannotti.

In un secondo tempo, quando cioè saranno stati messi in atto gli interventi per aumentare le disponibilità alimentari verificandone i risultati, sarà possibile intervenire anche con un

ripopolamento ittico diretto. Nel caso di un incremento della componente zooplanctonica è in futuro ipotizzabile una eventuale campagna di reintroduzione dell'alborella, utilizzando il metodo dei mattoni forati per il trasferimento di uova fecondate utilizzato nel periodo 2003-2005 nel lago di Como.



Navèt con un'eccezionale pescata d'alborelle - Bellano (archivio fotografico Associazione Culturale L. Scanagatta Varenna - dal Libro "Breva e Tivano Motori Naturali")

Altri fattori influenti sulla diminuzione della fauna ittica

Contaminazione del sedimento delle stoppate

Sulla base di studi pregressi sui sedimenti (EUR 14548 IT), per la descrizione dello stato di inquinamento del sedimento, in relazione ai livelli naturali viene adottata la seguente terminologia.

Cf	<1	Fattore di contaminazione basso
1 ≤ Cf	<3	Fattore di contaminazione moderato
3 ≤ Cf	<6	Fattore di contaminazione considerevole
Cf	≥6	Fattore di contaminazione molto alto

Si consideri che un fattore di contaminazione (Cf) inferiore o pari a 1 indica l'assenza di contaminazione. Nella seguente tabella viene riportato il livello di contaminazione di 3 stazioni di controllo nelle stoppate, relativamente al carico di metalli pesanti nel sedimento. Si considera come valore attuale la concentrazione media dei primi 20 cm.

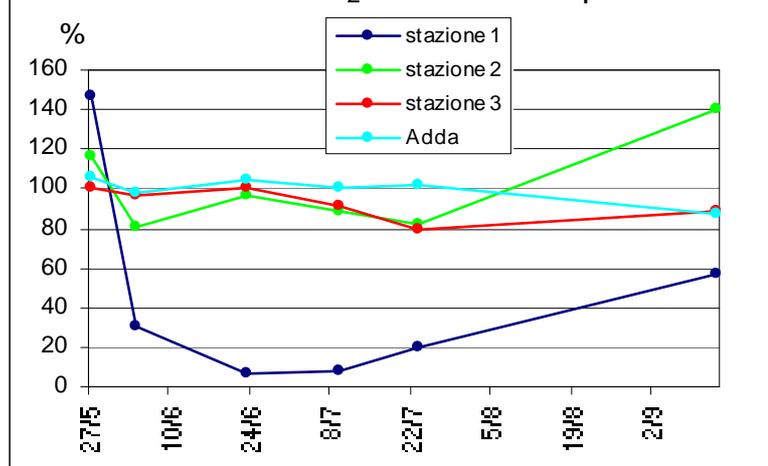
		Fattore di contaminazione			
		basso	moderato	considerevole	molto alto
Ferro	St.1	0,9			
	St.2		1,1		
	St.3		1,2		
Cromo	St.1		1,6		
	St.2		2,0		
	St.3		2,1		
Rame	St.1		2,5		
	St.2		2,5		
	St.3		2,7		
Zinco	St.1			5,7	
	St.2			5,0	
	St.3			5,1	

Si può facilmente vedere che i sedimenti delle stoppate evidenziano un fattore di contaminazione moderato per quanto riguarda la presenza di ferro, cromo e rame, indicando concentrazioni medie nei primi 20 cm comprese tra 1 e 3 volte il valore naturale di riferimento. Farebbe eccezione il dato relativo al ferro della stazione 1 (0,9), ma molto probabilmente rappresenta una sottostima causata dalla notevole presenza di detrito vegetale nella prima sezione di carotaggio esaminata (0-10cm). A conferma di ciò si consideri che la concentrazione di ferro nella seconda sezione (10-20 cm) sale a 37,6 mg/g, rientrando nel normale intervallo di valori delle altre stazioni. Lo zinco indica invece un fattore di contaminazione considerevole, segnalando concentrazioni medie nei primi 20 cm comprese tra 5 e 6 volte il valore naturale di riferimento in tutte le stazioni esaminate.

Ossigenazione, conducibilità termica e pH

L'ossigeno disciolto è un parametro fondamentale per la vita delle specie ittiche nei bacini idrici. In generale, i valori di saturazione di ossigeno del corso principale dell'Adda sono normali, con concentrazioni di O₂ vicine o superiori a 10 mg/l, per corrispondenti saturazioni ugualie o addirittura superiori al 100%. La situazione cambia radicalmente nelle stazioni più interne delle stoppate, che nel periodo estivo raggiungono **livelli di sostanziale anossia** (0.6 mg/l), cosa che ovviamente impedisce qualsiasi forma di sopravvivenza animale (è la linea blu nella figura 43).

Figura 43 - Evoluzione della saturazione di O₂ disciolto in superficie



Ciò mette pertanto in evidenza le condizioni molto negative del bacino delle stoppate in alcuni periodi dell'anno. Solamente nel prelievo di settembre è rilevabile un incremento del livello di ossigenazione che sale a 5,0 mg/l, pari al 57% di saturazione. Si consideri che le condizioni ottimali per il popolamento ittico richiedono una concentrazione minima di 5 mg/l ed una saturazione minima del 60%.

I controlli nelle stoppate mostrano anche valori di conducibilità elettrica molto più elevati rispetto al corso principale del fiume, segnalando quindi una maggiore concentrazione di sali disciolti. Nella stazione più interna delle stoppate la

conducibilità è infatti compresa tra un minimo di 279 μ S/cm ed un massimo di 381 μ S/cm, contro 180-200 μ S/cm nelle stazioni intermedie e valori ancora più bassi nel corso principale del fiume. Concordemente, il pH presenta valori sensibilmente inferiori (vicini a 7) rispetto agli altri bacini, dove invece il pH è attorno a 8 o anche superiore.

Uccelli e animali ittiofagi

La fauna e l'avifauna che vivono lungo il fiume Adda hanno subito una profonda mutazione di specie rispetto a quella che esisteva all'incirca fino al 1980. Oggi vediamo scorrazzare e



sguazzare cormorani (o meglio marangoni, che peraltro non sono solo ittiofagi ma più semplicemente carnivori, non disdegnando di cibarsi di altri uccelli più piccoli, come si vede nella foto), svassi, nutrie, tartarughe, diverse specie di tarabusi e aironi anche di grandi dimensioni. Di contro, sono particolarmente scomparsi i tarabusini (in dialetto detti "scàc", che erano comunissimi nei

canneti e sulle fronde dei salici), i martin pescatore, i porciglioni, le gallinelle d'acqua, il piro piro.

Riguardo agli animali, del tutto sparite le lontre di fiume, che erano facilmente riconoscibili dai mucchietti di lische e ossa di pesce abbandonati sul ciglio delle rive. In compenso, abbiamo le nutrie in vari punti del bacino e diverse specie di tartarughe del genere *chelodia*, probabilmente abbandonate da proprietari che volevano disfarsene, che lungo il corso dell'Adda hanno trovato un habitat ideale per svilupparsi e proliferare.



Qualcuno avrà notato anche la quasi scomparsa o forte diminuzione di rettili e anfibi, quali le bisce d'acqua, le salamandre e i tritoni. Anche questi spesso finiscono nelle fauci dei predatori. Resistono le rane, che pure costituiscono anch'esse cibo apprezzato.

Difficile stabilire se e quanto queste specie incidano sulla diminuzione della fauna ittica. Sicuramente l'effetto di alcune nuove specie, che hanno dimensioni e esigenze alimentari ben superiori rispetto alle antiche specie autoctone, è maggiore di quello che avevano gli scàc (nelle foto una coppia di svassi reali e uno degli ultimi scàc visto qui a Brivio) e gli altri uccelli tipici del corso d'acqua. E comunque, allora il pesce c'era, quindi l'effetto dei prelievi degli ittiofagi non si notava, mentre oggi la predazione del pesce a scopo alimentare va a depauperare un patrimonio ittico ridotto ormai all'esiguità e alla stagionalità.

