

COMUNE DI BRIVIO



INDAGINE PRELIMINARE SULLO STATO DI QUALITA' DEL TRATTO DI FIUME ADDA IN COMUNE DI BRIVIO

Dicembre 2003

Dr. A.Negri

INDICE

1- Introduzione -----	4
2 - Materiali e metodi -----	4
2.1 Individuazione dei punti di campionamento -----	5
2.2 Indagini sulla qualità dell'acqua -----	7
2.3 Metodologie analitiche -----	8
2.3.1 Parametri fisico-chimici -----	9
2.3.2 Parametri biologici -----	12
3 – Risultati -----	14
3.1 Stato di qualità dell'acqua -----	12
3.1.1 Lago di Garlate -----	14
3.1.2 Adda -----	21
3.1.3 - Confronto lago di Garlate - Adda -----	32
3.2 Zooplancton -----	43
3.2.1 Lago di Garlate -----	35
3.2.2 Adda -----	37
3.2.3 Confronto tra Garlate e Brivio -----	40
3.3 Macroinvertebrati bentonici -----	55
3.3.1 Zona profonda -----	42
3.3.2 Zona litorale -----	45
3.4 Popolamento ittico -----	60

3.4.1 Indagine con ecoscandaglio -----	47
3.4.2 Analisi dirette -----	52
3.4.2.1 Pigo (<i>Rutilus pigus</i>) -----	53
3.4.2.2 Scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>) -----	54
3.4.2.3 Persico reale (<i>Perca fluviatilis</i>)-----	57
3.4.2.4 Altre specie ittiche -----	59
4 Conclusioni -----	60
5 Proposte operative -----	63

1- Introduzione

La presente indagine nasce dall'esigenza di verificare le cause della scarsa pescosità del tratto di Adda che rientra nel comune di Brivio. In particolare negli ultimi anni è stata riscontrata dai pescatori locali una presenza molto limitata di novellame e di soggetti di media taglia di tutte le specie che normalmente rappresentano il popolamento ittico di questo fiume. Sono state quindi indagate in primo luogo le condizioni ambientali, al fine di individuare eventuali fattori negativi che possono influenzare negativamente la sopravvivenza delle specie ittiche. Sempre a livello ambientale sono state verificate le attuali disponibilità alimentari, analizzando la fauna bentonica litorale, la fauna bentonica profonda e la fauna zooplanctonica presente nella colonna d'acqua. Una seconda linea di indagine è stata invece impostata direttamente sul popolamento ittico al fine di individuare eventuali fattori negativi interni allo stesso, quali patologie diffuse o scarso accrescimento. Va sottolineato che rispetto al programma di indagine originale, sulla base dei risultati preliminari, si è deciso di dare maggiore spazio di approfondimento alla parte ambientale penalizzando la parte di indagine sul popolamento ittico. La parte ambientale sembra infatti fornire le indicazioni più importanti per l'individuazione della causa del problema. Un'ulteriore scelta strategica è l'allargamento dell'ambito di indagine, inserendo anche il lago di Garlate nella fase di monitoraggio ambientale. Una componente importante delle risorse alimentari dell'Adda deriva infatti dal bacino lacustre a monte del fiume e pertanto la comprensione del problema richiede un'analisi estesa almeno ad una parte del bacino idrico e non limitata al singolo tratto fluviale. In effetti le analisi effettuate sul lago di Garlate rappresentano un fattore primario sia per quanto riguarda la valutazione del problema che per i potenziali interventi di miglioramento.

2 - Materiali e metodi

2.1 Individuazione dei punti di campionamento

Nella figura 1 è illustrata una visione complessiva del tratto idrico interessato all'indagine. In particolare è presente la sequenza dei tre corpi idrici: lago di Garlate, lago di Olginate e fiume Adda, la cui parte finale rappresenta la zona di Brivio. Nella figura è indicato il punto di campionamento sul lago di Garlate, che rappresenta la zona centrale di massima profondità.

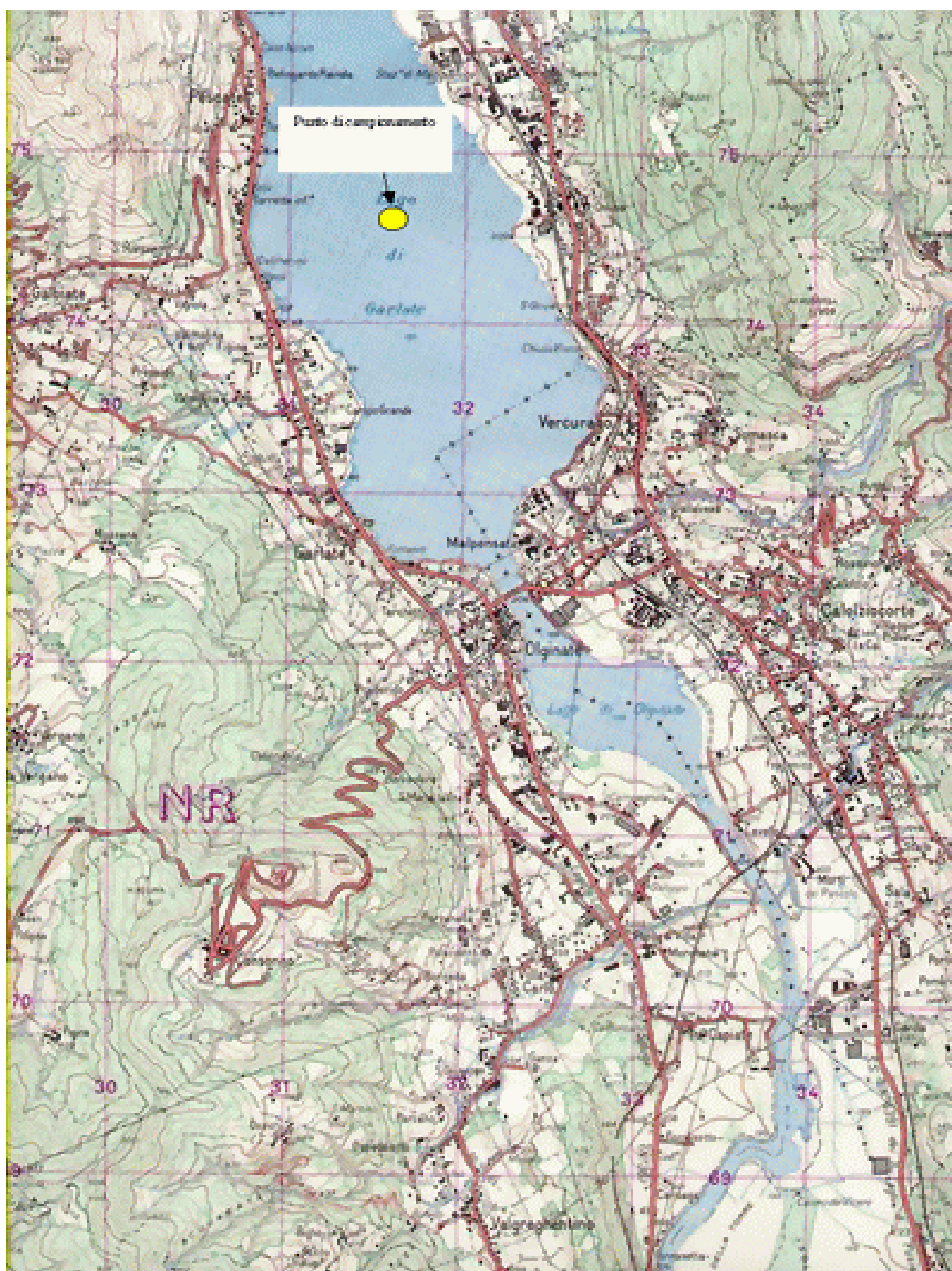


Figura 1 - Mappa complessiva del tratto idrico oggetto di indagine (scala 1:25.000)

Nella figura 2 è invece riportato un dettaglio del tratto di Adda in comune di Brivio, con l'indicazione delle località e dei punti di rilevamento dei parametri fisico, chimici e biologici.

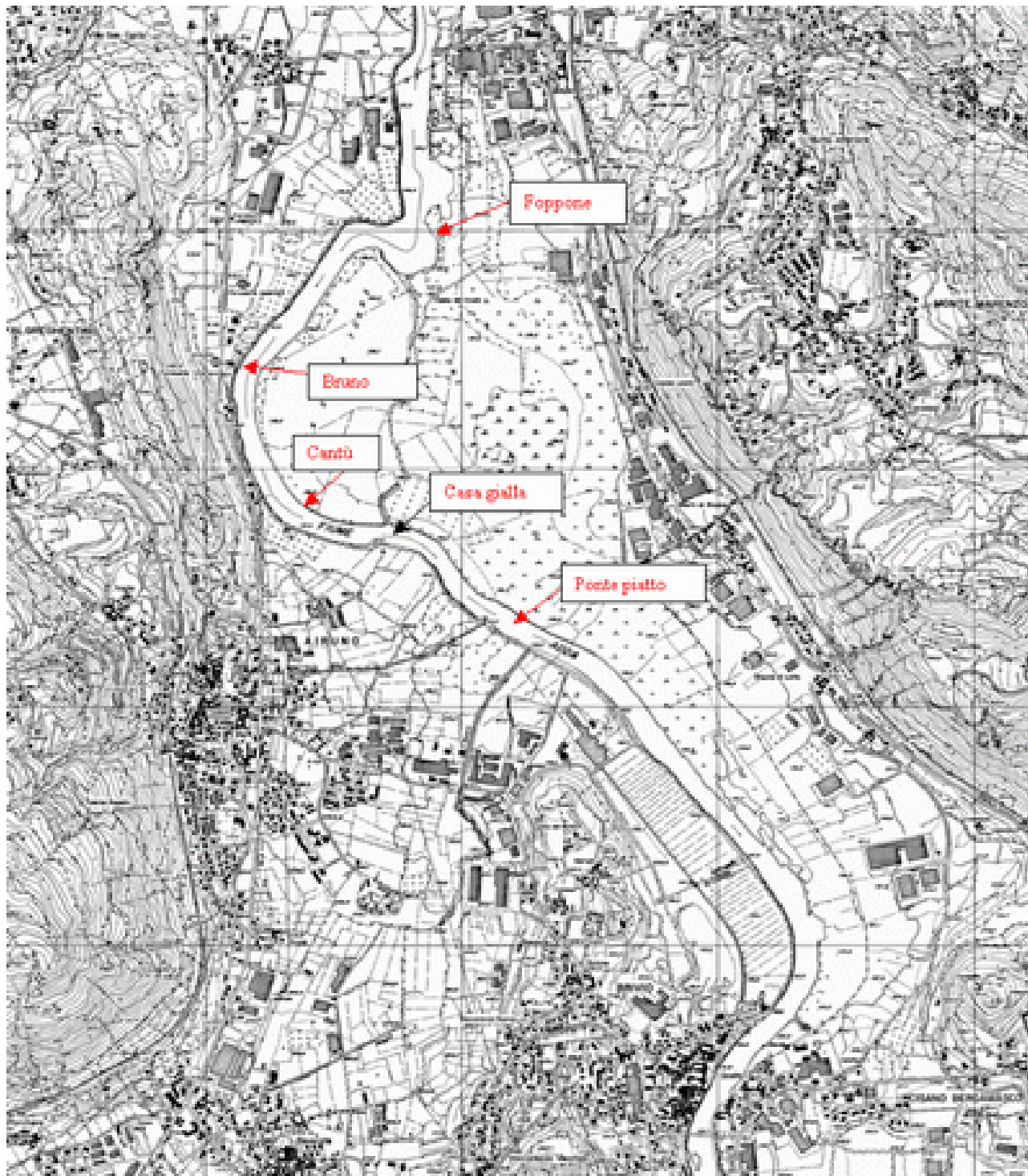


Figura 2 – Mappa di dettaglio della zona di indagine

2.2 Indagini sulla qualità dell'acqua

Nel periodo giugno-novembre 2003 sono stati effettuati 6 sopralluoghi in Adda a Brivio, analizzando settori diversi (località Foppone, stoppate) e mantenendo però un punto di campionamento fisso in località casa gialla (vedi figura 2).

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

- Disco di Secchi
- 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 data di indagine saranno inoltre effettuate analisi quali-quantitative su campioni di zooplancton, al fine di valutare le disponibilità alimentari di questa origine.

Nel mese di ottobre (2/10 e 14/10) sono stati inoltre effettuati 2 campionamenti sul lago di Garlate nel punto di massima profondità, in parallelo con i rilevamenti sull'Adda. Data la notevole profondità del bacino lacustre sono state considerate 8-9 profondità di prelievo, al fine di valutare con precisione lo spessore e la variazione dei parametri nello strato anossico.

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

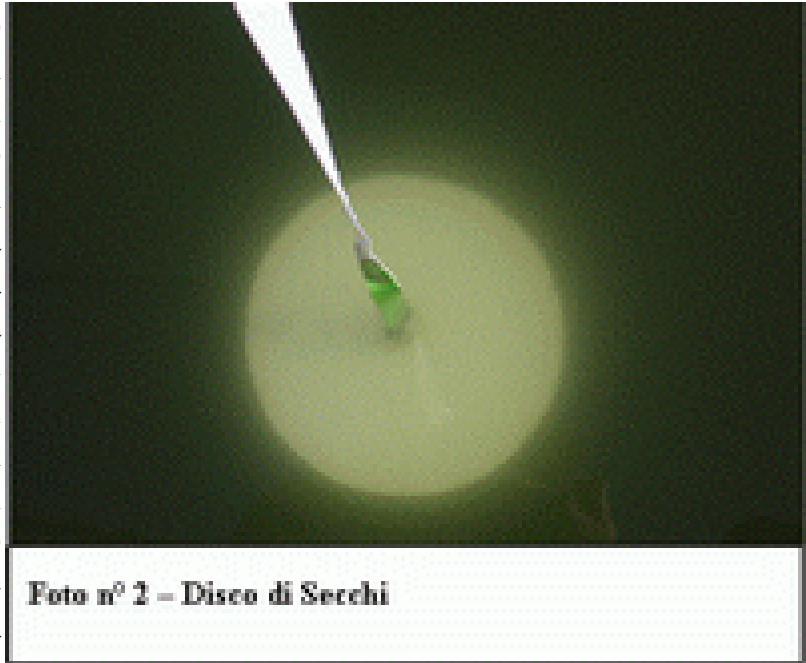
- Disco di Secchi
- Temperatura
- Ossigeno disciolto
- % saturazione O₂
- Conducibilità elettrica
- Fosforo totale
- Fosforo ortofosfato
- Azoto nitroso
- Azoto ammoniacale
- Idrogeno solforato (in ambiente anossico)
-

I campionamenti di acqua sono stati effettuati con apposita bottiglia di profondità (foto 1), utilizzando contenitori in PET da 0,5 l preventivamente condizionati. Tutti i campioni così raccolti sono stati etichettati e conservati in borsa frigorifera a 4°C fino alle analisi di laboratorio, eseguite entro il giorno stesso di campionamento.

2.3 Metodologie analitiche

2.3.1 Parametri fisico-chimici

TRASPARENZA: è stato utilizzato il disco di Secchi (un disco metallico bianco del diametro di 20 cm). Il metodo consiste nell'immergere in acqua lo strumento fino alla completa scomparsa alla vista dell'osservatore. Il valore della trasparenza è calcolato come media tra la profondità di scomparsa e di ricomparsa (in metri) del disco di Secchi. Il vantaggio di questo metodo risiede nel fatto che fornisce una rapida valutazione della distribuzione subacquea della



radiazione solare. Questo parametro ha però qualche interferenza soggettiva, dipendendo dall'osservatore e dalle condizioni meteorologiche al momento del campionamento.

TEMPERATURA (°C): è stata misurata direttamente sul posto tramite la sonda termometrica Cellox 325 collegata all'ossimetro WTW mod. OXI 320.

PH (UNITÀ DI PH): il pH dei campioni è stato misurato al momento del prelievo tramite un pHmetro WTW mod. pH 90, dotato di elettrodo combinato INGOLD in vetro. L'arresto dell'attività fotosintetica collegato al trasporto può infatti determinare una sensibile diminuzione dei valori di pH.

OSSIGENO DISCIOLTO (mgO_2/l e % di saturazione): la concentrazione di ossigeno e la percentuale di saturazione è stata misurata mediante l'utilizzo di una sonda Cellox 325, collegata all'ossimetro OXI 320 WTW con compensazione automatica di temperatura e di altitudine.



Foto n° 3 Strumenti per la rilevazione di alcuni parametri

CONDUCIBILITÀ ELETTRICA ($\mu S/CM$ A 25°): la conducibilità elettrica dei campioni prelevati è stata misurata direttamente al momento del prelievo su campioni di 100 ml tramite conduttimetro WTW mod. LF 90. L'analisi della conducibilità elettrica può fornire utili e immediate indicazioni sulle condizioni di stratificazione del bacino lacustre.

FOSFORO TOTALE ($\mu g/l$ P)

Il campione tal quale viene digerito a 105° per 30 minuti con potassio persolfato allo scopo di portare in soluzione eventuali composti insolubili del fosforo e trasformare tutto il fosforo organico in ortofosfato. Quest'ultimo è successivamente determinato con il metodo all'acido ascorbico per determinazione fotometrica come blu di molibdeno. Quest'ultimo viene dosato per via spettrofotometrica a 890 nm .

FOSFORO ORTOFOSFATO ($\mu g/l$ P)

La determinazione viene effettuata sul campione filtrato utilizzando il metodo all'acido ascorbico. In ambiente acido (H_2SO_4) l'ortofosfato reagisce con molibdato di ammonio e tartrato di ossido di antimonio-potassio formando acido fosfomolibdico che viene ridotto dall'acido ascorbico a blu di molibdeno. Quest'ultimo viene dosato per via spettrofotometrica a 890 nm .

-

AZOTO NITROSO ($\mu g/l$ N)

Lo ione nitrito reagisce in ambiente acido con l'acido sulfanilico a formare un sale diazotato intermedio. Questo si unisce ad un acido cromotropico a produrre un complesso di colorazione rosa direttamente proporzionale alla concentrazione di azoto nitroso presente, determinabile per via spettrofotometrica a 507 nm.

AZOTO NITRICO (mg/l N)

I nitrati vengono quantificati per via spettrofotometrica dopo filtrazione del campione. Il cadmio riduce a nitriti i nitrati presenti nel campione. Lo ione nitrito reagisce in ambiente acido con l'acido sulfanilico a formare un sale diazotato intermedio che si unisce all'acido gentisico a formare un composto ambrato, determinabile per via spettrofotometrica a 400 nm.

AZOTO AMMONIACALE (mg/l N)

E' stato determinato per via spettrofotometrica con il metodo di Nessler. Lo stabilizzatore minerale complessa la durezza nel campione, mentre un agente polivinilico aiuta la formazione del colore nella reazione del reattivo di Nessler con gli ioni ammonio. Il colore giallo risultante, determinabile per via spettrofotometrica a 425 nm, è proporzionale alla concentrazione di ammoniaca.

IDROGENO SOLFORATO (mg/l H₂S)

La concentrazione di idrogeno solforato è stata determinata con il metodo al blu di metilene, tramite lettura per via spettrofotometrica a 665 nm.

ALCALINITÀ (meq/l)

Il campione è stato titolato con acido solforico fino ad un punto colorimetrico finale che corrisponde ad un valore specifico di pH.

2.3.2 Parametri biologici

Popolamento zooplanctonico

Il prelievo dei campioni di zooplancton è stato effettuato mediante l'impiego di un apposito retino con maglie da 80 μm ed apertura superiore di 28 cm di diametro. I campionamenti sono stati effettuati sulla verticale superficie-fondo nel caso dell'Adda e nello strato 0-6m, 0-20m nel caso del lago di Garlate. I campioni prelevati sono stati conservati in bottiglie di polietilene da 500 ml previa aggiunta di formalina al 5%. I conteggi sono stati effettuati su aliquote di 1, 5, 10, 20 ml tramite stereomicroscopio Olympus con ingrandimento massimo 40x.

Per la classificazione degli organismi è stato invece utilizzato un microscopio ottico dotato di obiettivo ad immersione fino ad ingrandimenti di 1000x. Per la determinazione specifica dei Cladoceri sono state utilizzate le guide del C.N.R., mentre per i Copepodi è stata utilizzata la classificazione proposta da Dussart.

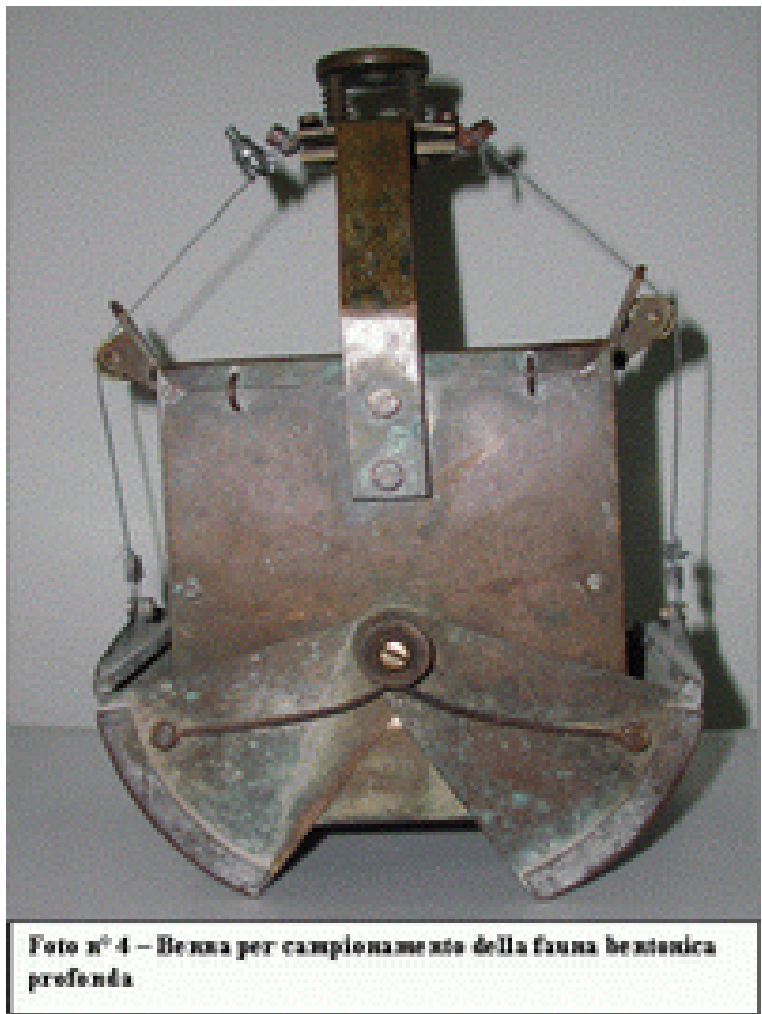


Foto n° 4 – Benna per campionamento della fauna bentonica profonda

Popolamento bentonico

Il prelievo dei campioni di fauna bentonica profonda è stato effettuato mediante l'impiego di una benna di tipo Ekman con un'apertura di 125 cm² (foto 4). Con questa metodica sono stati effettuati 6 campionamenti a profondità comprese tra 4 e 7 metri. I campionamenti di macroinvertebrati nella zona litorale sono stati invece effettuati tramite il classico retino immanicato con 20 maglie/cm e dotato di prolunghe fino ad profondità massima di 3 m. I campioni prelevati sono stati conservati in bottiglie di polietilene da 500 ml previa aggiunta di formalina al 5%. Per la classificazione degli organismi è stato invece utilizzato uno stereomicroscopio Olympus con ingrandimento massimo 40x. Per la determinazione specifica sono state

utilizzate le guide del C.N.R. e l'atlante dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani edito dalla provincia di Trento.

Indagini con ecoscandaglio

Le indagini con ecoscandaglio sono state effettuate tramite uno strumento Lowrance Eagle con possibilità di scrittura della traccia su carta termica e dotato di zoom per analisi di dettaglio del fondale.

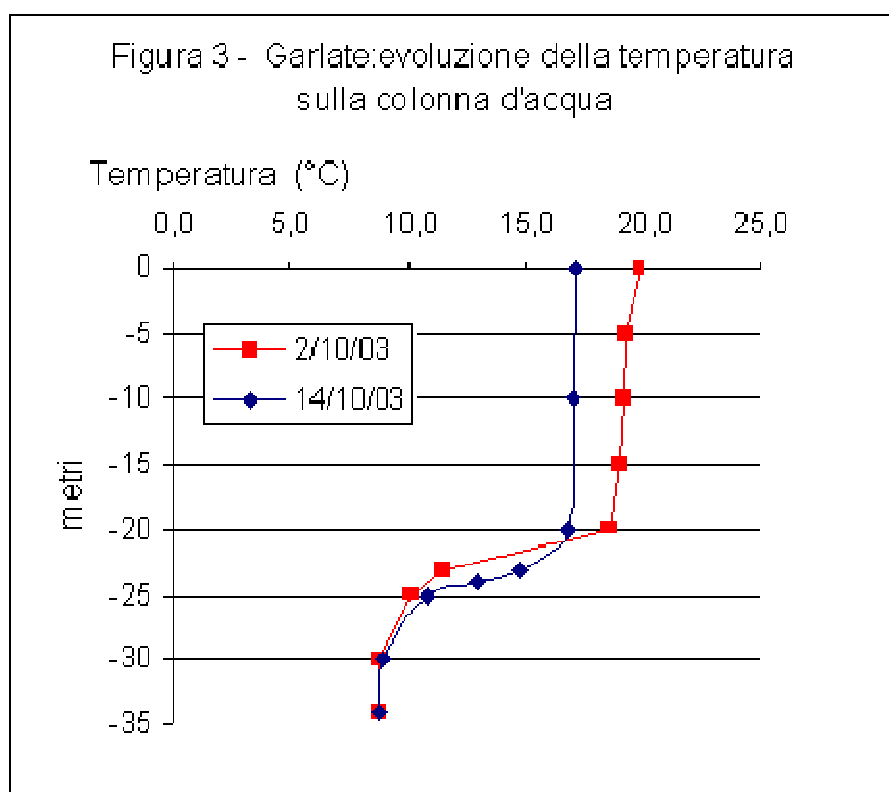
14/10/03	Temperatura	O ₂ disciolto	Sat. O ₂	Cond.el.	N-NH ₄	N-NO ₂	P totale	H ₂ S
profondità (m)	°C	mg/l	%	µS/cm a25°C	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
0	17,1	9,3	98	180	40	26	15	
-5								
-10	17,0	8,8	92	180	60	22	11	
-15								
-20	16,8	7,7	80	181	80	36	31	
-23	14,7	4,4	44	189	40	29	59	
-24	13,0	2,2	21	195	40	12	84	
-25	10,8	0,0	0	204	80	22	136	
-30	8,9	0,0	0	209	480	118	289	0,0
-34	8,8	0,0	0	213	670	160	385	0,0
trasparenza 4,9 m								

Temperatura

L'analisi della curva termica sulla colonna d'acqua superficie-fondo (figura 3) indica la presenza di una marcata stratificazione termica nel campionamento del 2/10/03. Dalla superficie a 20 metri di profondità si evidenzia un gradiente termico di soli 1,3°C, mentre da 20 a 25 metri è rilevabile un gradiente di 8,5°C. In

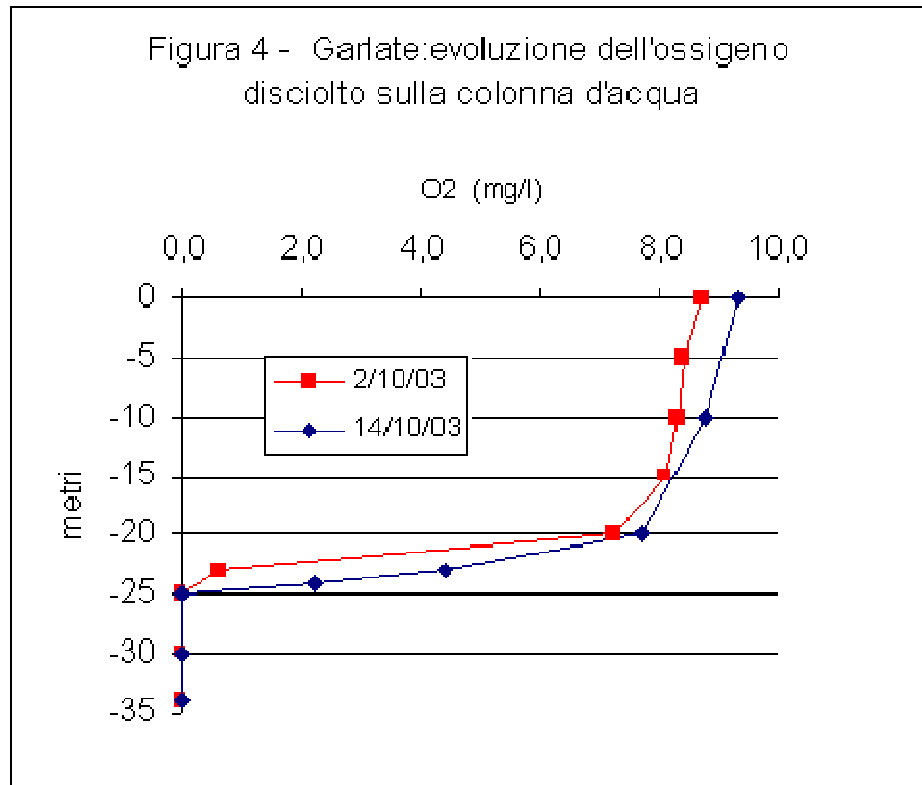
questo strato è dunque presente un marcato metalimnio con un gradiente medio di 1,7°C per metro. La temperatura a livello del fondale (34 m) risulta pari a 8,8°C.

A conferma della barriera termica determinata dallo strato metalimnico tra la zona epilimnica (0-20m) e quella ipolimnica (25-fondo), i diversi episodi di forte vento verificatisi nella settimana successiva non riescono ad influenzare la zona profonda. Il campionamento del 14/10/03 mette infatti in evidenza un parziale rimescolamento dello strato compreso tra 0 e 23 metri con una perdita media di circa 1,5°C, mentre al di sotto dei 25 metri non sono rilevabili variazioni termiche.



Ossigeno disciolto

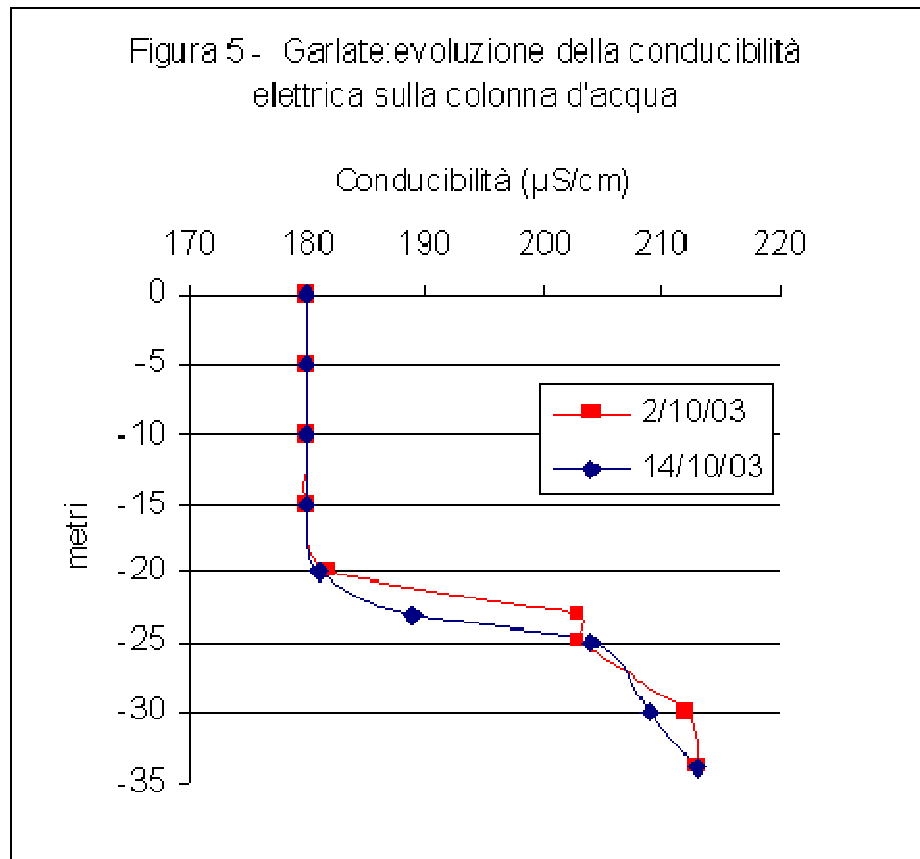
La distribuzione dell'ossigeno disciolto sulla colonna d'acqua (figura 4) rappresenta un diretta conseguenza della curva termica. Alla prima data di campionamento lo strato 0-20 metri presenta infatti una concentrazione piuttosto omogenea, con valore compresi tra un massimo di 8,7 mg/l in superficie ed un minimo di 7,2 mg/l a



20 metri. Questo condizione è confermata anche dal valore di trasparenza che indica uno strato fotico (strato in cui si possono svolgere i processi fotosintetici) pari a circa 16 metri. Ad una profondità di 23 metri sono però già rilevabili condizioni al limite dell'anossia, con una concentrazione di soli 0,6 mg/l. Al di sotto dei 25 metri si riscontrano invece condizioni di completa anossia. E' importante segnalare che la totale assenza di ossigeno non determina però la comparsa di idrogeno solforato, che risulta assente anche alla massima profondità. Il prelievo successivo (14/10) mette in evidenza un incremento dell'ossigeno disciolto a 23 metri (da 0,6 mg/l a 4,4,mg/l) grazie all'azione di parziale rimescolamento operata dal vento nei giorni precedenti. Anche a 24 metri si osserva la ricomparsa dell'ossigeno con una concentrazione di solamente 2,2 mg/l. Al di sotto dei 25 metri permangono invece condizioni di completa anossia.

Conducibilità elettrica

La conducibilità elettrica (figura 5) conferma lo stato di piena circolazione termica dello strato 0-20 metri, sia nel campionamento del 2/10/03 che nel campionamento del 14/10/03, con valori compresi tra 180 e 182 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Il notevole accumulo di sali disciolti nell'ipolimnio, conseguente anche alle condizioni di anossia, determina invece un rapido incremento dei valori di



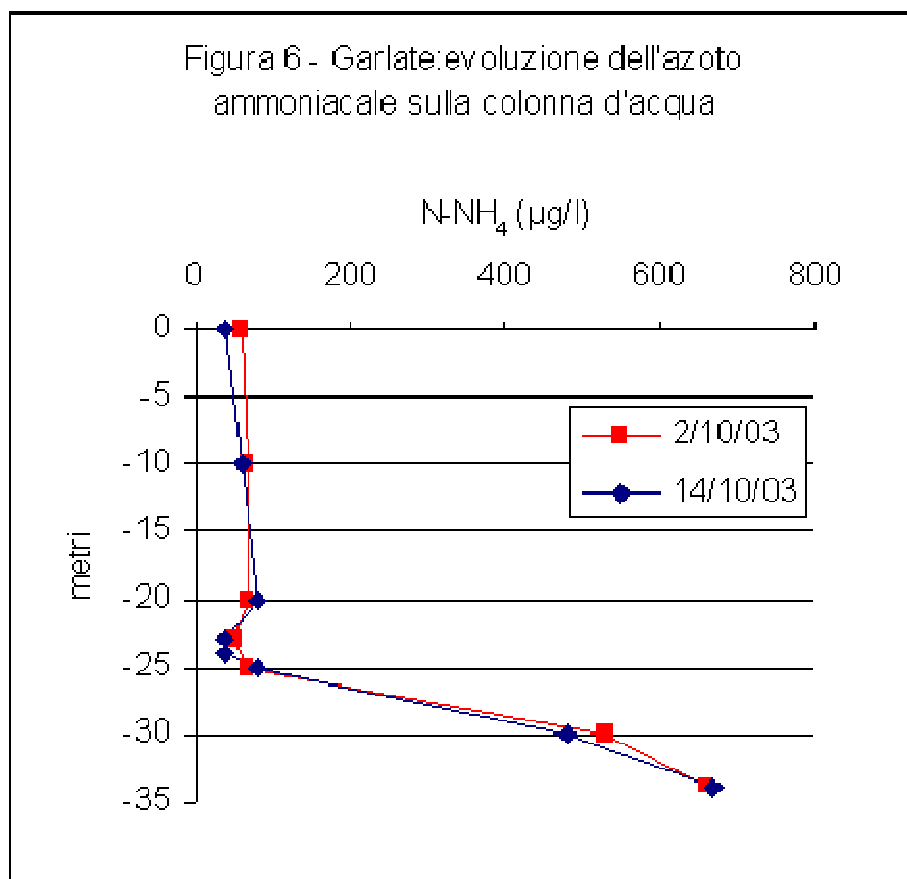
conducibilità elettrica al di sotto dei 20 metri, con un massimo di 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a livello del fondo in entrambi i campionamenti.

Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale è la forma più ridotta dei composti inorganici dell'azoto e rappresenta il prodotto finale della degradazione batterica delle sostanze proteiche. Nei laghi l'azoto ammoniacale è prodotto anche dal metabolismo degli organismi acquatici.

Anche questo parametro ricalca la dinamica della conducibilità

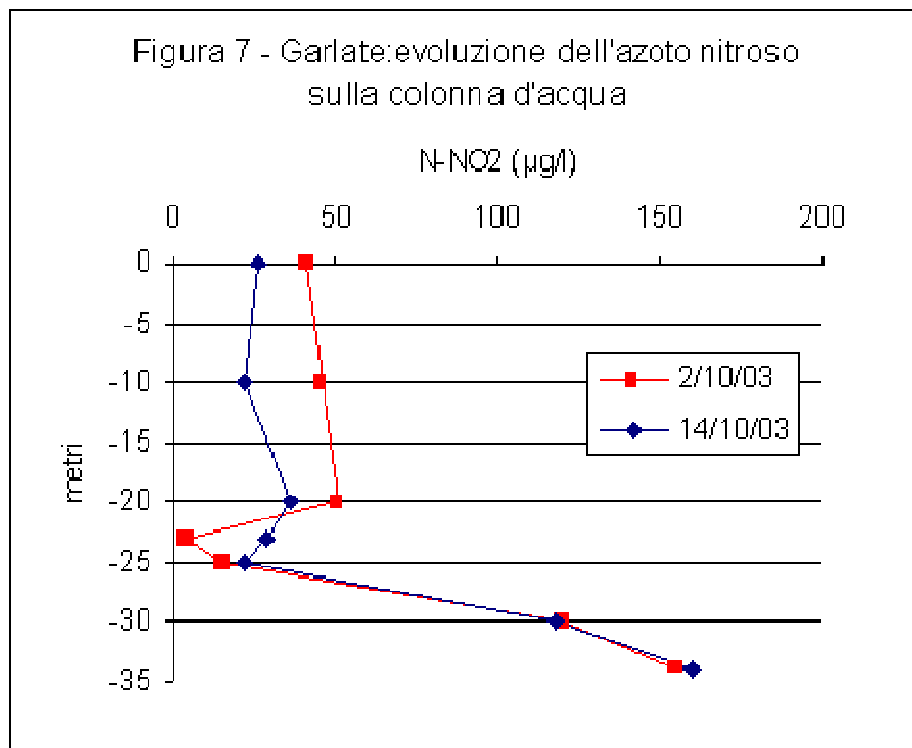
elettrica, con una tendenza ovviamente opposta rispetto all'ossigeno disciolto in quanto forma più ridotta dell'azoto inorganico. In particolare si osserva una concentrazione relativamente omogenea nei primi 25 metri (figura 6), con valori compresi tra 40 e 80 $\mu\text{g/l}$ in entrambi i campionamenti. Da segnalare che, nonostante la presenza di condizioni al limite dell'anossia al di sotto dei 23 metri nel prelievo del 2/10, la concentrazione di azoto ammoniacale rimane molto limitata fino a 25 metri, indicando la prevalenza di condizioni ossidanti legate probabilmente all'azione dell'azoto nitrico. Al di sotto dei 25 metri il quadro dell'azoto ammoniacale cambia però radicalmente, evidenziando un progressivo incremento fino ad un massimo di 670 $\mu\text{g/l}$ a livello del fondale. La causa di questo notevole accumulo di ammoniaca nell'ipolimnio è collegato alle condizioni riducenti dello strato compreso tra 25 e 34 metri. La totale assenza di ossigeno determina una mancata ossidazione dell'azoto ammoniacale derivato dal metabolismo proteico, che si accumula pertanto sotto questa forma.



Azoto nitroso

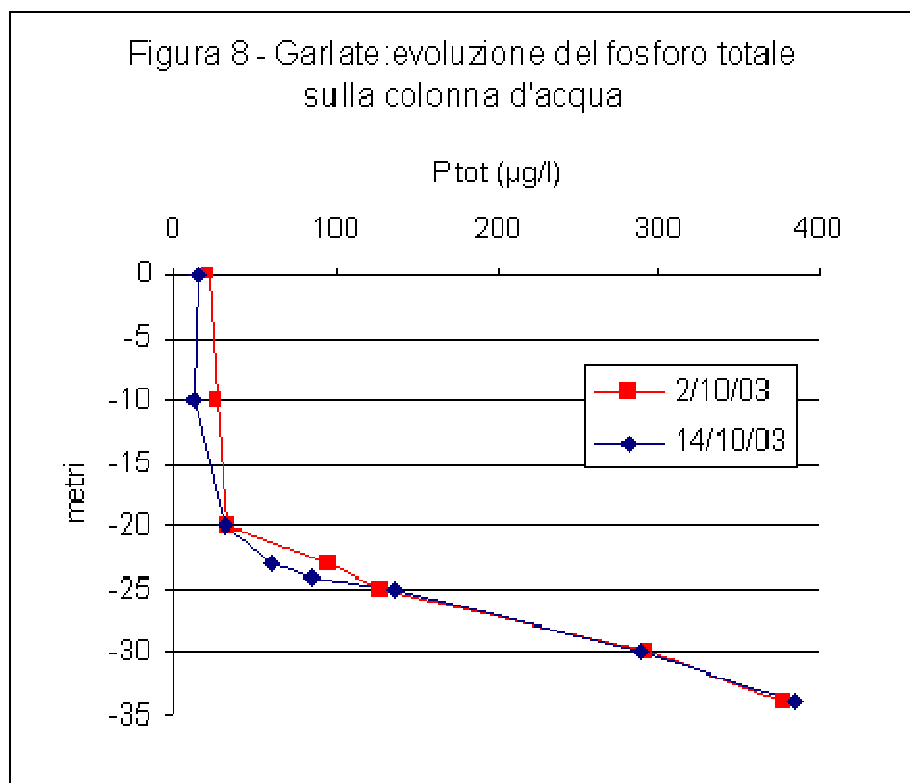
La dinamica dell'azoto nitroso (figura 7) risulta in parte sovrapponibile a quella dell'azoto ammoniacale, con valori piuttosto omogenei nello strato 0-20 metri. La circolazione termica parziale del 14/10 ha come conseguenza una maggiore omogeneità delle concentrazioni relative allo strato 0-25 metri. Peraltro le

concentrazioni relativamente elevate degli strati superficiali (40-50 $\mu\text{g/l}$) nel campionamento del 2/10 sono certamente collegabili al lago di Como, in quanto questa situazione è in genere riscontrabile anche nel bacino di origine. Ciò è collegato all'influenza del pH sui batteri nitrificanti. Per valori di pH superiori a 8 l'attività ossidativa di *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* viene fortemente inibita, in misura però maggiore per il secondo gruppo batterico. Il rallentamento del processo di ossidazione dei nitriti ne provoca quindi un parziale accumulo negli strati superficiali dove il pH, in seguito all'attività fotosintetica, può raggiungere in alcuni casi valori prossimi a 9 unità. L'accumulo di azoto nitroso nella zona ipolimnica indica invece la presenza di una minima attività ossidativa.



Fosforo totale

L'analisi del fosforo totale rappresenta uno dei parametri più importanti per quanto riguarda la classificazione dei corpi idrici, in quanto questo elemento è in genere il fattore che limita la crescita algale e quindi la produttività degli ambienti lentici. Anche in questo caso le concentrazioni



relative allo strato 0-20 metri appaiono piuttosto omogenee (figura 8), con valori compresi tra 22 e 36 $\mu\text{g/l}$ in entrambi i campionamenti. Le acque epilimniche rientrerebbero pertanto in condizioni di mesotrofia. Si consideri però che le acque che vanno a costituire l'Adda a valle sono solamente quelle strettamente superficiali, dove la concentrazione di P totale risulta inferiore (11-15 $\mu\text{g/l}$) il 14/10. Anche questo parametro segnala un marcato incremento delle concentrazioni al di sotto dei 20 metri, passando da 31 $\mu\text{g/l}$ a valori prossimi a 400 $\mu\text{g/l}$ a livello del fondale in entrambi i campionamenti. Il notevole accumulo di fosforo nell'ipolimnio è collegato in parte alla mineralizzazione della sostanza organica sedimentata durante il periodo di stratificazione termica ed in parte ad una probabile attività di rilascio dei sedimenti in presenza di condizioni anossiche. Si consideri inoltre che, come verificabile dai valori relativi al campionamento del 2/10, il fosforo ipolimnico è costituito quasi esclusivamente dalla forma inorganica (ortofosfato) e quindi direttamente utilizzabile dalla componente vegetale in condizioni fotiche.

Trasparenza

La trasparenza indica valori sovrapponibili nei due campionamenti, con una media di circa 5 metri, da cui si ricava uno spessore dello strato fotico pari a circa 15 metri. In questo strato è dunque possibile l'attività fotosintetica, con la conseguente produzione di ossigeno e di sostanza organica. L'analisi della curva dell'ossigeno disciolto conferma questa ipotesi.

3.1.2 Adda

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati relativi ai campionamenti effettuati nelle stoppate e in località Foppone rispettivamente il 26/6/03 ed al 19/9/03.

**Stoppata: profondità 2,3 m -
Prelievo effettuato il 26/6/2003**

PARAMETRI	unita' di misura	concentrazione	
		superficie	fondo
Temperatura	°C	28,0	24,1
O ₂ disciolto	mg/l	9,7	11,6
Saturazione O ₂	%	125	141
Conducibilità elettrica (25°C)	µS/cm	215	187
pH		8,6	9,0
N-NH ₄	mg/l	0,09	0,08
N-NO ₂	µg/l	11	15
Disco di Secchi	m	> 2,3	

**Adda località Foppone:
profondità 7,0 m - Prelievo
effettuato il 19/9/03**

PARAMETRI	unita' di misura	concentrazione	
		superficie	fondo
Temperatura	°C	20,5	20,6
O ₂ disciolto	mg/l	8,4	8,3
Saturazione O ₂	%	94	94

Conducibilità elettrica (25°C)	µS/cm	176	176
PH		8,9	8,9
P-PO₄	µg/l	13	13
Disco di Secchi	m	3,8	

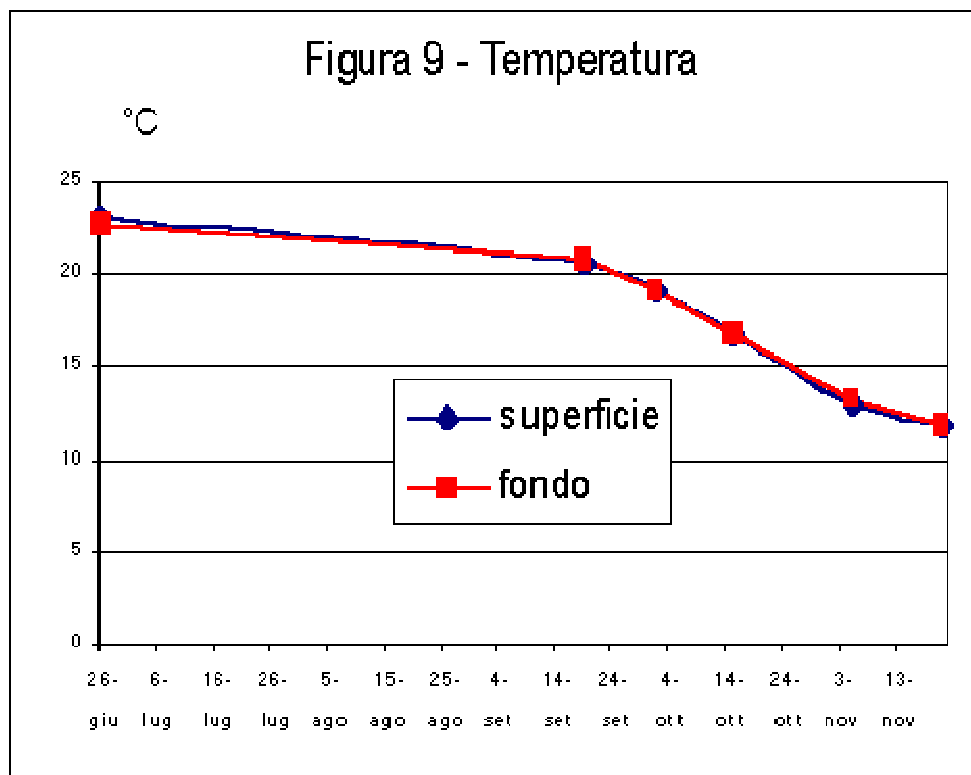
Il prelievo effettuato nelle stoppate in data 26/6/03 mette in evidenza valori elevati di temperatura, con un massimo di 28°C in superficie ed un minimo di 24,1°C a livello del fondo. Il surriscaldamento dell'acqua è certamente collegato alla limitata profondità (2,3 metri). I valori relativi all'ossigeno disciolto indicano chiaramente che a livello del fondo è presente una maggiore attività fotosintetica, confermata anche dai più elevati valori di pH (9,0 unità) rispetto alla superficie (8,6 unità). Ciò è collegato alla presenza di una copertura perifitica del fondale, costituita da alghe filamentose. Poiché il valore di trasparenza supera la massima profondità, l'intensa radiazione luminosa raggiunge quasi totalmente il sedimento limoso e favorisce il rapido sviluppo di alghe perifitiche. Da segnalare che, in seguito all'intensa attività di fotosintesi, il pH raggiunge valori poco favorevoli alla fauna ittica, indicando un intervallo compreso tra 8,6 e 9,0 unità. I rischi collegati agli estremi valori di pH sono fortunatamente limitati per quanto riguarda l'azoto ammoniacale, la cui forma tossica (NH₃ indissociata) come è noto aumenta in condizioni basiche. Le concentrazioni di questo composto inorganico dell'azoto risultano infatti comprese tra 80 e 90 µg/, quindi inferiori alla soglia di rischio. Sulla base dei parametri (temperatura e pH) che condizionano la formazione di ammoniaca indissociata risulta infatti che le concentrazioni, espresse come azoto ammoniacale, in grado di determinare danni branchiali alla fauna ittica dovrebbero essere superiori a 160 µg/l (pari a 70 µg/l di NH₃). Anche per quanto riguarda l'azoto nitroso, un altro composto potenzialmente tossico per la fauna ittica, si riscontrano valori compresi tra 11 e 15 µg/l, nettamente inferiori alla soglia di tossicità (100 µg/). I dati relativi alle stoppate mettono comunque in evidenza uno scarso ricambio idrico, il cui incremento potrebbe migliorare l'utilizzo di questi bacini interni da parte del popolamento ittico per le prime fasi di accrescimento.

In data 19/9/03 è stato effettuato un campionamento in località Foppone. I risultati sono ovviamente del tutto sovrapponibili a quelli relativi alla località Casa gialla nella stessa data, di seguito commentati. Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati relativi ai 6 campionamenti effettuati in località Casa gialla.

Adda (casa gialla) superficie		26-giu	19-set	02-ott	15-ott	5-nov	21-nov
Temperatura	°C	23	20,6	19,0	16,8	12,9	11,8
O ₂ disciolto	mg/l	10,5	8,2	7,5	8,0	9,2	9,4
Saturazione O ₂	%	123	92	82	83	88	88
Conducib.el. (25°C)	µS/cm	187	177	180	180	186	188
pH		8,9	8,9	8,8	8,9	8,5	8,4
N-NH ₄	µg/l	60	110	110	80	50	90
N-NO ₂	µg/l	14	12	32	23	14	15
N-NO ₃	µg/l				550	670	821
P-PO ₄	µg/l		12		6	12	13
P totale	µg/l		17	22	17	14	21
Alcalinità	mg/l CaCO ₃	56					
Disco di Secchi	m	7,3	4,0	4,8	4,8	6,5	> 7

Adda (casa gialla) fondo		26-giu	19-set	02-ott	15-ott	05-nov	21-nov
Temperatura	°C	22,7	20,8	19,1	16,7	13,1	11,8
O ₂ disciolto	mg/l	10,3	7,9	7,4	8,0	9,1	9,3
Saturazione O ₂	%	122	89	81	83	87	87
Conducib.el. (25°C)	µS/cm	187	180	180	180	186	188
pH		8,9	8,9	8,8	8,9	8,5	8,4
N-NH ₄	µg/l	60	100	100	80	60	90
N-NO ₂	µg/l	14	12	32	24	14	16
N-NO ₃	µg/l				540	750	838
P-PO ₄	µg/l		12		6	13	15
P totale	µg/l		15	22	19	16	22

Temperatura



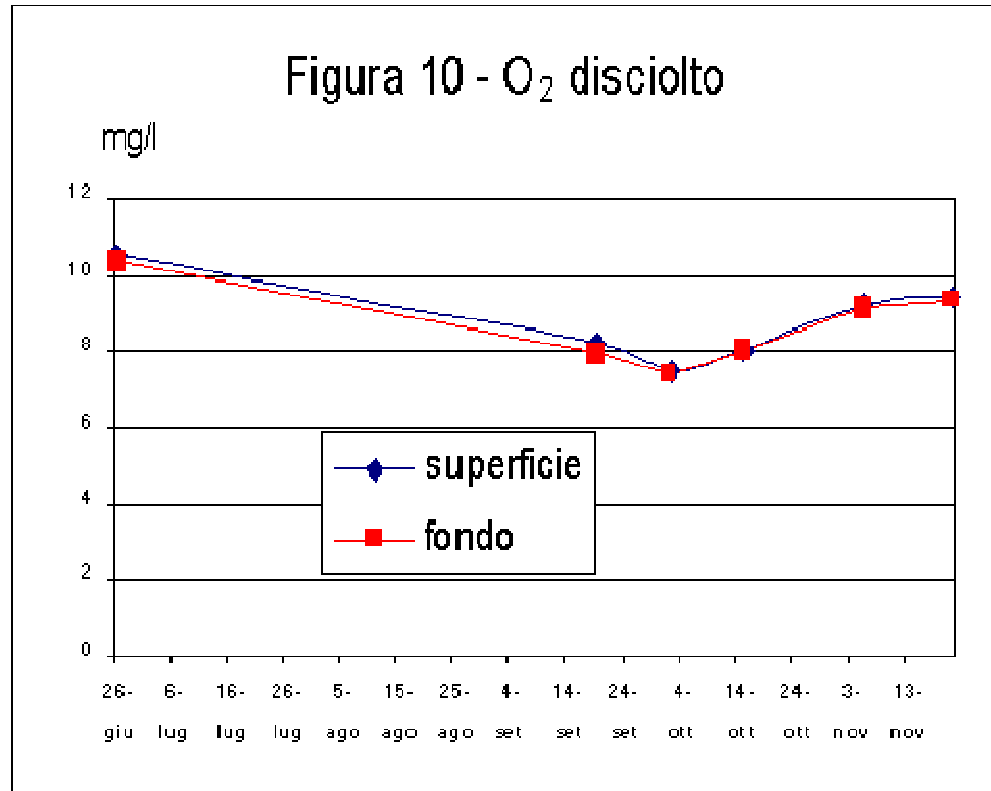
La temperatura mostra valori sostanzialmente omogenei tra superficie e fondo (figura 9).

Da segnalare la elevata temperatura rilevata alla prima data di campionamento (26/6), con un valore minimo sulla colonna d'acqua superficie-fondo pari a 22,7°C. Ciò rappresenta certamente un fattore limitante per quanto riguarda la presenza di specie ittiche appartenenti alla famiglia dei Salmonidi. Al 19/9 la temperatura sulla colonna d'acqua risulta ancora prossima a 21°C. A partire da questa data ha inizio una fase di costante raffreddamento della massa d'acqua che perde mediamente circa 1°C alla settimana, passando dai 20,7°C del 19/9 a 11,8°C del 21/11.

Ossigeno disciolto

Anche questo parametro non evidenzia differenze di rilievo tra superficie e fondo (figura 10).

In termini evolutivi si osserva una fase di decremento iniziale che porta ad un minimo di 7,4 mg/l il 2/10, seguito da una parziale ripresa nel periodo successivo. Ovviamente le variazioni della concentrazione di ossigeno riflettono le dinamiche degli strati

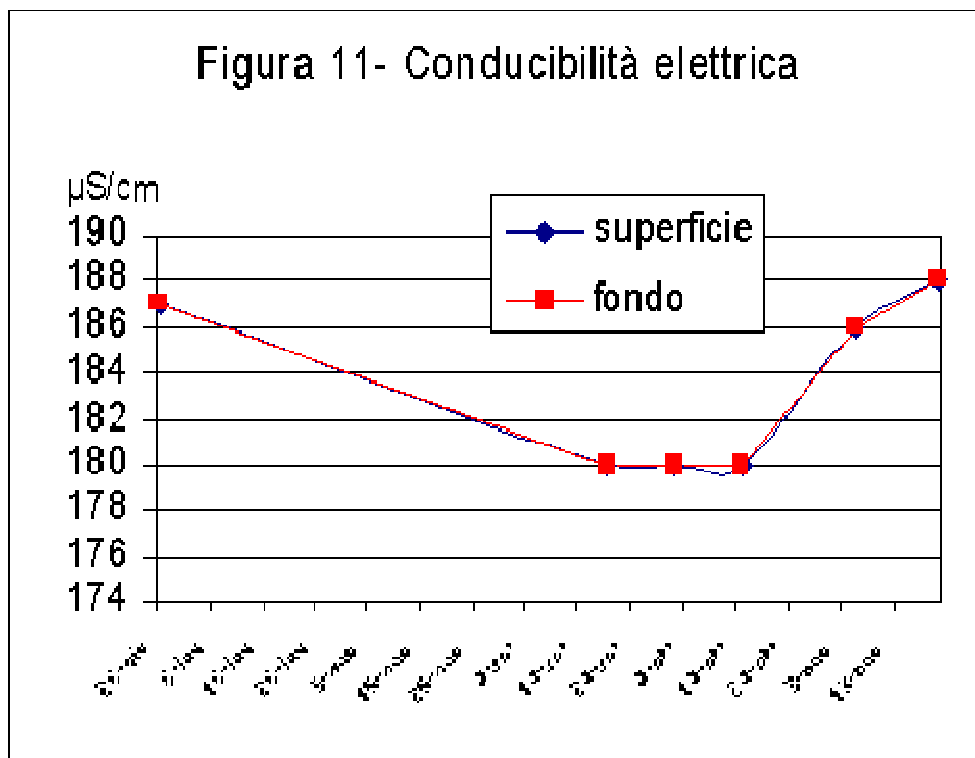


superficiali del lago di Garlate. In particolare il marcato decremento di fine settembre rappresenta l'effetto iniziale della fase di circolazione termica autunnale del lago di Garlate e della conseguente parziale risalita degli strati ipolimnici poveri di ossigeno. La ripresa successiva è probabilmente collegata ad una ripresa dell'attività fotosintetica, grazie alla parziale risalita dei nutrienti accumulati nell'ipolimnio, ed al raffreddamento della massa d'acqua che determina una maggiore solubilità dell'ossigeno disciolto. Tutte le concentrazioni relative al periodo di rilevamento risultano comunque superiori a 7 mg/l e non segnalano pertanto condizioni limitanti per il popolamento ittico. E' però da attendersi un marcato calo del livello di ossigenazione durante la fase di risalita dello strato ipolimnico anossico del lago di Garlate (25m-fondo). Il valore minimo dovrebbe essere raggiunto verso la fine di dicembre, in concomitanza con la circolazione termica totale del lago. In questo periodo sarebbe quindi importante il monitoraggio di questo parametro al fine di verificare la presenza di condizioni realmente negative per il popolamento ittico.

Per quanto riguarda la percentuale di saturazione si rilevano condizioni di sovrasaturazione nel campionamento di giugno, indice di un'intensa attività fotosintetica nella zona epilimnica del lago di Garlate (e probabilmente anche a monte), in questo periodo. Nel periodo successivo il livello di saturazione si mantiene

piuttosto stabile, con valori compresi tra 82% e 92% che rientrano nei limiti ottimali per la fauna ittica.

Conducibilità elettrica



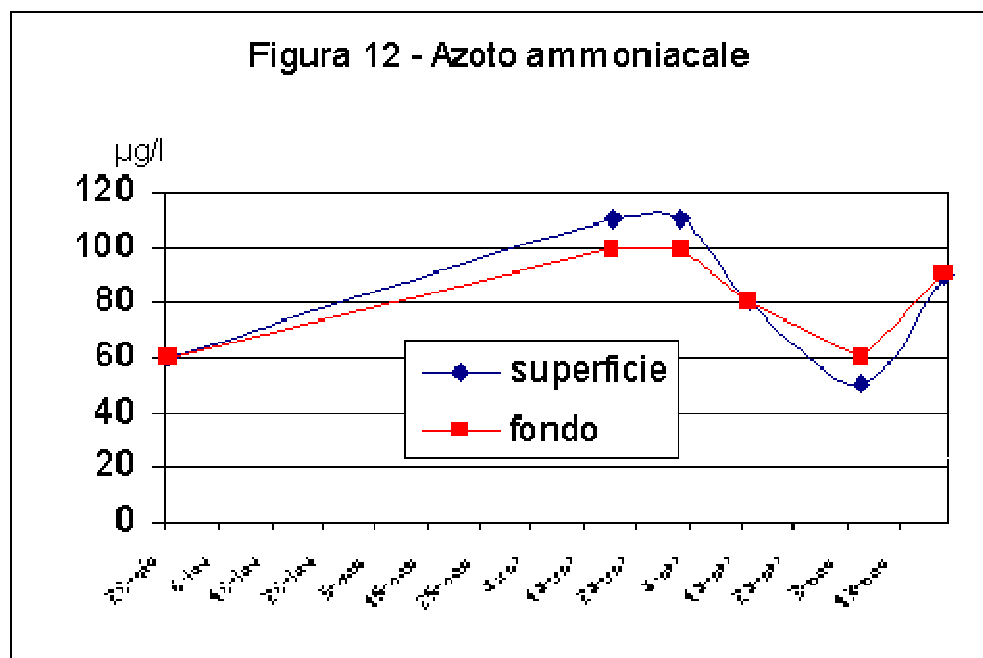
Anche le variazioni di questo parametro sono collegabili alle dinamiche interne dei bacini lacustri a monte del tratto di Adda esaminato. La conducibilità elettrica è infatti direttamente influenzata dall'attività biologica durante la stagione calda. Nella zona epilimnica durante i mesi primaverili-estivi il fitoplancton sottrae dalle acque i sali disciolti necessari per la propria crescita, causando di conseguenza la diminuzione della conducibilità. In prossimità del fondo, in seguito all'intensa attività di degradazione della sostanza organica che "piove" dagli strati superiori, si verifica al contrario un arricchimento di sali disciolti e quindi un aumento della conducibilità. Le dinamiche termiche autunnali riportano progressivamente in superficie gli strati profondi e determinano di conseguenza un nuovo incremento dei valori di conducibilità negli strati superiori. Queste considerazioni generali spiegano la dinamica dei valori di conducibilità elettrica (figura 11). All'inizio della stagione estiva si riscontra un valore di 187 $\mu\text{S}/\text{cm}$, che scende poi a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al termine della stagione estiva. A partire dal mese di novembre si evidenzia una nuova fase di incremento conseguente alla parziale risalita degli strati ipolimnici del lago di Garlate.

PH

Anche questo parametro è direttamente influenzato dalle dinamiche superficiali dei corpi idrici a monte, in particolare del lago di Garlate. Durante la fotosintesi gli organismi vegetali sottraggono CO₂ all'acqua, facendo spostare il pH verso valori basici. Il pH risulta infatti nettamente basico, con valori compresi tra 8,4 e 8,9 unità. Ovviamente i valori più elevati sono relativi alla stagione calda, quando è maggiore l'attività fotosintetica. Anche la stessa natura del bacino imbrifero, ricco di carbonati, contribuisce a innalzare i valori di pH.

Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale è la forma più ridotta dei composti inorganici dell'azoto e rappresenta il prodotto finale della degradazione batterica delle



proteiche. L'azoto ammoniacale è prodotto dal metabolismo degli organismi acquatici e dalla presenza eventuali scarichi fognari. La determinazione di questo parametro è dunque importante in quanto rappresenta un indice diretto della qualità dell'acqua. L'importanza di questo composto è collegata anche alla potenziale tossicità nei confronti della fauna ittica. La molecola di ammoniaca non dissociata (NH₃) risulta infatti altamente tossica per la fauna ittica. E' una base debole la cui percentuale di dissociazione varia in funzione del pH e della temperatura. Ad esempio a 20°C e pH=7,5 la percentuale di dissociazione in acqua è la seguente:



1,3%

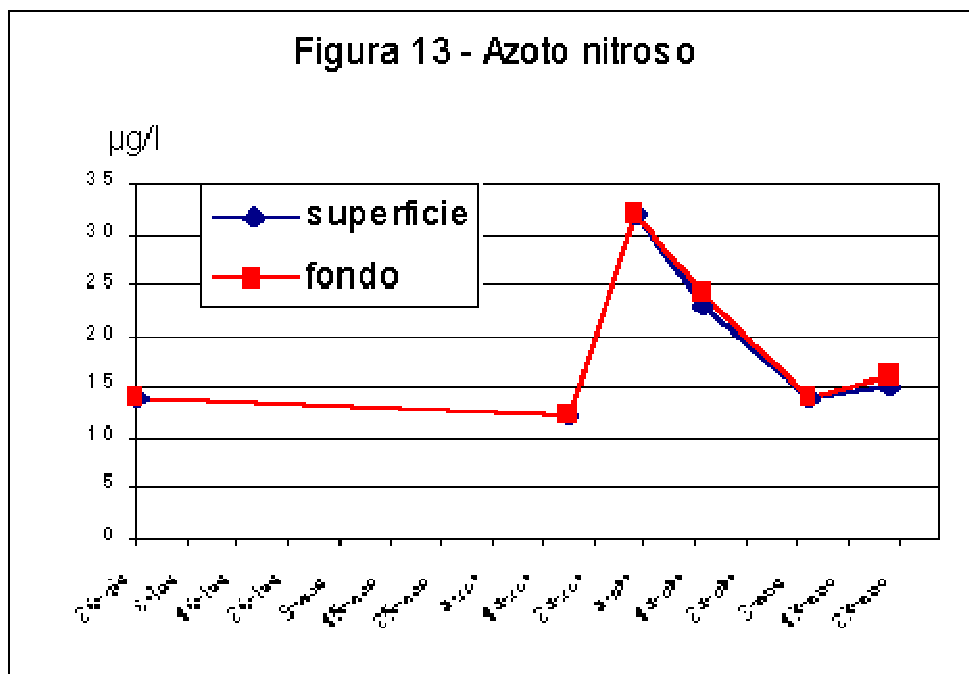
98,7%

Anche a concentrazioni relativamente contenute l'ammoniaca indissociata può causare danni all'epitelio branchiale dei pesci e la concentrazione massima ammissibile è pari 0,1 mg N-NH₃/l.

Il D.L.n°130 del 25/1/1992 è ancora più restrittivo ed indica per l'ammoniaca indissociata il limite massimo imperativo di 25 µg/l come NH₃. Questo valore rappresenta la soglia di sicurezza per la tutela della fauna acquatica, mentre la concentrazione minima in grado di determinare danni branchiali in seguito ad un'esposizione permanente è pari a 70 µg/l. Questo limite non è stato mai raggiunto durante il periodo di indagine: il valore più elevato è pari a circa 28 µg/l di NH₃ il 19/9.

Nella figura 12 è visualizzata l'evoluzione dell'azoto ammoniacale. In questo caso non sembra evidenziabile un collegamento diretto con il lago di Garlate: analizzando infatti i dati relativi alla zona epilimnica del lago nel mese di ottobre si riscontrano valori inferiori rispetto alla località Casa gialla (60 contro 110 µg/l il 2/10 e 40 contro 80 µg/l il 15/10). Ciò segnalerebbe pertanto la probabile presenza di qualche scarico fognari nel tratto compreso tra i due punti di campionamento. Come già indicato in precedenza i valori raggiunti non sono tali da incidere in modo sensibile sulla qualità dell'acqua.

Azoto nitroso



L'azoto nitroso rappresenta la frazione più instabile dell'azoto inorganico, essendo un composto intermedio tra la forma ridotta (azoto ammoniacale) e la forma ossidata (azoto nitrico). La presenza di concentrazioni critiche di ossigeno disciolto può

favorire un accumulo di azoto nitroso, impedendo o rallentando il processo biochimico di ossidazione dell'azoto ammoniacale.

Anche la permanenza di elevate concentrazioni di azoto ammoniacale può provocare l'accumulo di azoto nitroso come composto intermedio dell'ossidazione dell'ammoniaca a nitrati.

Anche l'azoto nitroso presenta un marcato effetto tossico nei confronti del popolamento ittico in seguito alla elevata capacità ossidante di questi composti. I nitriti infatti attraverso gli epitelii branchiali raggiungono il circolo sanguigno e ossidano l'emoglobina a metemoglobina, pigmento respiratorio incapace di trasportare l'ossigeno ai tessuti. L'esposizione permanente a concentrazioni di N-NO_2 superiori a $30 \mu\text{g/l}$ è ritenuta in grado di provocare sintomi iniziali di asfissia nei pesci.

L'evoluzione di questo parametro (figura 13) appare piuttosto anomalo, con un evidente picco di concentrazione al 2/10 ed al 15/10. In questo caso è però presente un chiaro collegamento con la situazione del lago di Garlate, che il 2/10 nella zona epilimnica indica valori superiori a $40 \mu\text{g/l}$. La causa di tale fenomeno, frequente anche nel lago di Como, è da ricercare negli elevati valori di pH raggiunti durante i processi di fioritura algale. L'innalzamento del pH determina infatti un rallentamento dell'attività dei *Nitrobacter*, batteri responsabili della trasformazione dell'azoto nitroso a nitrico. Escludendo i due prelievi di ottobre, le concentrazioni di azoto nitroso risultano comunque inferiori alla soglia di rischio per la fauna ittica.

Azoto nitrico

I nitrati rappresentano lo stadio ossidato dell'azoto inorganico e si formano per completa ossidazione dell'ammoniaca, derivante dalla degradazione delle proteine e quindi in genere della sostanza organica, ad opera dei batteri contenuti nell'acqua. I nitrati rappresentano un'importante fonte di azoto per la componente vegetale. Questo parametro è stato rilevato dal 15/10 al 21/11. Le concentrazioni risultano comprese tra un minimo di $550 \mu\text{g/l}$ il 15/10 ed un massimo di $821 \mu\text{g/l}$ il 21/11. La tendenza evolutiva, chiaramente all'aumento, rappresenta il risultato della progressiva ossidazione dell'azoto ammoniacale immagazzinato nell'ipolimnio del lago di Garlate. La circolazione termica autunnale determina infatti una graduale risalita di questo composto negli strati superiori, dove subisce un processo di ossidazione biochimica. A differenza delle altre due forme di azoto inorganico, l'azoto nitrico non presenta però caratteristiche di tossicità nei confronti della fauna ittica.

Fosforo ortofosfato

L'ortofosfato rappresenta la frazione inorganica del fosforo ed è quindi la forma direttamente utilizzabile dal popolamento vegetale. La disponibilità di ortofosfato mostra in genere un'evoluzione temporale classica, con valori minimi durante la stagione estiva e massimi al termine della stagione invernale. Le concentrazioni di ortofosfato risultano comprese tra un minimo di 6 $\mu\text{g/l}$ ed un massimo di 15 $\mu\text{g/l}$. Anche questo parametro è influenzato direttamente dai fenomeni di circolazione termica autunnale del lago di Garlate, che comporta una graduale risalita di questo composto dall'ipolimnio agli strati superiori e quindi al fiume Adda. L'analisi di questo composto è di fondamentale importanza per la determinazione del fattore limitante in base al rapporto azoto/fosforo.

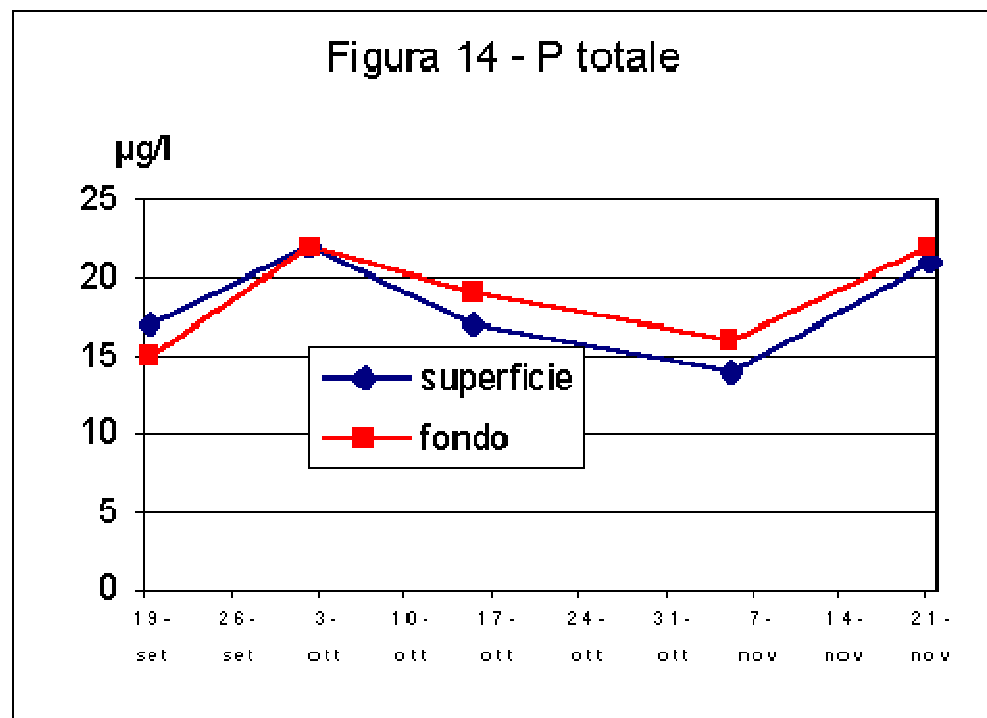
Fosforo totale

Il fosforo rappresenta il nutriente principale del popolamento algale ed è generalmente il fattore di regolazione primario della componente vegetale acquatica.

L'evoluzione di questo parametro

rappresenta pertanto una variabile di estrema importanza poiché la densità del popolamento algale, e quindi la catena alimentare conseguente, è strettamente legata alla disponibilità di questo elemento.

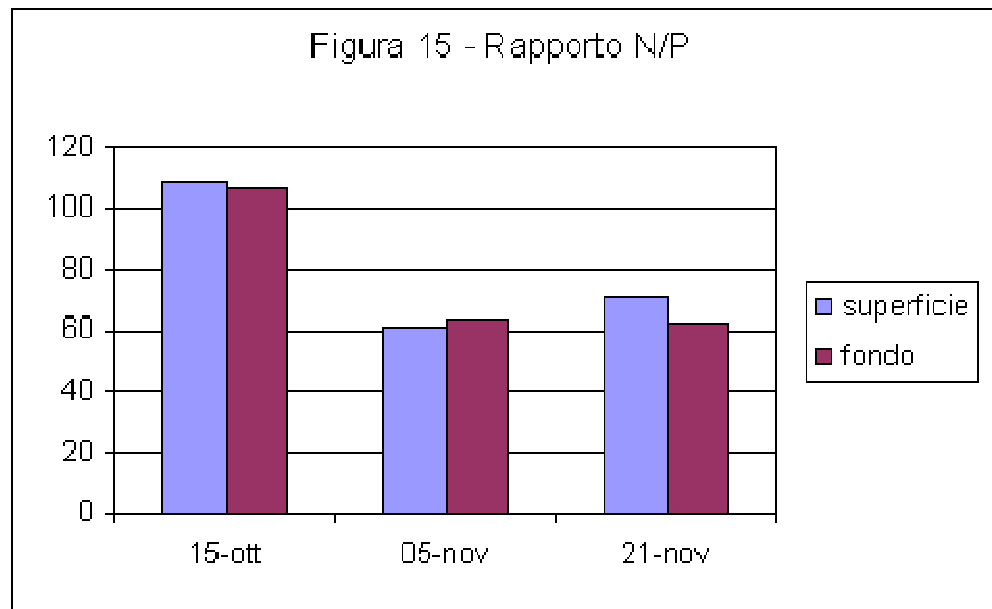
Il fosforo totale segnala concentrazioni comprese tra 14 e 22 $\mu\text{g/l}$ (figura 14), indicando quindi una relativa stabilità nel periodo analizzato. La concentrazione media risulta pari a 18 $\mu\text{g/l}$, indicando condizioni di oligo-mesotrofia. Le acque dell'Adda a Brivio risultano quindi piuttosto "magre", e ciò si riflette ovviamente sulla produttività di questo ambiente. Anche questo parametro è direttamente influenzato dal lago di Garlate: questo infatti funziona da depuratore delle acque in ingresso, sedimentando una notevole quantità di sostanza organica e sfiorando l'acqua di superficie povera di nutrienti. Questa dinamica si interrompe durante la



stagione invernale quando la circolazione termica innesca la risalita degli strati profondi e dei nutrienti in essi contenuti. A partire dal mese di dicembre si dovrebbe quindi verificare un marcato incremento delle concentrazioni di P totale, quando ormai l'attività fotosintetica è ridotta ai minimi termini a causa delle basse temperature e della scarsa radiazione solare.

Rapporto N/P

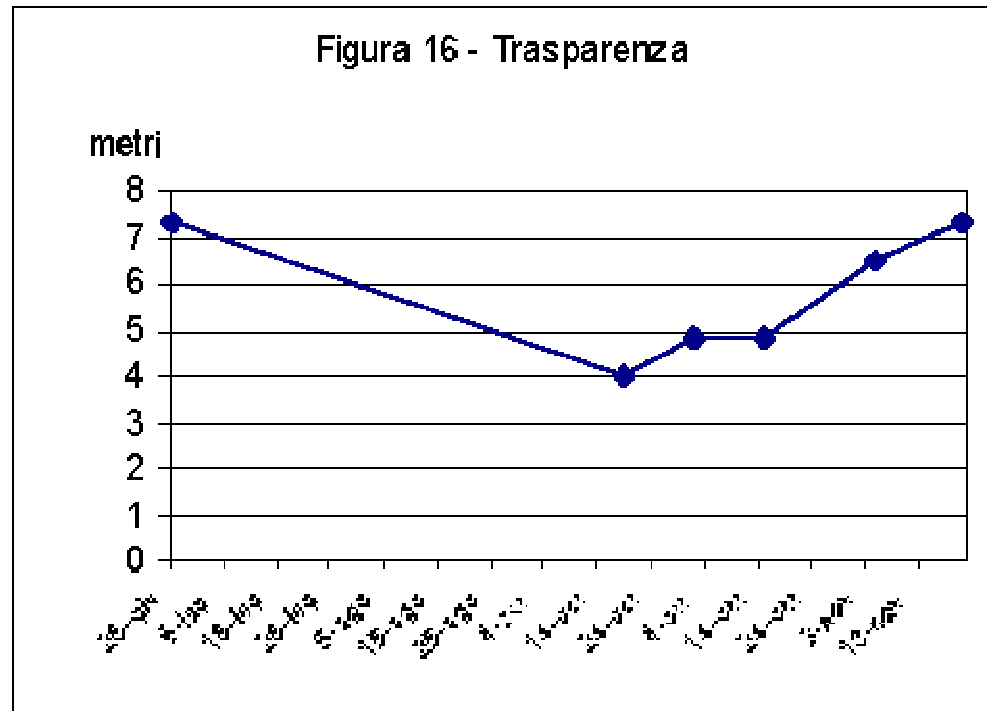
L'analisi del rapporto azoto/fosforo permette di stabilire il fattore che limita la crescita algale. È noto infatti che rapporti N/P superiori a 10 indicano limitazione da fosforo, mentre per rapporti



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 la stazione di Brivio durante il periodo di indagine si riscontrano valori compresi tra 61 e 109 (figura 15), che indicano chiaramente che il fattore limitante è rappresentato dal fosforo.

Trasparenza

La trasparenza rappresenta certamente il parametro più intuitivo per valutare la qualità dell'acqua. Ciò è in parte vero, in quanto la limpidezza dell'acqua è strettamente correlata con il livello trofico di un corpo idrico



e quindi con la quantità di nutrienti in esso presenti. Negli ambienti molto produttivi l'elevata densità degli organismi planctonici, in particolare del fitoplancton, limita notevolmente la penetrazione della radiazione solare, determinando la rapida scomparsa del disco di Secchi. Nella figura 16 è illustrata l'evoluzione dei valori di trasparenza. In realtà i valori relativi al 26/6 ed al 21/9 corrispondono alla massima profondità ed indicano pertanto trasparenze superiori ai 7 metri. Il significato dei due valori massimi è però diverso: il valore relativo al 26/6 è infatti però collegato ad un'elevata presenza di *Daphnia* e al conseguente effetto "clearance", mentre il secondo picco è collegato ad una scarsa presenza di organismi planctonici.

3.1.3 - Confronto lago di Garlate – Adda

Il confronto a parità di data tra i dati relativi alla superficie del lago di Garlate e l'Adda in località Casa gialla può fornire utili indicazioni per quanto riguarda la presenza di eventuali apporti inquinanti nel tratto compreso tra i due punti di prelievo. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi ai campionamenti del 2/10 e del 14-15/10

Risulta evidente che le caratteristiche fisico-chimiche delle due stazioni di prelievo sono molto simili e ciò conferma pertanto che l'acqua dell'Adda a Brivio è essenzialmente costituita dall'acqua di superficie del lago di Garlate. Eventuali interventi di miglioramento in questo senso dovranno pertanto localizzarsi nella zona a monte. L'analisi dei dati relativi al 2/10 non mette peraltro in evidenza variazioni di rilievo tra il lago di Garlate e l'Adda in località casa gialla (figura 17). L'unico

segnale negativo è collegato all'azoto ammoniacale e all'ossigeno disciolto: il primo indica un incremento da 60 a 110 µg/l probabilmente collegato a qualche apporto fognario di limitata entità nel tratto intermedio. La presenza di apporti idrici di qualità inferiore è confermata dal calo della concentrazione di ossigeno disciolto (da 8,7 a 7,5) e del relativo valore di saturazione (da 97% a 82%). La turbolenza creata dalla diga di Olginate e dal tratto fluviale dovrebbe infatti determinare un incremento del livello di saturazione, raggiungendo valori di ossigenazione prossimi al 100%.

Questo fenomeno è rilevabile anche nel prelievo successivo (14-15/10, figura 18): l'azoto ammoniacale segnala ancora un incremento da monte (40 µg/l) a valle (80 µg/l), al quale corrisponde un decremento della concentrazione di ossigeno disciolto (da 9,3 a 8,0 mg/l). Si conferma pertanto la presenza di qualche apporto inquinante di probabile origine civile nel tratto intermedio. Ciò non incide però in modo rilevante sullo stato di qualità complessivo dell'acqua, che dal punto di vista fisico-chimico si mantiene in condizioni discrete.

		02-ott		14-ott	
		Garlate sup.	Adda	Garlate sup.	Adda
Temperatura	°C	19,9	19,0	17,1	16,8
O₂ disciolto	mg/l	8,7	7,5	9,3	8,0
% O₂	%	97	82	98	83
Conduc.el.	µS/cm a25°C	180	180	180	180
N-NH₄	µg/l	60	110	40	80
N-NO₂	µg/l	41	32	26	23
P totale	µg/l	22	22	15	17
Disco di Secchi	m	5,2	4,8	4,9	4,8

Figura 17 - Confronto del 2/10/03

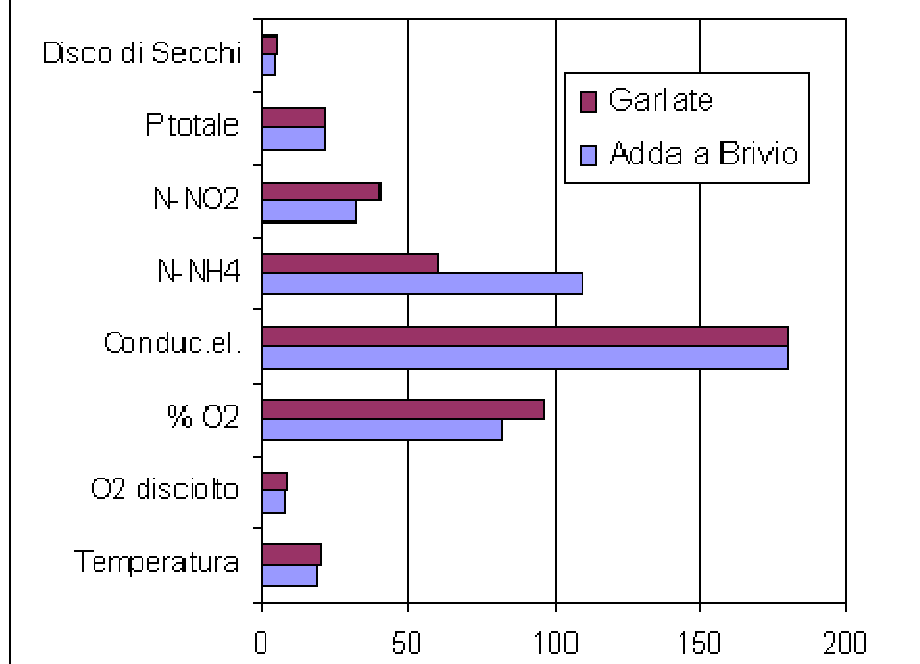
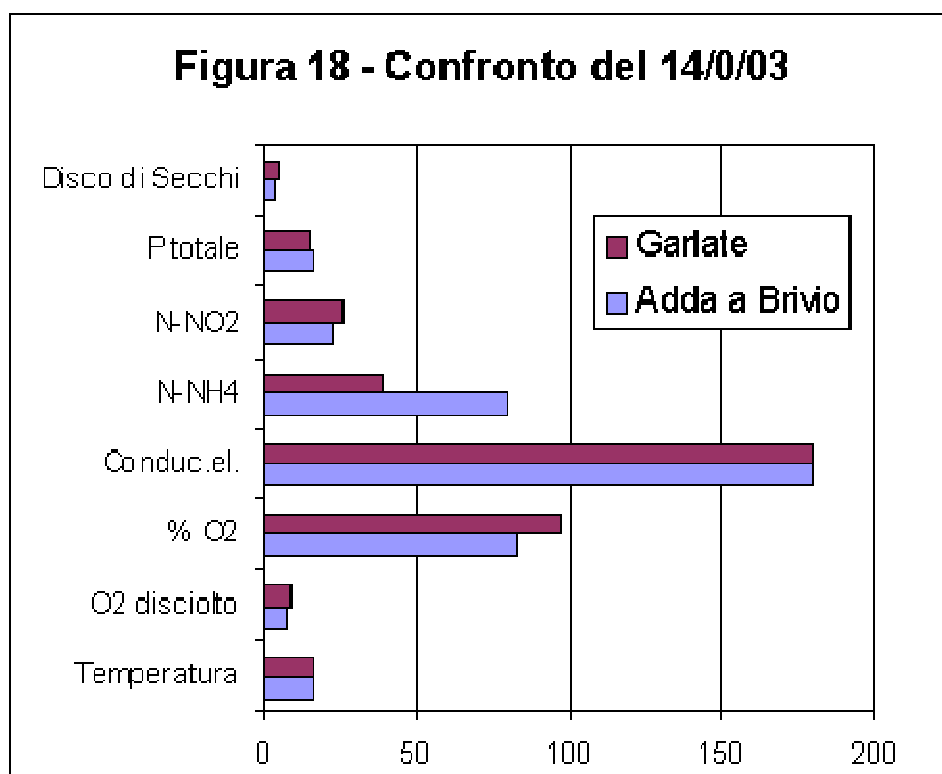


Figura 18 - Confronto del 14/0/03



3.2 Zooplancton

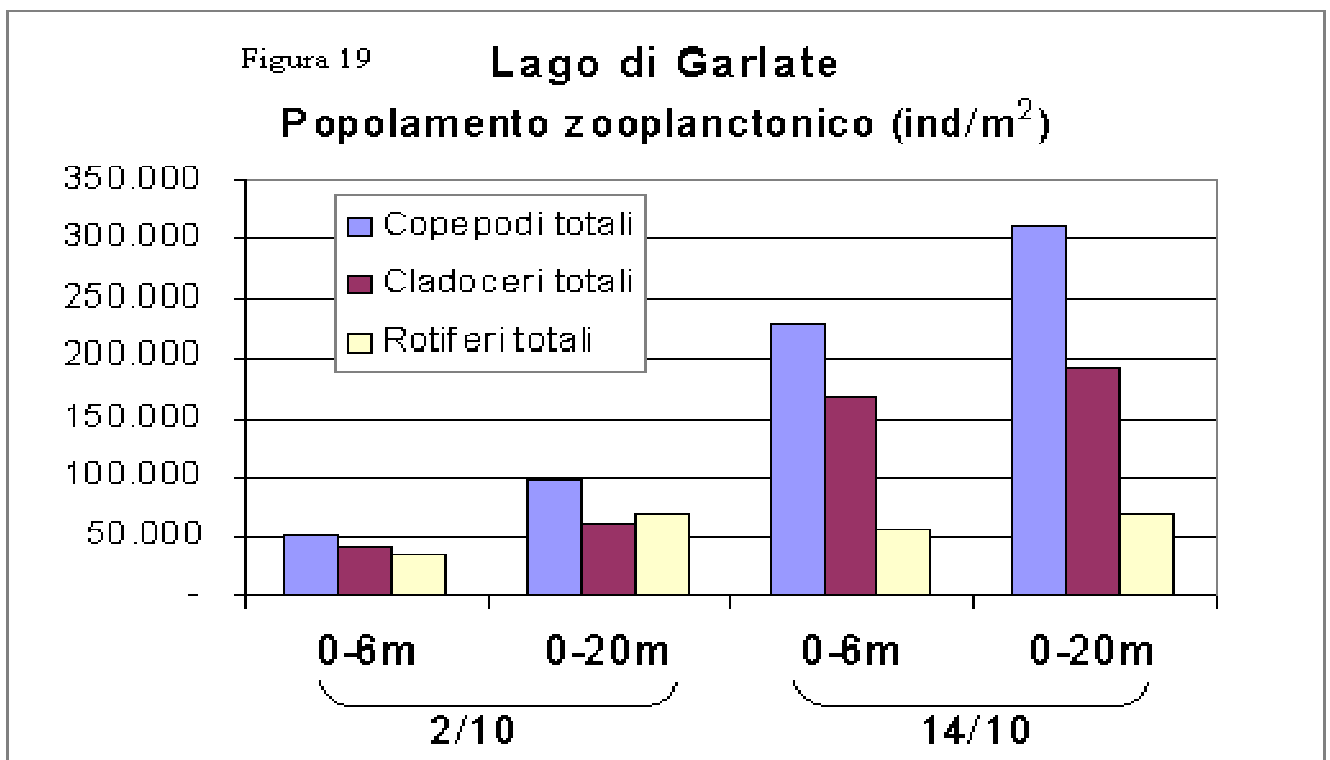
3.2.1 Lago di Garlate

Anche per quanto riguarda il popolamento zooplanctonico del lago di Garlate sono disponibili due date di campionamento, il 2/10/03 ed il 14/10/03. Sono state considerate due profondità di prelievo sulla verticale, da 0 a 6 metri e da 0 a 20 metri. I risultati dei taxa riscontrati, espressi in individui/m³ ed indi/m², sono riportati nella seguente tabella. Per quanto riguarda i Rotiferi, che non rappresentano in genere una fonte alimentare diretta per il popolamento ittico, sono state considerate solo le specie più frequenti.

	02/10/03				14/10/03			
	0-6m		0-20m		0-6m		0-20m	
	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²
Copepod								
<i>E.pedanus</i>	858	5.148	870	17.400	10.302	61.812	5.843	116.856
<i>copepoditi</i>	1.070	6.420	1.240	24.800	18.315	109.889	6.260	125.203
<i>Mesocyclops leuckarty</i>	140	840	40	800	-	-	-	-
<i>copepoditi ciclopidi</i>	960	5.760	310	6.200	859	5.151	313	6.260
<i>naupli</i>	5.400	32.400	2.470	49.400	8.585	51.510	3.130	62.602
Cladoceri								
<i>D.hyalina</i>	1.330	7.980	400	8.000	2.289	13.736	680	13.600
<i>D. brachyurum</i>	910	5.460	460	9.200	2.862	17.170	840	16.800
<i>Eubosmina coregoni</i>	4.760	28.560	2.160	43.200	7.154	42.925	3.234	64.688
<i>Leptodora kindti</i>	54	324	30	600	-	-	-	-
Rotiferi								
<i>K.cochlearis</i>	-	-	100	2.000	286	1.717	80	1.600
<i>Polyatra sp.</i>	2.880	17.280	870	17.400	1.717	10.302	522	10.434
<i>Conochilus unicornis</i>	3.244	19.464	2.460	49.200	6.296	37.774	2.087	41.734
Copepodi totali	8.428	50.568	4.930	98.600	38.060	228.362	15.546	310.921
Cladoceri totali	7.054	42.324	3.050	61.000	27.758	166.550	9.703	194.065
Rotiferi totali	6.124	36.744	3.430	68.600	9.444	56.661	3.443	68.862

Qualitativamente la biocenosi zooplanctonica riscontrata nei due campionamenti effettuati è risultata composta da 2 specie di Copepodi, 4 specie di Cladoceri e 3 specie di Rotiferi. Tra i Copepodi la specie più rappresentata è *Eudiaptomus padanus* che indica allo stadio adulto densità comprese tra un minimo di 858 ind/mc ed un massimo di 10.300 ind/m³. Notevole anche la presenza di copepoditi e naupli, con densità comprese tra un minimo di 1070 ind/m³ ed un massimo di 18.300 ind/m³ per i primi, un minimo di 2470 ind/m³ ed un massimo di 8.500 ind/m³ per i secondi. I ciclopidi segnalano densità nettamente inferiori. Per quanto riguarda i Cladoceri si osserva una prevalenza di *Eubosmina coregoni*, che raggiunge un massimo di 7150 ind/m³ il 14/10. Di rilievo anche la presenza di *Daphnia hyalina* con un minimo di 400 ind/m³ ed un massimo di circa 2300 ind/m³. Anche *Diaphanosoma brachiurum*, cladocero tipico della stagione calda, raggiunge densità di circa 2900 ind/m³ nel prelievo del 14/10. Il predatore invertebrato *Leptodora kindti* è invece riscontrabile solamente nel 1° campionamento.

Nella figura 19 è illustrato il confronto tra le densità dei taxa principali relative alle due profondità di campionamento.



In questo caso, al fine di rendere confrontabili i valori, è necessario analizzare i dati in termini di unità di superficie (ind/m²). Risulta evidente il notevole incremento di densità di Copepodi e Cladoceri nel prelievo del 14/10 rispetto a quello del 2/10. Ciò è certamente collegato all'inizio della fase di circolazione termica autunnale e quindi alla parziale risalita dei nutrienti accumulati nell'ipolimnio. Dalla figura è anche rilevabile che la percentuale prevalente del popolamento zooplanctonico è presente

nei primi 6 metri di profondità. In particolare la percentuale di Copepodi presenti nello strato 0-6 metri rappresenta rispettivamente il 51% ed il 73% dello strato 0-20 metri alle due date di campionamento. Per quanto riguarda il taxon dei Cladoceri, composto da specie più stenoterme calde, le percentuali dello strato 0-6 metri rappresentano rispettivamente il 69% e l'86% del totale da 0 a 20 metri. Lo zooplancton appare dunque maggiormente concentrato negli strati superficiali, e quindi teoricamente disponibile per il deflusso in Adda.

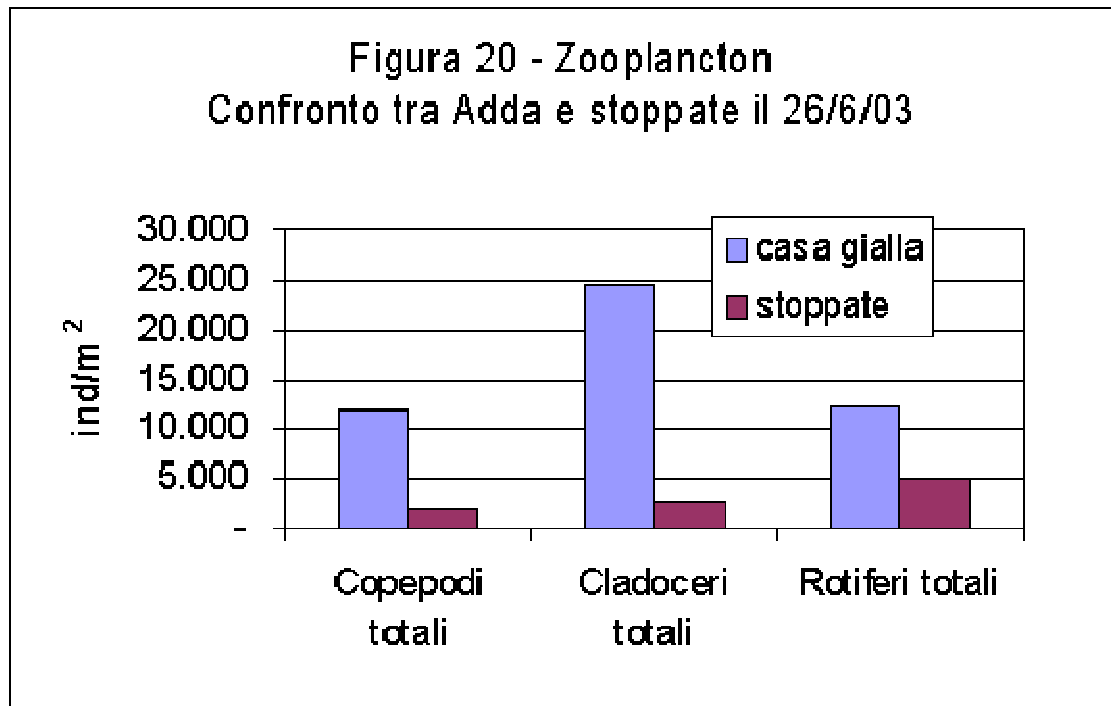
3.2.2 Adda

Anche per quanto riguarda il popolamento zooplanctonico sono disponibili due date di campionamento, dal 26/6/03 al 21/11/03. E' stata considerata un'unica profondità di prelievo sulla verticale, da 0 a 7 metri (fondo). I risultati dei taxa riscontrati, espressi in individui/m³ ed ind/m², sono riportati nella seguente tabella. Per quanto riguarda i Rotiferi, che non rappresentano in genere una fonte alimentare diretta per il popolamento ittico, sono state considerate solo le specie più frequenti.

POPOLAMENTO ZOOPLANTONICO	26.06/03		19.09/03		02/10/03		15/10/03		05/11/03		21/11/03			
	loc. casa gialla		loc. stoppata		loc. casa gialla		loc. casa gialla		loc. casa gialla		loc. casa gialla			
	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²	ind/m ³	ind/m ²		
Copepodi														
<i>E. padanus</i>	60	480	-	-	-	-	128	896	133	933	26	182	40	280
copepoditi	320	2.560	270	621	12	84	183	1.281	551	3.856	138	966	185	1.295
<i>Mesocyclops</i> sp.	110	880	-	-	-	-	90	630	-	-	-	-	-	-
copepoditi ciclopidi	180	1.440	180	414	14	98	110	770	91	638	-	-	12	84
naupli	820	6.560	360	828	285	1.995	772	5.404	578	4.043	214	1.498	190	1.330
Cladoceri														
<i>D. hyalina</i>	2.780	22.240	1.160	2.668	9	63	220	1.540	30	209	98	686	-	-
<i>Eubosmina coregoni</i>	240	1.920	-	-	21	147	150	1.050	653	4.568	1.926	13.482	330	2.310
<i>Leptodora kindti</i>	42	336	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotiferi														
<i>K. quadrata</i>	310	2.480	530	1.219	74	518	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>K. cochlearis</i>	800	6.400	540	1.242	360	2.520	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyantra</i> sp.	210	1.680	980	2.254	106	742	1.540	10.780	74	516	400	2.800	740	5.180
<i>Synchaeta</i> sp.	-	-	160	368	110	770	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus</i> sp.	50	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna priodonta</i>	160	1.280	-	-	-	-	-	-	-	-	130	910	40	280
<i>Trichocerca</i> sp.	-	-	-	-	64	448	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	-	-	-	-	30	210	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Conochilus unicornis</i>	-	-	-	-	-	-	536	3.752	307	2.151	1.456	10.192	930	6.510
Copepodi totali	1.490	11.920	810	1.863	311	2.488	1.283	8.981	1.353	9.470	378	3.024	427	3.416
Cladoceri totali	3.062	24.496	1.160	2.668	30	240	370	2.590	682	4.777	2.024	16.192	330	2.640
Rotiferi totali	1.530	12.240	2.210	5.083	744	5.208	2.076	14.532	381	2.667	1.986	15.888	1.710	13.680

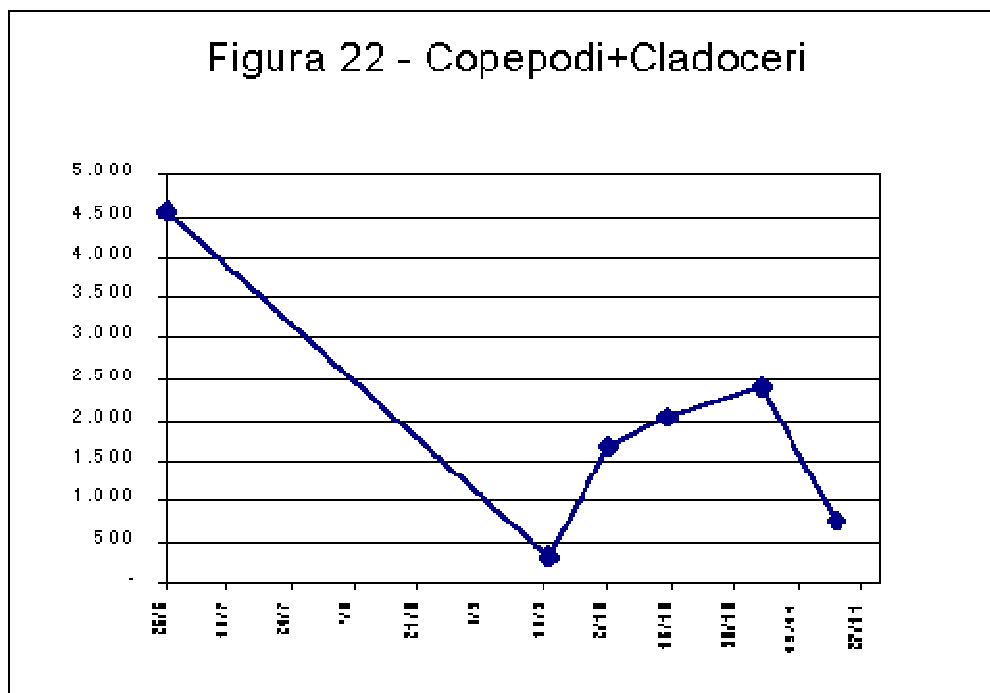
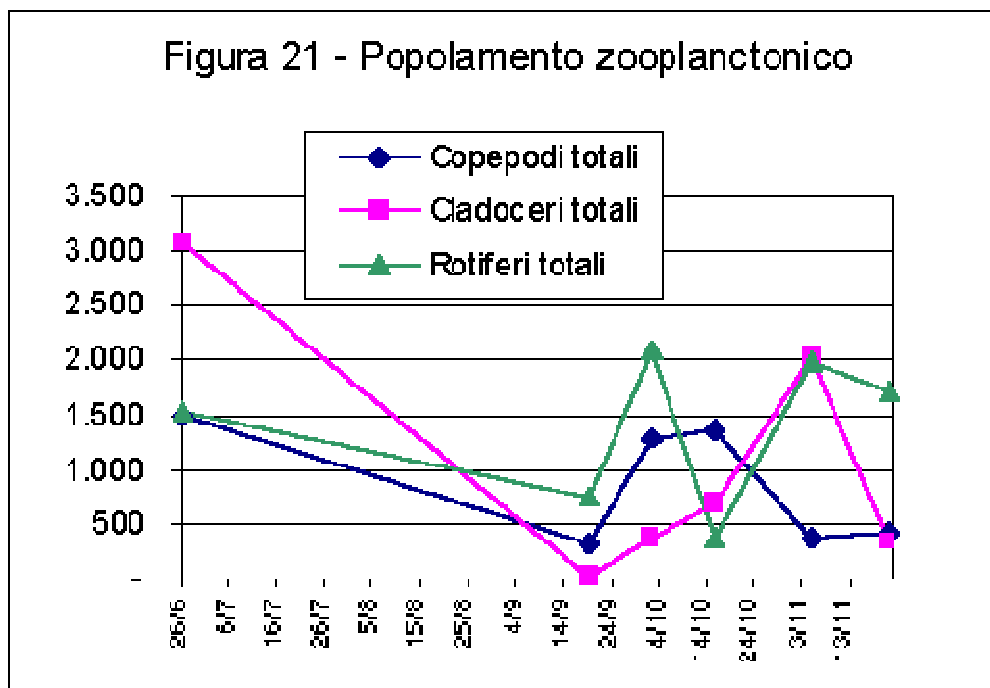
Nel campionamento del 26/6 è stato effettuato un prelievo di zooplancton anche nelle stoppate. Nonostante in queste ultime esistano condizioni favorevoli alla formazione della componente planctonica (lento ricambio idrico), le densità di zooplancton rilevate il 26/6 all'interno delle stoppate risultano nettamente inferiori a quelle del corso principale dell'Adda (figura 20). Questo aspetto anomalo meriterebbe un maggiore approfondimento, in quanto le stoppate potrebbero rappresentare una zona ottimale per le prime fasi di sviluppo del novellame ittico.

Per quanto riguarda invece i dati rilevati in località Casa gialla si evidenziano densità zooplanctoniche molto limitate, ad



esclusione del campionamento del 26/6 che riporta una discreta presenza di Cladoceri ed in particolare della specie *Daphnia hyalina*. Quest'ultima raggiunge infatti una densità di 2780 ind/m³. Un altro picco di Cladoceri, meno importante del precedente, è relativo al 5/11 con la specie *Eubosmina coregoni* che segnala un densità di circa 2.000 ind/m³. La presenza del taxon dei Copepodi, rappresentati principalmente dalla specie *Eudiaptomus padanus*, è invece più limitata ed indica densità sempre inferiori ai 1500 ind/m³ (figura 21). Come già indicato in precedenza, il taxon dei Rotiferi non rappresenta in genere una fonte alimentare diretta per il popolamento ittico, e riveste quindi un'importanza minore nell'analisi delle disponibilità alimentari. I taxa dei Copepodi e dei Cladoceri sono invece la principale fonte alimentare dei primi stadi vitali delle specie ittiche e la loro presenza è quindi prioritaria nel determinare la produttività di un corpo idrico. Nella figura 22 è visualizzata l'evoluzione, in termini di densità, della somma dei due taxa durante il periodo di indagine. Risulta evidente che l'unica densità di rilievo è relativa al campionamento del 26/6, che indica un valore di circa 4500 ind/m³. Al termine della stagione estiva si verifica un crollo delle disponibilità zooplanctoniche, con densità che scendono a soli 340 ind/m³. Parallelamente a questa situazione si osserva la migrazione del popolamento ittico verso la diga di Olginate, chiaramente finalizzata alla ricerca

dello zooplancton in uscita dal lago di Garlate.



Nel mese di ottobre si evidenzia una leggera ripresa, probabilmente collegata alla risalita dei nutrienti dall'ipolimnio del lago di Garlate e quindi all'aumento della componente fitoplanctonica, base alimentare dello zooplancton. Le densità restano comunque molto limitate, con valori sempre inferiori a 2400 ind/m³. L'ultimo campionamento del 21/11 segnala un nuovo crollo di densità (<800 ind/m³).

3.2.3 Confronto tra Garlate e Brivio

Il confronto della densità zooplanctonica tra le due stazioni di campionamento (Garlate e Brivio) può fornire utili indicazioni sulle dinamiche alimentari del tratto di Adda esaminato. In particolare possono essere confrontati i dati relativi allo strato 0-6 metri del lago di Garlate (che rappresenta il livello di deflusso del lago) con i prelievi effettuati in località Casa gialla (0-7 metri) a Brivio alle date 2/10/03 e 15/10/03.

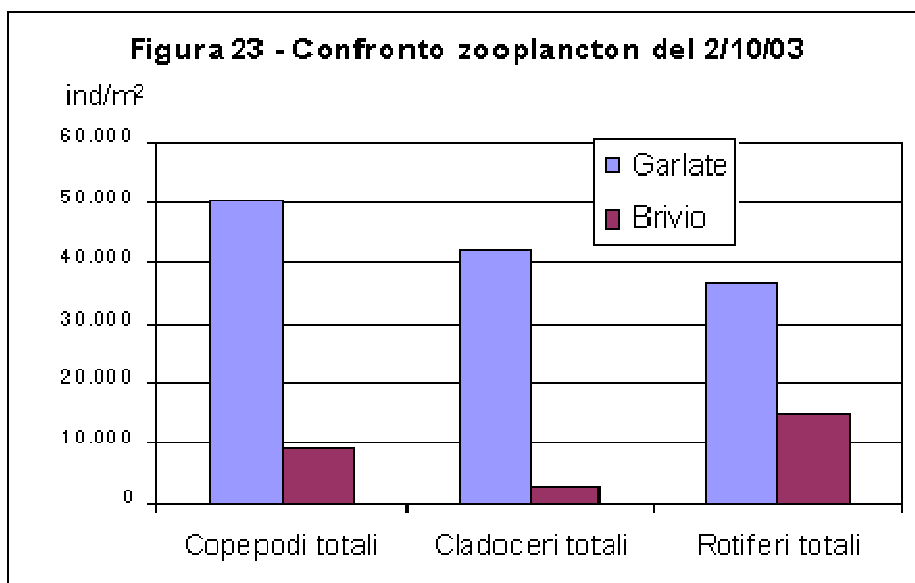
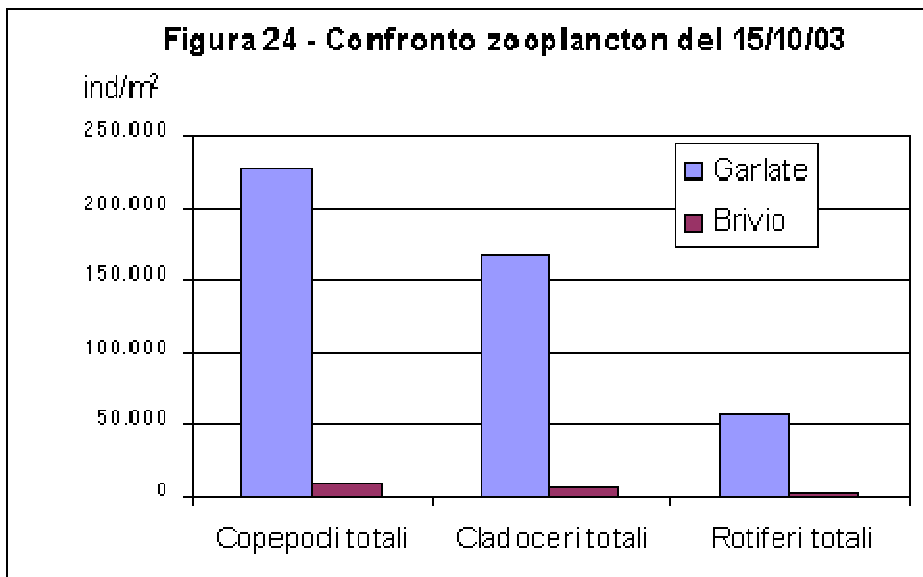
Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle due date di campionamento in parallelo.

	02/10/03		15/10/03	
	garlate	Adda	garlate	Adda
	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²
Copepodi				
<i>E.padanus</i>	5.148	896	61.812	933
<i>copepoditi</i>	6.420	1281	109.889	3856
<i>Mesocyclops leuckarty</i>	840	630	-	-
<i>copepoditi ciclopidi</i>	5.760	770	5.151	638
<i>naupli</i>	32.400	5404	51.510	4043
Cladoceri				
<i>D.hyalina</i>	7.980	1540	13.736	209
<i>D. brachium</i>	5.460	-	17.170	-
<i>Eubosmina coregoni</i>	28.560	1050	42.925	4568
<i>Leptodora kindti</i>	324	-	-	-
Rotiferi				
<i>Polyartra sp.</i>	17.280	10780	10.302	516
<i>Conochilus unicornis</i>	19.464	3752	37.774	2151
Copepodi totali	50.568	8.981 (17,8%)	228.362	9.469 (4,1%)
Cladoceri totali	42.324	2.590 (6,1%)	73.831	4.777 (6,5%)
Rotiferi totali	36.744	14.532 (39,5%)	48.076	2.667 (5,5%)

Risulta evidente la notevole diminuzione dei crostacei planctonici dalla stazione di monte a quella di valle. Per quanto riguarda i Copepodi il tasso di sopravvivenza è pari al 18% il 2/10 e solamente al 4% il 15/10. I Cladoceri indicano invece un tasso di sopravvivenza omogeneo, pari circa al 6% in entrambe le rilevazioni. 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 viene predato prima di raggiungere 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.

Nelle figure 23 e 24 è visualizzato il confronto tra le densità zooplanctoniche di Garlate e Adda alle due date di campionamento parallelo. Risulta evidente la notevole perdita di densità nella stazione di valle, In particolare nel prelievo del 15/10.



3.3 Macroinvertebrati bentonici

3.3.1 Zona profonda

I campionamenti della fauna bentonica profonda sono stati effettuati in data 2/10/03 ed hanno preso in considerazione il tratto di Adda compreso tra la località Foppone e la località casa gialla.

Complessivamente sono stati analizzati 6 punti di campionamento con profondità comprese tra 4 e 7 metri. I risultati sono riportati nella seguente tabella:

	Campione n°1 prof. 6m	Campione n°2 prof. 5m	Campione n°3 prof. 7m	Campione n°4 prof. 5m	Campione n°5 prof. 5m	Campione n°6 prof. 4m
<i>Dreissena p.</i>	22	28	0	0	0	0
Oligocheti	1	8	0	5	0	0
Irudinei	2	1	0	0	0	0
<i>Unio sp.</i>	1	1	0	0	0	0
Chironomidae	0	3	0	0	0	0
<i>Ephemera sp.</i>	0	0	3	0	0	1
Nepomorfi	0	0	0	1	0	0
Bivalvi	0	0	0	0	1	0
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	1

Il fondale appare piuttosto compatto, costituito in prevalenza da ghiaia mista a sabbia e limo. Appare evidente che l'unico elemento rappresentato in alcuni zone con valori di rilievo è il bivalve *Dreissena polymorpha* (foto 5). Considerando che l'apertura della benna è di 125 cmq si ricava una densità media pari circa a 7 ind/dmq. Si tenga però presente che questo mollusco è scarsamente accessibile come risorsa alimentare per la fauna ittica, in quanto solo la savetta (*Chondrostoma soetta*) e, in modo più contenuto, il pigo (*Rutilus pigus*) sono in grado di rompere il guscio esterno. Poco rappresentati risultano invece gli oligocheti ed i chironomidi, che dovrebbero invece costituire la componente più importante in questi tipo di substrato.



Foto n° 5 – Molluschi bivalvi appartenenti al genere *Dreissena*

La scarsità di interstizi limita fortemente la presenza delle larve di insetti, rappresentati unicamente da Efemerotteri con qualche individuo del genere *Ephemera* (foto 6). 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.



Foto n° 6 – larva di *Ephemera*

3.3.2 Zona litorale

Per quanto riguarda i macroinvertebrati presenti nella zona litorale sono state analizzate tre zone comprese tra la località Foppone e la trattoria “da Bruno”, a profondità comprese tra 1 e 3 metri. 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 sp.*, macrofita sommersa abbastanza frequente nel tratto di Adda esaminato.

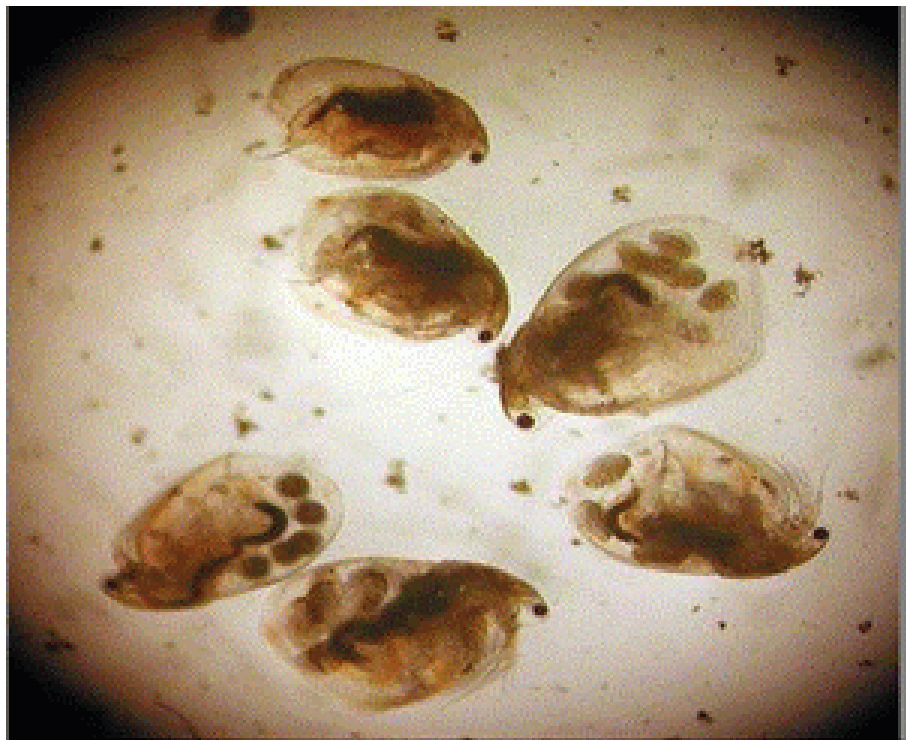


Foto n° 7 – Cladoceri del genere *Simocephalus* presenti nella zona litorale a *Vallisneria* (dimensioni 2-3 mm)

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, quali *Simocephalus sp.* e *Mesocyclops sp.* (foto 7 e 8). A differenza delle specie zooplanctoniche riscontrate nella parte centrale del fiume, che provengono dai bacini lacustri a monte, queste specie litorali rappresentano la parte di copepodi e cladoceri che riesce a svolgere l'intero ciclo vitale nell'ambiente fluviale. 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. Sempre nel secondo tratto esaminato è stata riscontrata anche la presenza di larve di Chironomidi e vari taxa di Gasteropodi, con densità però di minore importanza.

La terza zona indagata, localizzata in prossimità del Foppone, rappresenta sempre un tratto a macrofite sommerse (*Elodea sp.* e altre specie). In questo caso l'ambiente segnala la presenza di invertebrati di maggiori dimensioni, costituiti da larve di Zigotteri (foto 9) e neanidi di Nepomorfi. Le densità sono comunque limitate e non rappresentano una fonte alimentare di rilievo.

1a zona – fondale sabbioso misto a limo

Oligocheti	+
------------	---

2a zona - Vallisneria sp.

<i>Simocephalus sp.</i>	++
<i>Mesocyclops sp.</i>	+
Chironomidae	+
Gasteropodi	+



Foto n° 8 – Copepodi del genere *Mesocyclops*
(dimensioni 1-2 mm)

3a zona - macrofite
sommese varie

Larve di zigotteri	++
Neanidi di Nepomorfi	+



Foto n° 9 – larva di Zigottero

3.4 Popolamento ittico

3.4.1 Indagine con ecoscandaglio

In data 15/10/03 è stato effettuato un sopralluogo sul tratto di Adda oggetto di indagine con l'impiego di un ecoscandaglio, al fine di valutare la consistenza della fauna ittica nella parte centrale del fiume che presenta in genere una profondità superiore ai 6 metri. In realtà l'ecoscandaglio fornisce indicazioni attendibili in ambienti di maggiore profondità, in quanto la fauna ittica non viene disturbata dal movimento del natante. I dati relativi alla zona profonda dovrebbero comunque fornire un quadro indicativo, anche se non in termini assoluti, della densità della fauna ittica nel momento dell'indagine.

I tratti di fiume presi in considerazione sono i seguenti:

1. Sezione trasversale del fiume in località casa gialla.
2. Profilo centrale da trattoria Cantù a località casa gialla.
3. Profilo centrale (zoom fondale) da località casa gialla a ponte piatto.
4. Profilo centrale da Foppone a trattoria da Bruno.

Nel primo tratto analizzato non viene evidenziata la presenza di fauna ittica (figura 25). Il profilo del fondale si presenta molto regolare con una profondità massima di circa 8 metri. La parte litorale appare molto ripida e priva di asperità. La parte centrale della sezione rappresenta il punto fisso di campionamento di acqua e zooplancton.

Il secondo tratto esaminato (figura 26) indica la presenza di 2 esemplari, rispettivamente a circa 2 metri e a circa 5 metri di profondità. Si consideri che la lunghezza di questo tratto di fiume è pari a circa 350 metri. La profondità media si mantiene intorno ai 6 metri, ad esclusione di una buca nella parte finale che raggiunge quasi i 10 metri di profondità.

Nel terzo tratto è stata analizzata con maggiore dettaglio la zona profonda con l'impiego dell'apposito zoom. La lunghezza totale della sezione esaminata è pari a circa 600 metri. L'ecoscandaglio rileva la presenza di un esemplare a circa 6 metri di profondità (figura 27). Il profilo del fondale nella parte centrale si presenta in questo caso molto irregolare, con una buca finale che scende ad una profondità superiore ai 10 metri.

Il quarto tratto preso in esame segnala una maggiore presenza di pesci, compresi tra i 2 ed i 6 metri di profondità (figura 28). La maggiore frequenza di rilevamenti è localizzata nella parte iniziale, in prossimità della zona del Foppone ed in corrispondenza del punto di massima profondità (11 metri). Nella parte centrale è invece rilevabile una notevole risalita del fondale, condizione che può determinare la presenza di zone a debole corrente favorevoli alle specie ittiche più tipiche di acque lentiche. La lunghezza totale del tratto esaminato è pari a circa 750 metri.

I risultati dell'indagine condotta tramite ecoscandaglio indicherebbero pertanto una limitata presenza di fauna ittica ed in particolare l'assenza di banchi di novellame nella parte centrale del fiume. Gli unici rilevamenti sono rappresentati da soggetti in prevalenza singoli o di poche unità.

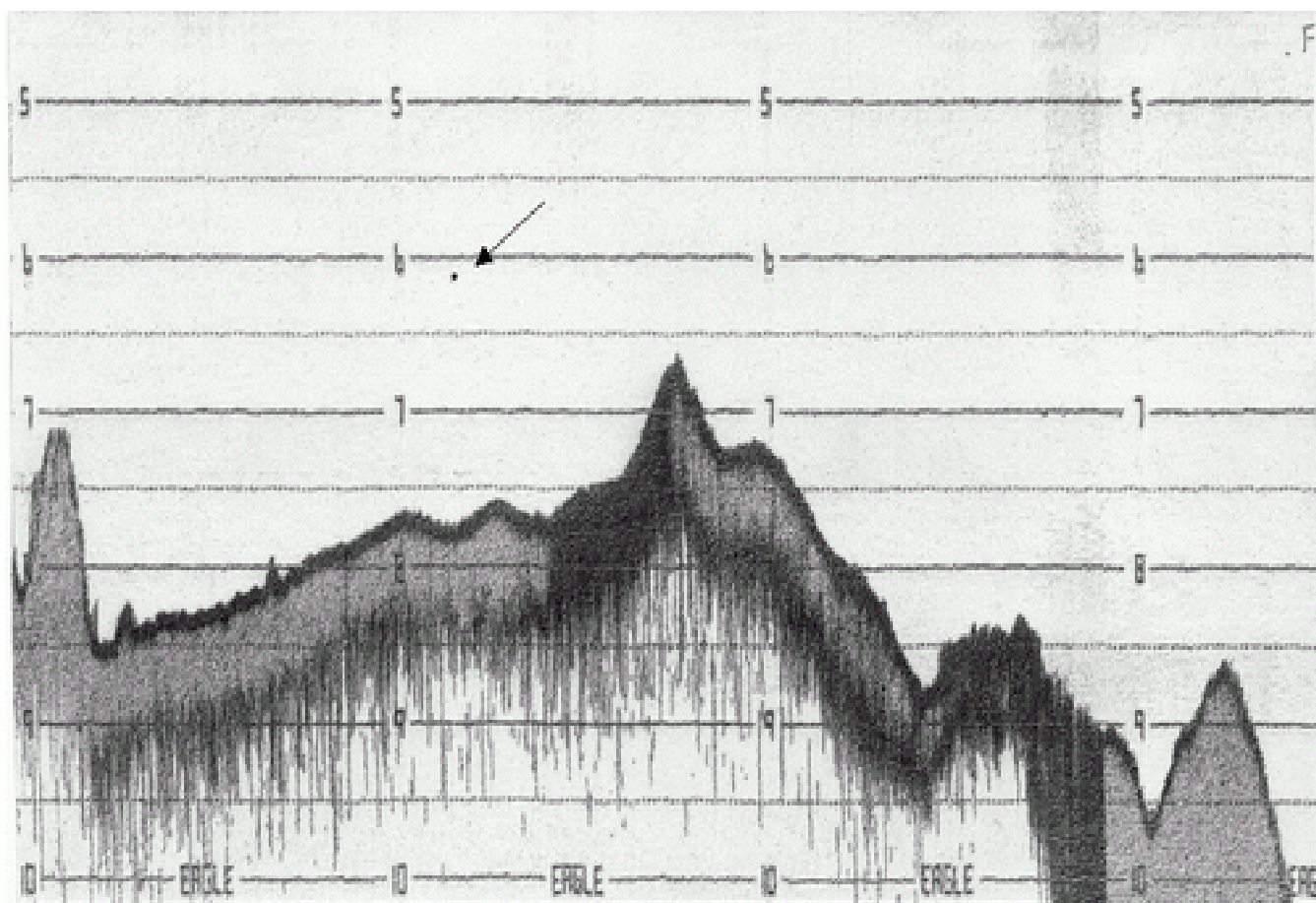


Figura 27 – Profilo fondale (dettaglio zoom) da Casa gialla a Ponte piatto

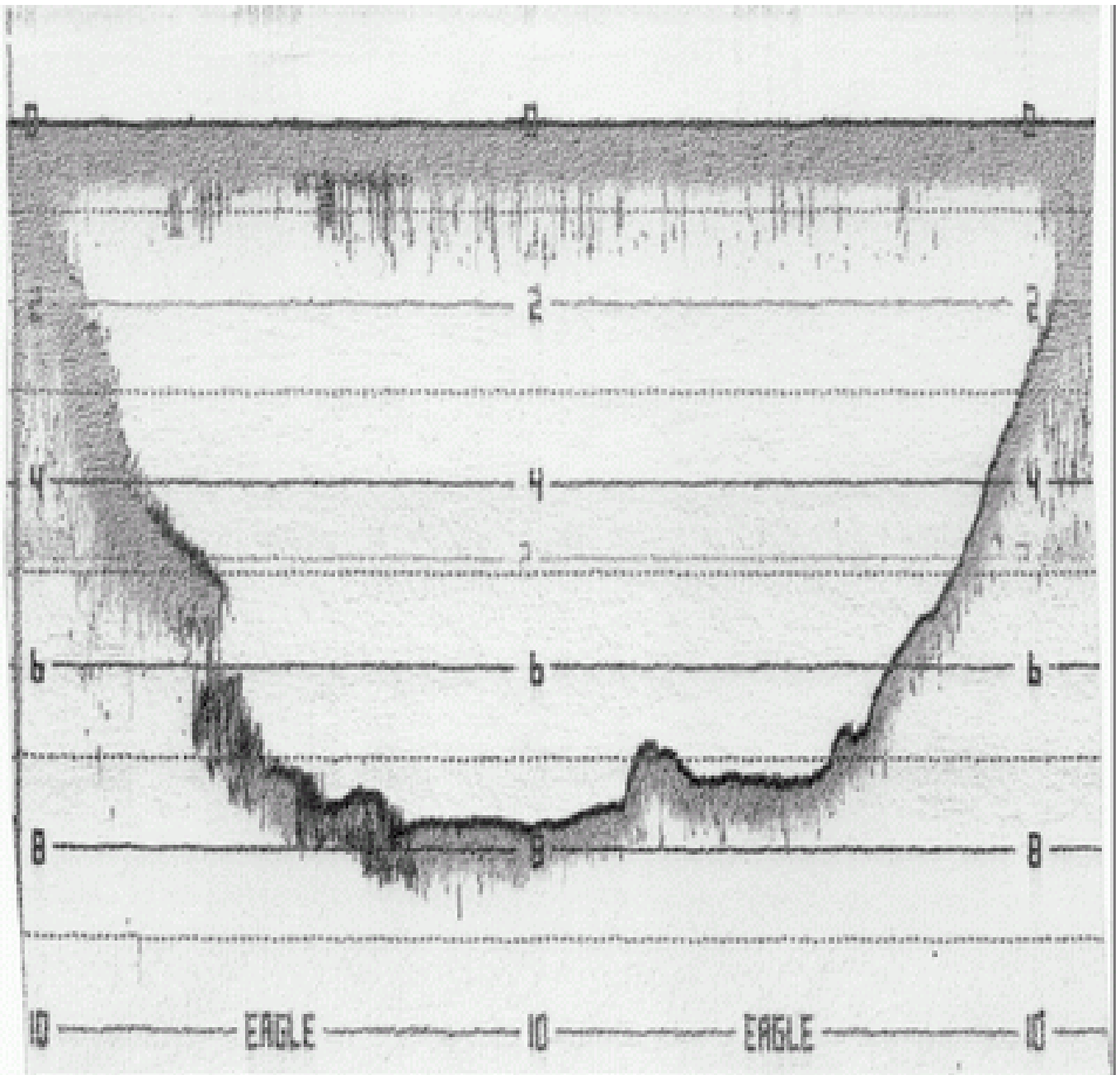


Figura 25 – Sezione trasversale in località casa gialla

Figura 26 - Profilo centrale da trattoria Cantù a Casa gialla

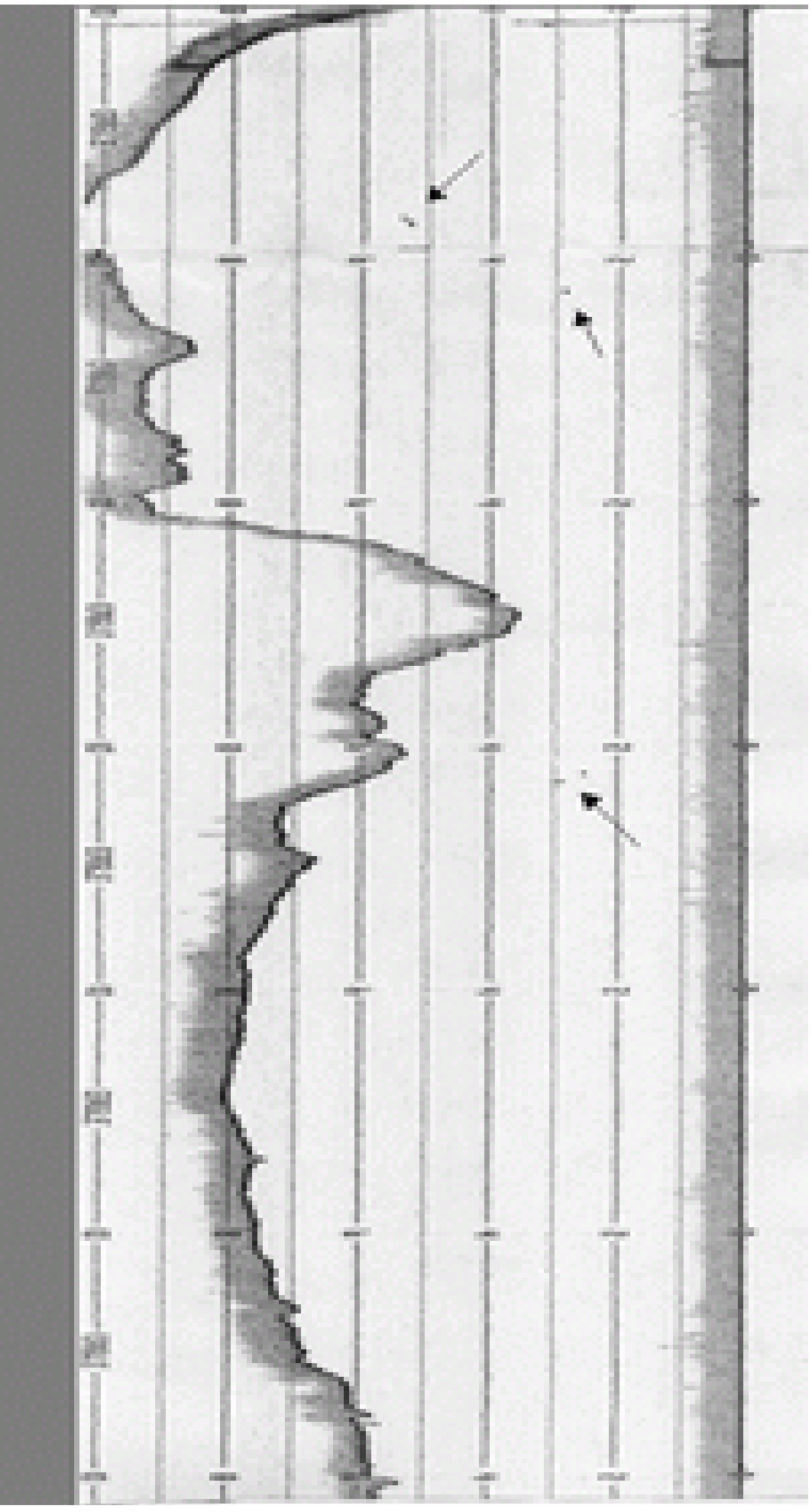
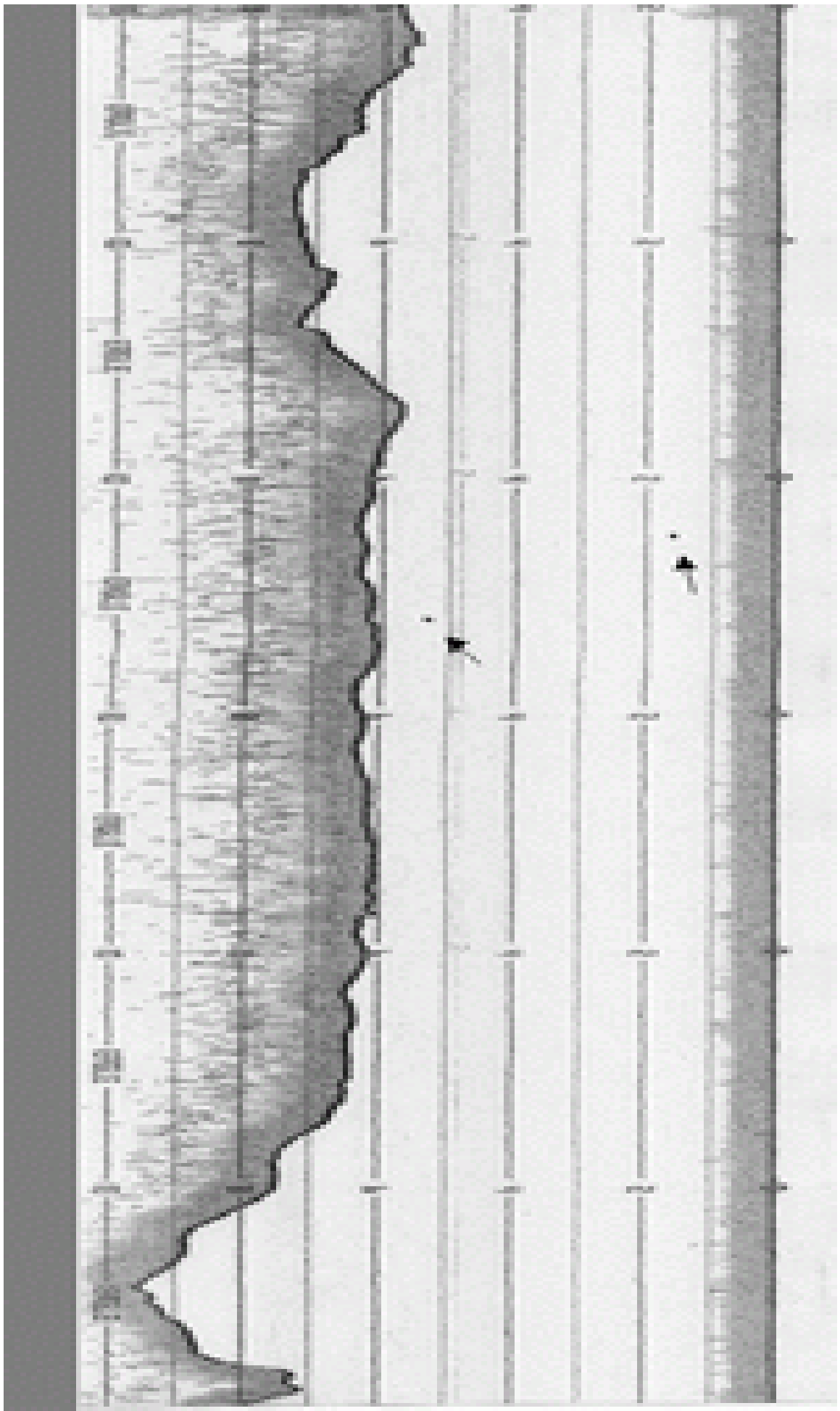


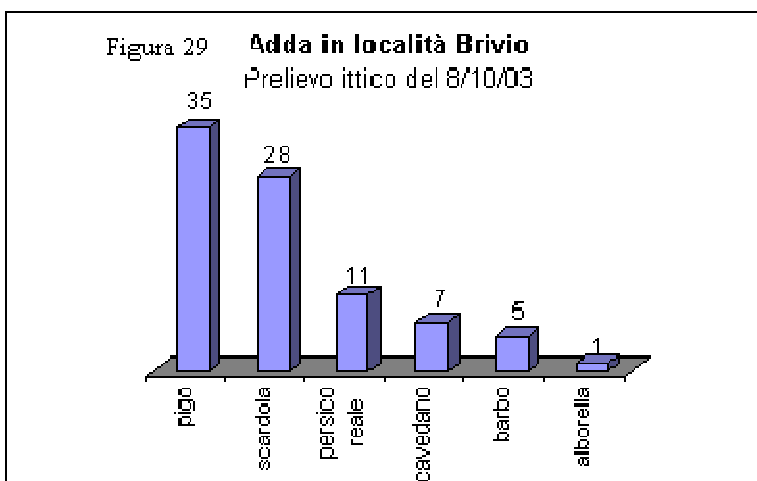
Figura 28 - Profilo del fondale da la calità Fogponne a trattoria Bruno



3.4.2 Analisi dirette

In data 8/10/03 è stato effettuato un prelievo di novellame ittico nel tratto di Adda oggetto di studio. Per l'operazione è stata utilizzata una bilancia di maglia 6 mm. La composizione del campione raccolto è illustrata nella figura 29.

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%). Le altre specie sono presenti con frequenze inferiori; in particolare si evidenzia il persico reale (*Perca fluviatilis*) con 11 soggetti, il cavedano (*Leuciscus cephalus*) con 7 soggetti, il barbo (*Barbus plebejus*) con 5 soggetti e l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*) con un solo esemplare.



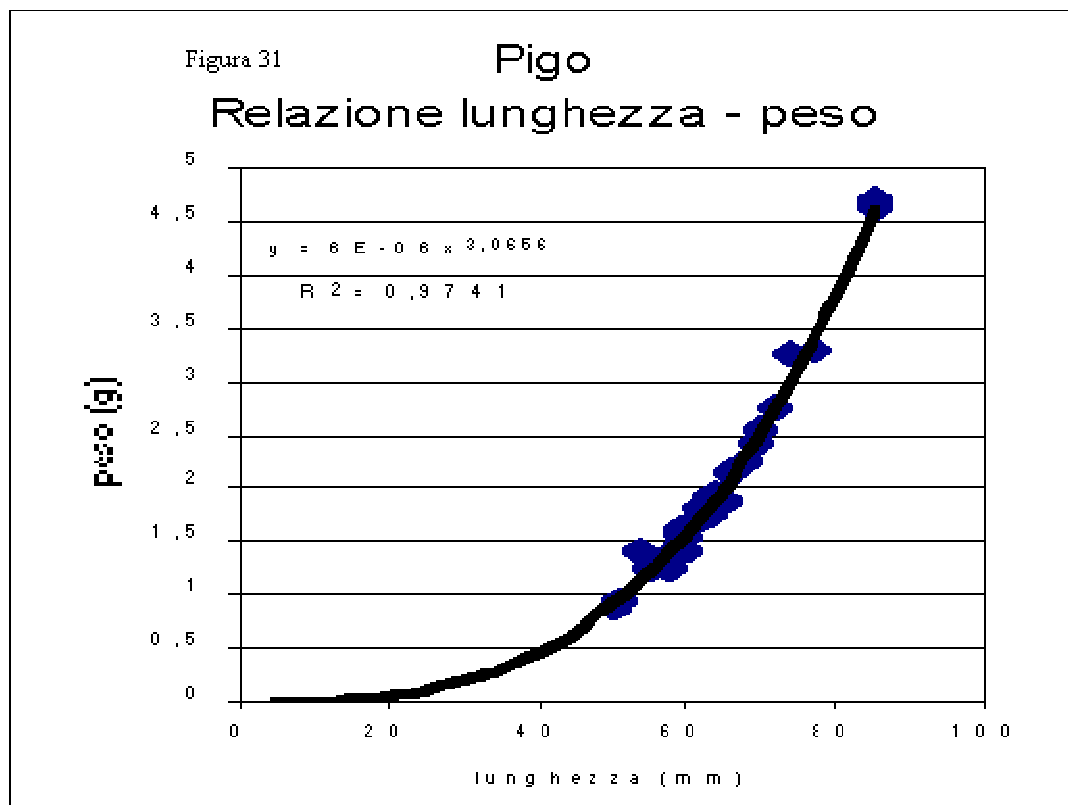
Le specie ittiche presenti nel campione con un numero superiore a 10 soggetti saranno analizzate singolarmente, mentre per quanto riguarda le rimanenti verrà esposto un quadro di sintesi generale.

Per quanto riguarda l'aspetto sanitario, non sono state riscontrate patologie di rilievo nei soggetti esaminati.

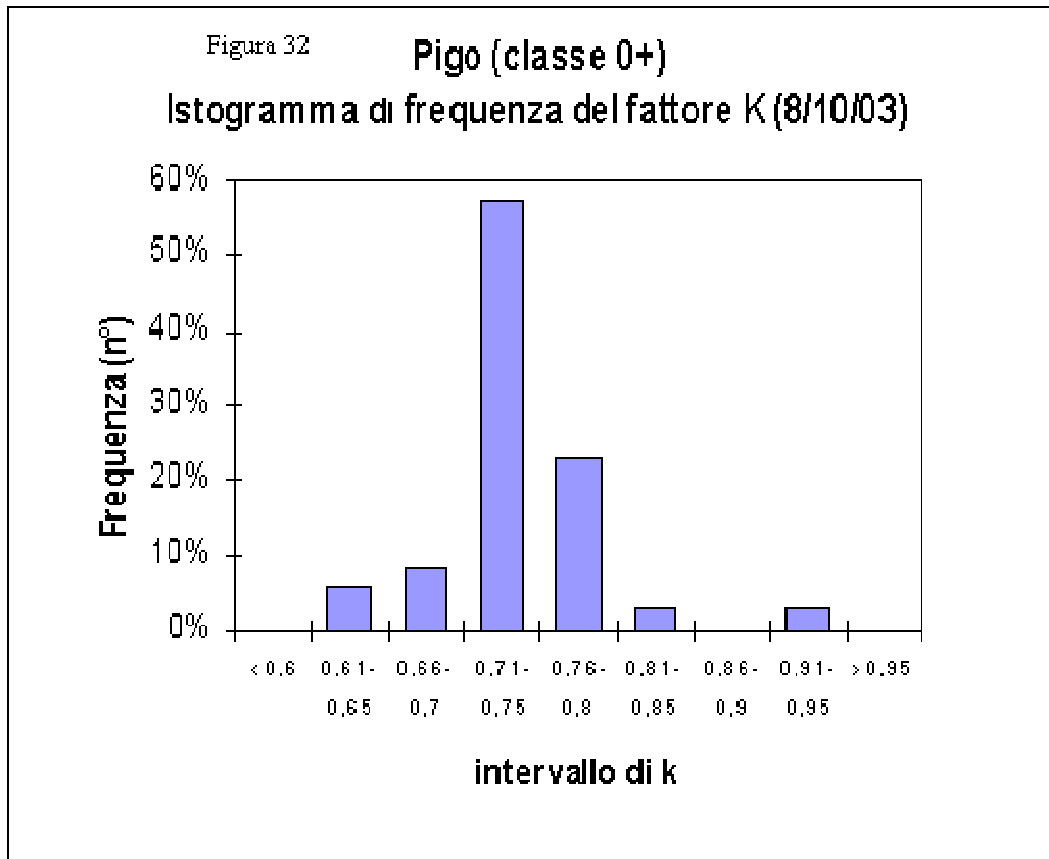
3.4.2.1 Pigo (*Rutilus pigus*)

Tutti i soggetti presenti nel campione appartengono alla classe di età 0+ (nati cioè nell'anno in corso). La lunghezza totale è compresa tra 45 mm e 85 mm. Nella figura 30 è illustrata la distribuzione di frequenza percentuale delle lunghezze. Risulta evidente che l'83% dei soggetti presenta una lunghezza totale compresa tra 50 e 70 mm, mentre la massima frequenza (40%) è relativa all'intervallo 61-65 mm. La lunghezza media risulta pari a 64 mm con una deviazione standard pari a 7,71. Poiché l'accrescimento nel periodo novembre-marzo è quasi nullo, la lunghezza media di ottobre si può considerare come indicativa del 1° anno di età. Il peso medio risulta pari a 2,0 grammi.

L'analisi della relazione lunghezza-peso (figura 31) indica un esponente pari a 3,06 che non evidenzia pertanto una crescita tendenzialmente isometrica perlomeno nell'intervallo di taglia esaminato.



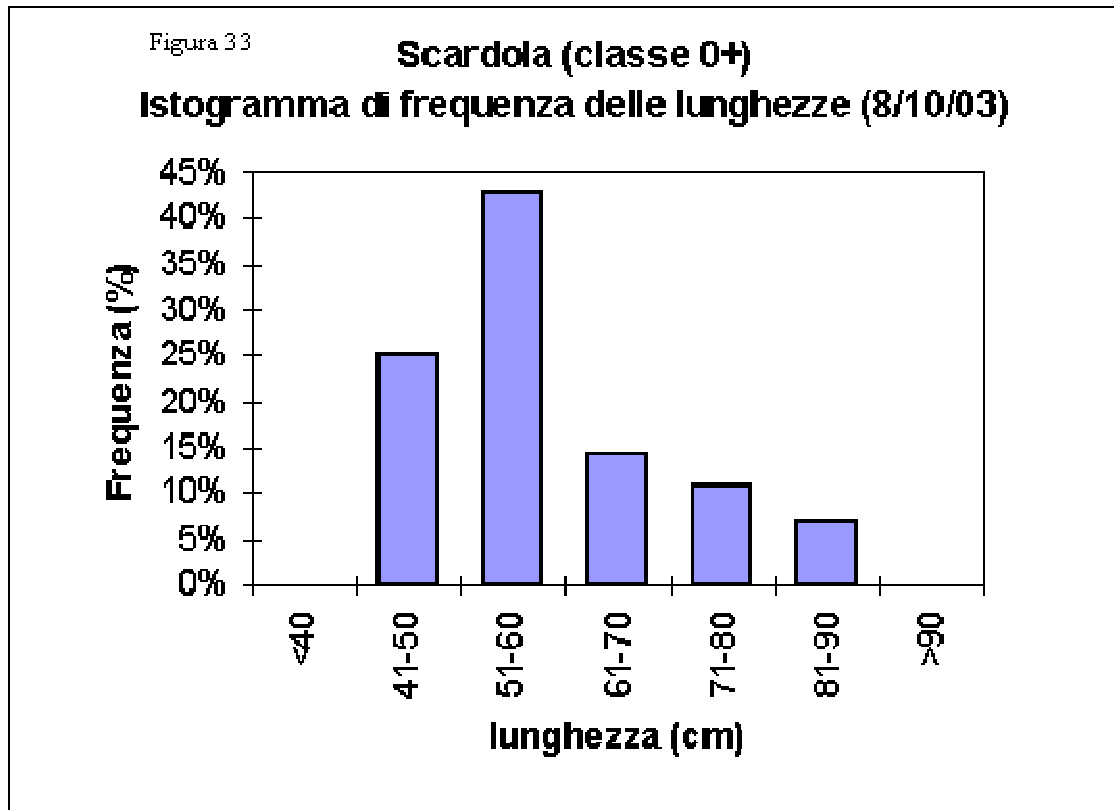
Il fattore di condizione di Fulton indica un valore medio di 0,73 che mette in evidenza una limitata riserva di grassi: nel periodo autunnale il fattore di condizione dovrebbe infatti risultare più prossimo all'unità. Nella figura 32 è illustrata la distribuzione di frequenza percentuale del fattore di condizione K. Risulta evidente che l'intervallo che segnala la maggiore frequenza (57%) è quello compreso tra 0,71 e 0,75. E' presente anche un individuo con valore di K nettamente più elevato (0,9) rispetto alla media.



L'analisi del contenuto alimentare indica la presenza costante di detrito vegetale e l'assenza di forme di origine animale.

3.4.2.2 Scardola (*Scardinius erythrophthalmus*)

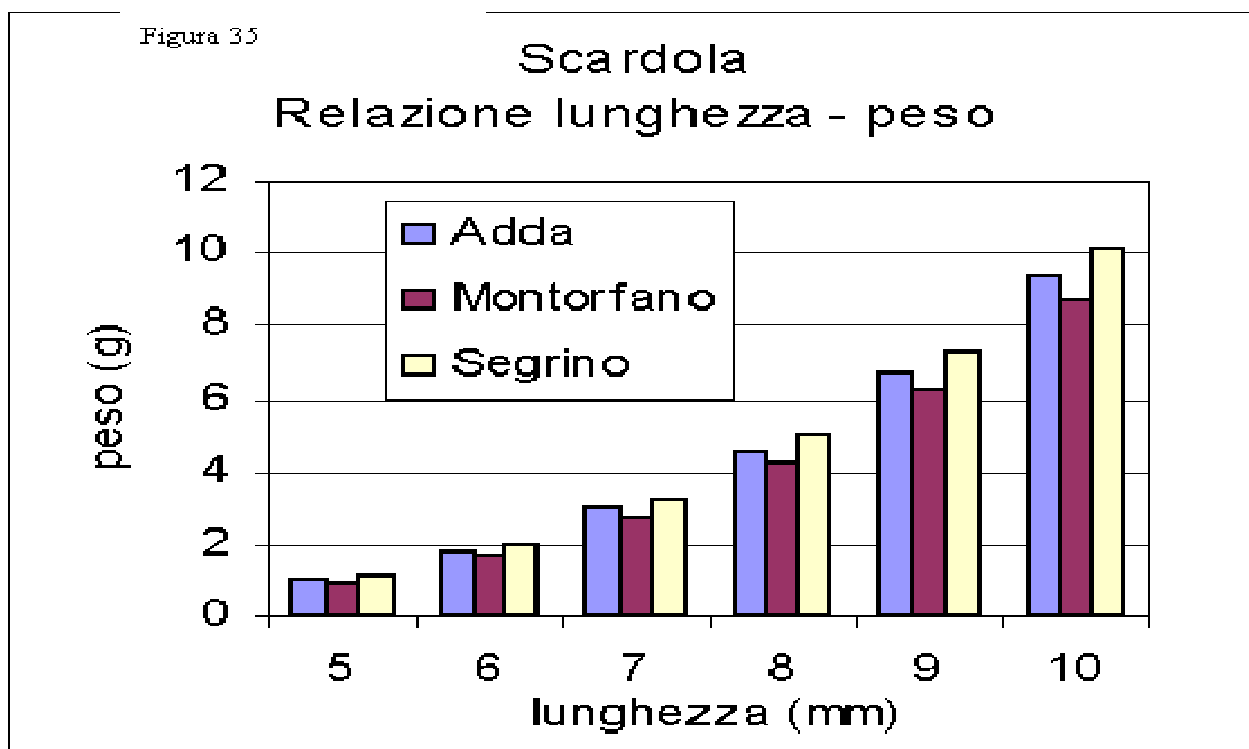
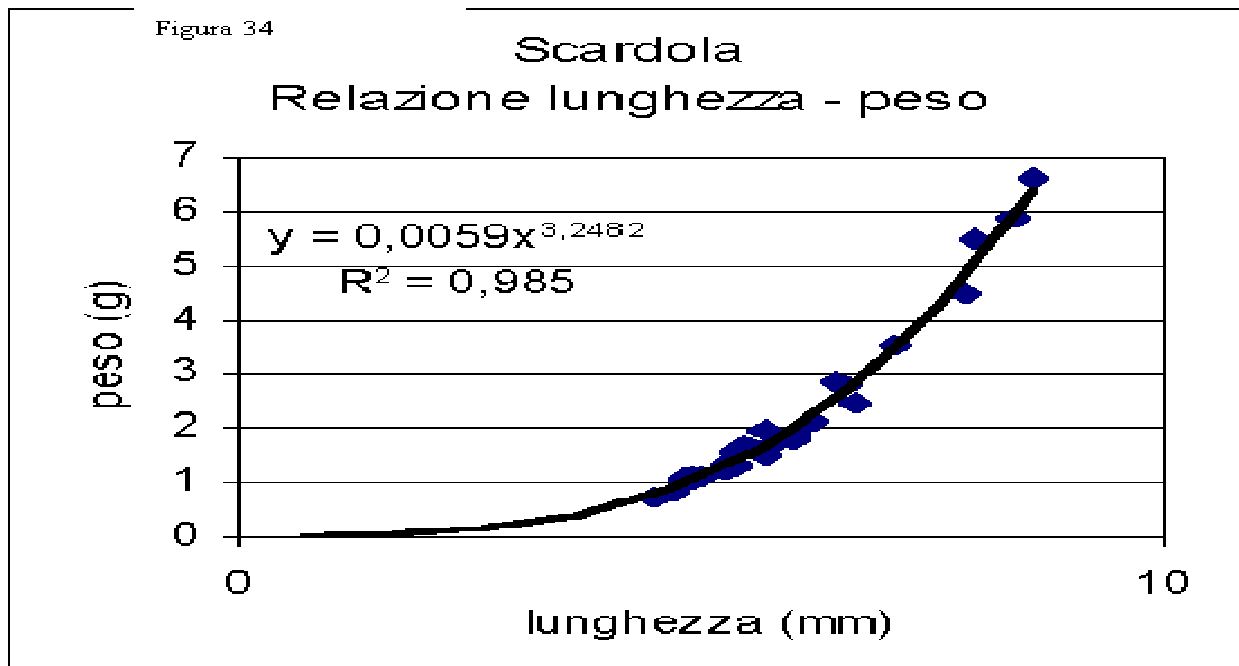
Tutti i soggetti presenti nel campione appartengono alla classe di età 0+ (nati cioè nell'anno in corso). La lunghezza totale è compresa tra 45 mm e 86 mm. Nella figura 33 è illustrata la distribuzione di frequenza percentuale delle lunghezze. Risulta



evidente che l'82% dei soggetti presenta una lunghezza totale compresa tra 40 e 70 mm, mentre la massima frequenza (43%) è relativa all'intervallo 50-60 mm. La lunghezza media risulta pari a 59 mm con una deviazione standard di 11,4. Poiché l'accrescimento nel periodo novembre-marzo è quasi nullo, la lunghezza media di ottobre si può considerare come indicativa del 1° anno di età. Il peso medio risulta pari a 2,2 grammi.

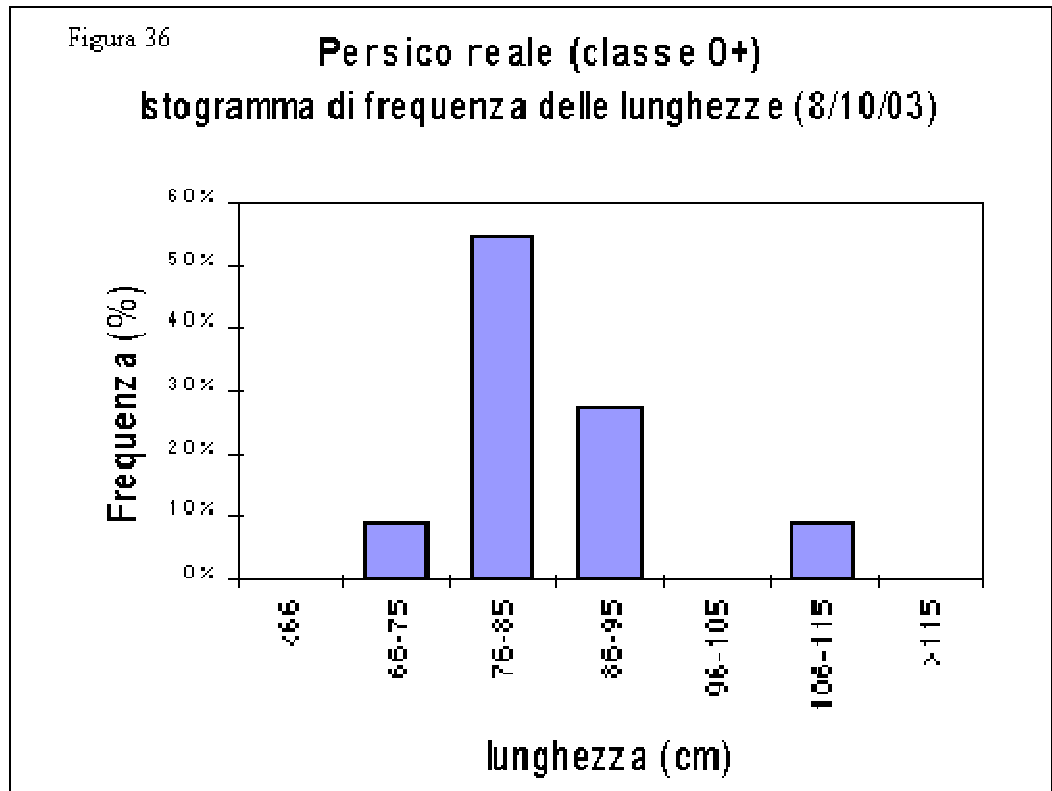
L'analisi della relazione lunghezza-peso (figura 34) indica un esponente pari a 3,2 che indica pertanto un accrescimento allometrico della specie. A titolo di confronto possono essere utilizzate le relazioni lunghezza peso relative al lago del Segrino nel mese di settembre (Negri 1996) ed al lago di Montorfano nel mese di novembre (Negri, 1995). Dalle rispettive relazioni lunghezza-peso è possibile ricavare i pesi medi a parità di lunghezza. Nella figura 35 è evidenziato il confronto tra i campioni di scardola dei tre bacini analizzati. Risulta evidente che il campione di Brivio indica, a parità di lunghezza, un peso medio teorico che si colloca in una posizione intermedia rispetto ai valori leggermente inferiori del Montorfano ed a quelli

leggermente superiori del Segrino. Si consideri peraltro che tali limitate variazioni del fattore di condizione potrebbero essere collegate alla diversa data di campionamento, anticipata per il Segrino (settembre) e posticipata per il Montorfano (novembre). Il fattore di condizione K indica un valore medio pari a 0,92, confermando uno stato di nutrizione ottimale 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.



3.4.2.3 Persico reale (*Perca fluviatilis*)

Tutti i soggetti presenti nel campione appartengono alla classe di età 0+ (nati cioè nell'anno in corso). La lunghezza totale è compresa tra 74 mm e 108 mm. Nella figura 36 è illustrata la distribuzione di frequenza percentuale



delle lunghezze. Risulta evidente che l'82% dei soggetti presenta una lunghezza totale compresa tra 76 e 95 mm, mentre la massima frequenza (64%) è relativa all'intervallo 76-85 mm. La lunghezza media risulta pari a 85 mm con una deviazione standard di 9,89. Poiché l'accrescimento annuale per questa specie termina nel mese di novembre, la lunghezza media di ottobre si può considerare come indicativa del 1° anno di età.

L'accrescimento lineare del 1° anno di vita risulta sovrapponibile a quello rilevato per il persico reale del lago di Como (Negri 2000), che indica una lunghezza media al 1° anno pari a 87 mm.

Il peso medio risulta pari a 6,2 grammi con una deviazione standard di 2,62.

Il fattore di condizione di Fulton indica un valore medio di 0,96. A tale proposito si consideri che questa specie nel periodo autunnale mostra normalmente valori di K superiori all'unità. Un confronto con il lago di Como segnala infatti un K medio di 1,08 a settembre e 1,09 a novembre. Questi valori sono però riferiti in prevalenza a soggetti di età 1+ e pertanto tale confronto non risulta del tutto corretto a causa della crescita allometrica del persico reale.

Un confronto più indicativo è ricavabile dai dati relativi ai laghi di Montorfano (Negri, 1994) e Segrino (Negri, 1996), basati sulla classe di età 0+ nel periodo autunnale.

Nella seguente tabella sono indicati i valori medi relativi ai parametri lunghezza totale, peso e fattore di condizione nei tre bacini considerati.

Classe 0+	Lunghezza media (mm)	d.s.	Peso medio g	d.s.	K	d.s.
Adda a Brivio 08/10/03	85	9.89	6.2	2.62	0.96	0.06
Lago di Montorfano 17/10/94	98	7.21	9.3	2.31	0.97	0.08
Lago del Segrino 10/09/96	92	9.74	8.2	2.62	1.03	0.13

Risulta evidente che nei due bacini lacustri è rilevabile un accrescimento lineare maggiore nel 1° anno di vita, legato alla maggiore produttività di questi ambienti. Per quanto riguarda il fattore di condizione non sono però riscontrabili differenze importanti tra i corpi idrici considerati, con valori compresi tra 0,96 (Adda a Brivio) e 1,03 (Segrino). Si può quindi concludere che il campione di persico reale prelevato in Adda evidenzia una condizione di normalità per quanto riguarda il rapporto lunghezza-peso e non indica pertanto uno stato di denutrizione.

Non è stata rilevata la presenza di contenuti gastrici.

3.4.2.4 Altre specie ittiche

Vengono di seguito presentati alcuni dati sintetici per le specie ittiche presenti nel campione con un numero inferiore a 10 esemplari.

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). La lunghezza media risulta pari a 64 mm, con una deviazione standard di 5,79. Il peso medio è pari a 2,19 g, con una deviazione standard di 0,58. Il fattore di condizione K indica un valore medio di 0,82 (d.s.=0,04). 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). La lunghezza media risulta pari a 76 mm, con una deviazione standard di 11,1. Il peso medio è pari a 4,7 g, con una deviazione standard di 2,35. Il fattore di condizione K indica un valore medio di 1,0 (d.s.=0,02), 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 è presente nel campione con un unico soggetto di età 0+, lunghezza 39 mm e peso 0,39 grammi. Nella tabella seguente è riportato un quadro riassuntivo del campione esaminato.

Classe 0+	Lunghezza media (mm)	d.s.	Peso medio g	d.s.	K	d.s.
Cavedano (<i>Leuciscus cephalus</i>)	64	5.79	2.2	0.58	0.82	0.04
Barbo (<i>Barbus plebejus</i>)	76	11.10	4.7	2.35	1.00	0.02
Alborella (<i>Alburnus alburnus alborella</i>)	39	-	0.39	-	0.66	-

4 - Conclusioni

Per quanto riguarda le analisi relative alla qualità dell'acqua non sono stati evidenziati fattori negativi di particolare rilievo. Da segnalare la elevata temperatura rilevata alla prima data di campionamento (26/6), con un valore minimo sulla colonna d'acqua superficie-fondo pari a 22,7°C. Ciò rappresenta certamente un fattore limitante per quanto riguarda la presenza di specie ittiche appartenenti alla famiglia dei Salmonidi. Un altro dato negativo è il picco di concentrazione di azoto nitroso (32 µg/l) relativo al 2/10, che risulta però limitato nel tempo. Questo composto deriva comunque dall'epilimnio del lago di Garlate in seguito ai normali processi fotosintetici e non rappresenta quindi un fattore inquinante diretto. Qualche carico inquinante di probabile origine civile nel tratto compreso tra Garlate e Brivio è invece evidenziato dall'azoto ammoniacale, che non raggiunge però livelli preoccupanti (< 110 µg/l).

La qualità dell'acqua dell'Adda a Brivio è sostanzialmente sovrapponibile alla zona epilimnica del lago di Garlate, come dimostrano le analisi in parallelo effettuate il 2/10 ed il 15/10. Le analisi effettuate sul lago di Garlate indicano che al termine della stagione estiva è presente un considerevole strato anossico al di sotto dei 23 metri di profondità. La risalita di questo strato al termine della stagione autunnale, in seguito alla circolazione termica, potrebbe determinare una condizione di carenza di ossigeno nel tratto di Adda a valle. La concentrazione di riducenti è però limitata e quindi il debito di ossigeno ipolimnico non è preoccupante. Al di sotto dei 23 metri è presente anche un notevole accumulo di ortofosfato, nutriente di base per le componenti vegetali, mentre l'azoto ammoniacale raggiunge concentrazioni elevate al di sotto dei 30 metri. Nonostante le condizioni di totale anossia non è stata rilevata la presenza di idrogeno solforato.

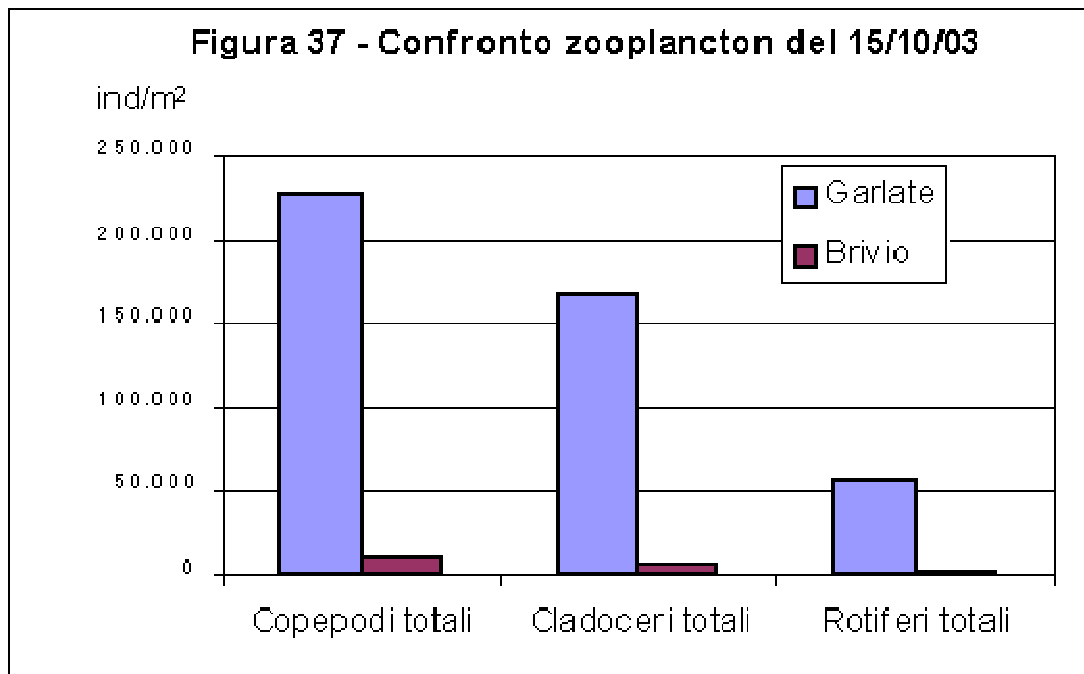
La concentrazione media di fosforo totale durante il periodo autunnale nel tratto di Adda esaminato è pari a 18 µg/l, valore che indica condizioni di oligo-mesotrofia. Il rapporto azoto/fosforo è compreso tra 61 e 109, da cui risulta chiaramente che il fattore limitante della crescita algale è rappresentato dal fosforo.

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 il campionamento 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 in chiara evidenza che circa il 95% dei crostacei

planctonici scompare nel tratto compreso tra i due punti di campionamento (figura 37). Ciò spiega pertanto la risalita del popolamento ittico a valle della diga di Olginate, spinti alla ricerca dello zooplankton in uscita dal lago di Garlate. Nel periodo autunnale è comunque riscontrabile una notevole carenza di questa fonte alimentare.

Il popolamento bentonico non mostra un quadro migliore. Il fondale appare piuttosto compatto, costituito in prevalenza da ghiaia

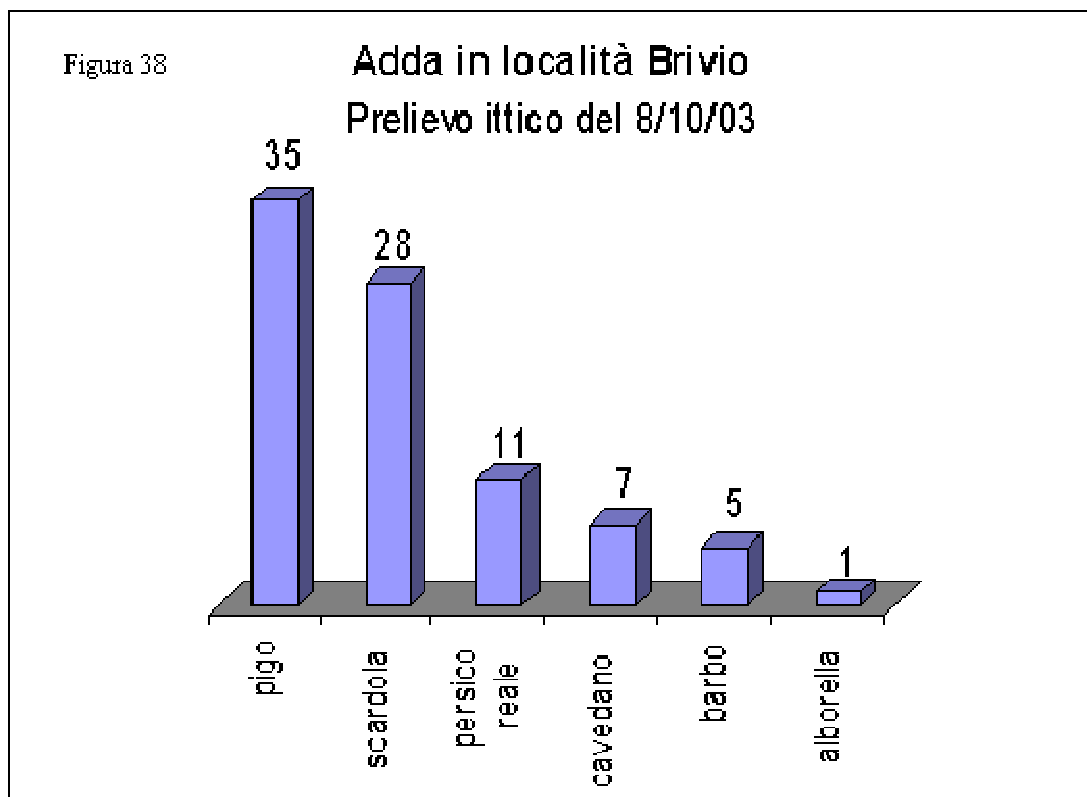


mista a sabbia e limo. L'unico elemento rappresentato in alcune zone con valori di rilievo è il bivalve *Dreissena polymorpha*. Si tenga però presente che questo mollusco è scarsamente accessibile come risorsa alimentare per la fauna ittica. Poco rappresentati risultano invece gli oligocheti ed i chironomidi, 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.

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 sp.*, macrofita sommersa abbastanza frequente nel tratto di Adda esaminato. 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.

Le analisi sul popolamento ittico sono relative ad un campione di novellame prelevato in data 8/10/03 nel tratto di Adda oggetto di studio. La composizione del campione raccolto tramite bilancia è illustrata nella figura 38.



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 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 ottimale 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.

La scardola indica un fattore di condizione medio pari a 0,92, confermando uno stato di nutrizione ottimale 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 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 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.

5 - Proposte operative

Appare evidente che la consistenza del popolamento ittico è direttamente collegata alle disponibilità alimentari di un corpo idrico. Queste a loro volta sono determinate dalla concentrazione di nutrienti di base, quali carbonio, azoto

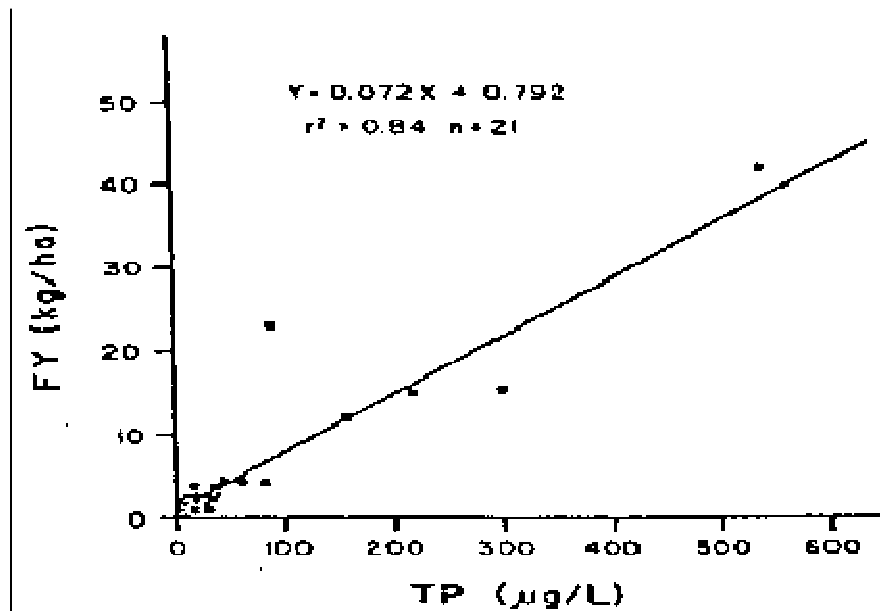


Figura 39 – Relazione tra la concentrazione di fosforo totale e produzione ittica

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 39), la seconda rappresenta una relazione, sempre di tipo lineare, tra la biomassa di macroinvertebrati bentonici per unità di superficie ed il pescato (figura 40). In altri termini ciò significa che all'aumentare della concentrazione di fosforo o di macroinvertebrati bentonici corrisponde un parallelo incremento del pescato in termini di biomassa.

Un altro importante fattore da considerare è che 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 non è possibile la formazione di una catena alimentare che porti alla formazione dello zooplancton, se 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.

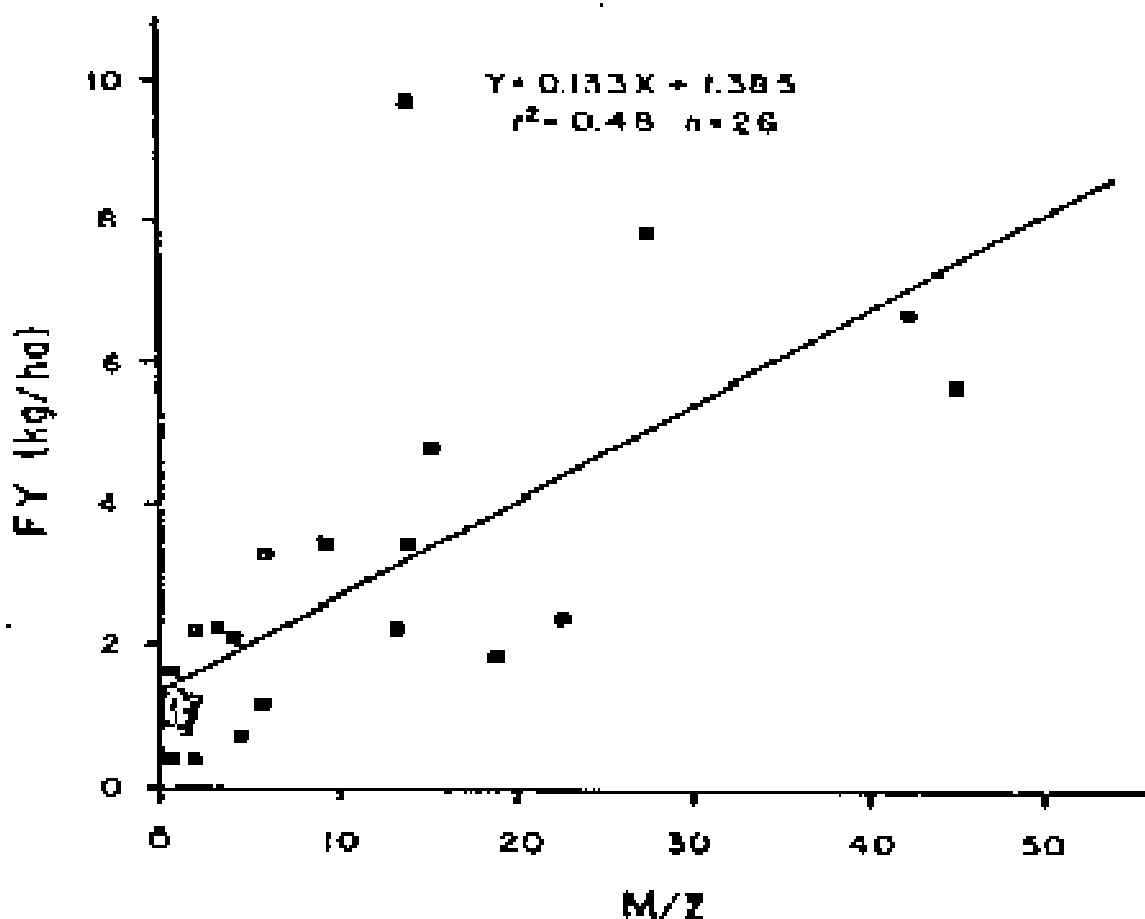
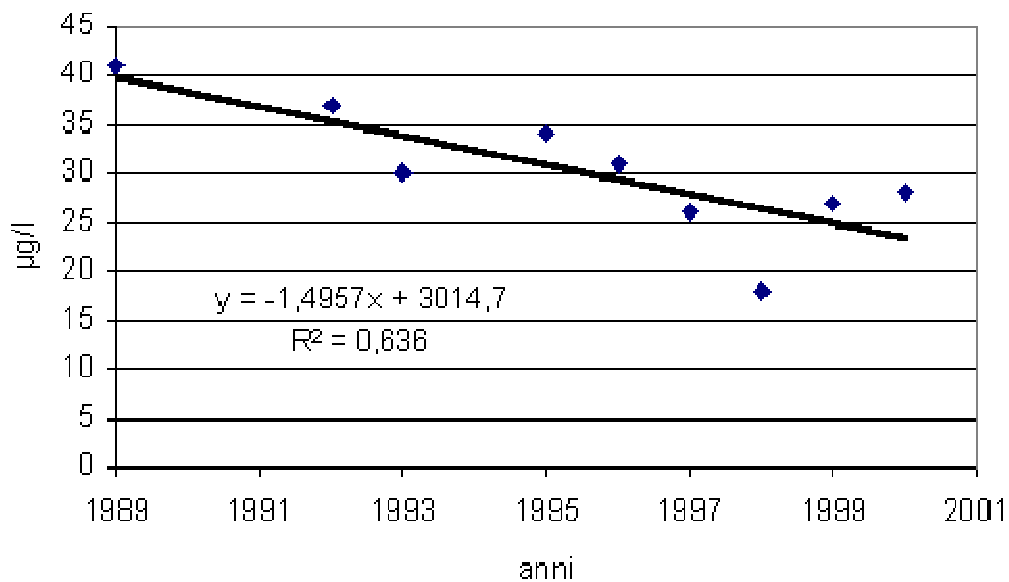


Figura 40 – Relazione tra la biomassa dei macroinvertebrati bentonici e la produzione ittica

Figura 41

Stazione di Abbadia
Concentrazione media ponderata di P totale alla
circolazione primaverile



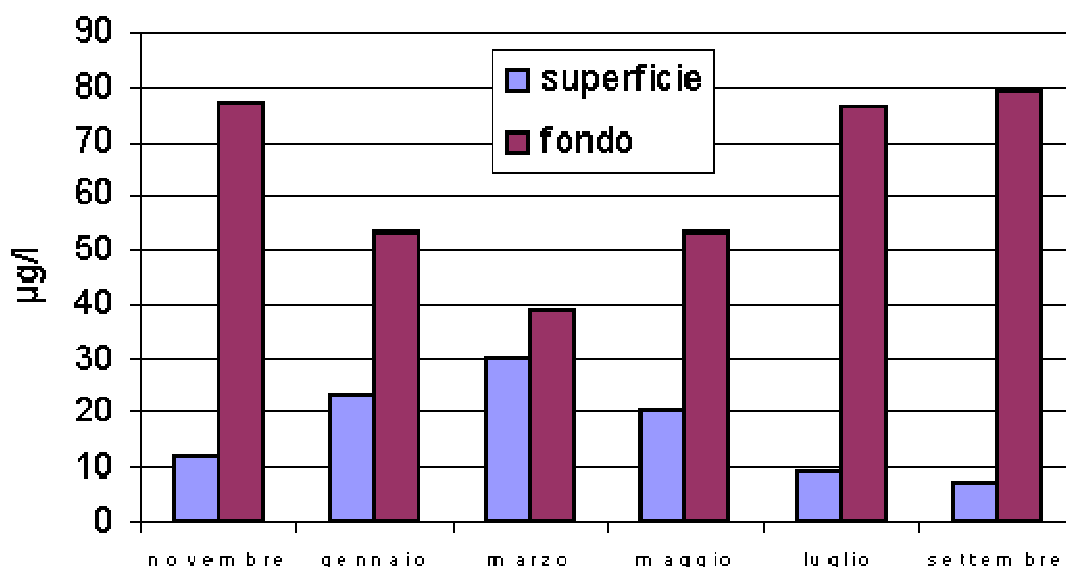
Questa campagna di risanamento ha portato ad un miglioramento della qualità dell'acqua dal punto di

vista estetico e di alcuni usi (balneazione, potabilità), ma ha diminuito le potenzialità produttive dei corpi idrici. Nella figura 41 è illustrata la tendenza evolutiva della concentrazione di P totale dal 1989 al 2000 nella stazione di Abbadia, 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. Per la comprensione di alcuni fenomeni è inoltre fondamentale considerare le dinamiche limnologiche dei corpi idrici da cui l'Adda emissario deriva.

Fig.42

Stazione di Lecco - Evoluzione annuale della concentrazione di P totale (dati 1991-92)



Se si analizza l'evoluzione annuale della concentrazione di fosforo nella stazione di Lecco (dati 1991-92 Chiaudani-Premazzi) risulta evidente che durante i mesi caldi la maggior parte del fosforo è confinato negli strati profondi (figura 42). Ciò rappresenta il risultato della sedimentazione e della conseguente mineralizzazione della sostanza organica quando sono presenti condizioni di stratificazione 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 43).

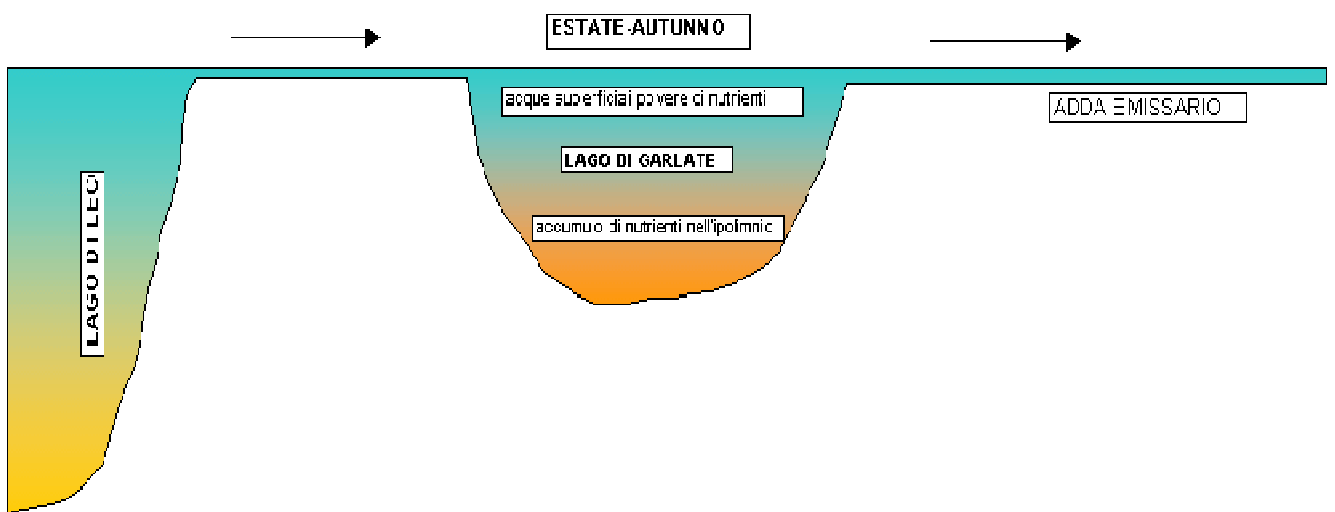


Figura 43 – Dinamiche stagionali dei nutrienti nel sistema idrologico Lago di Como-Garlate-Adda emissario

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 (figura 44).

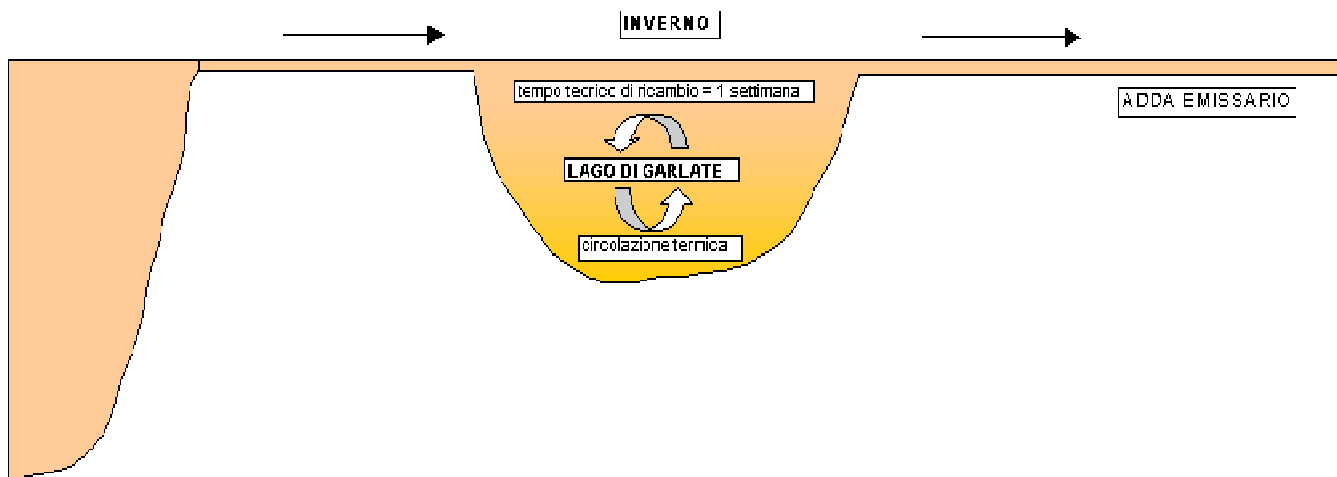
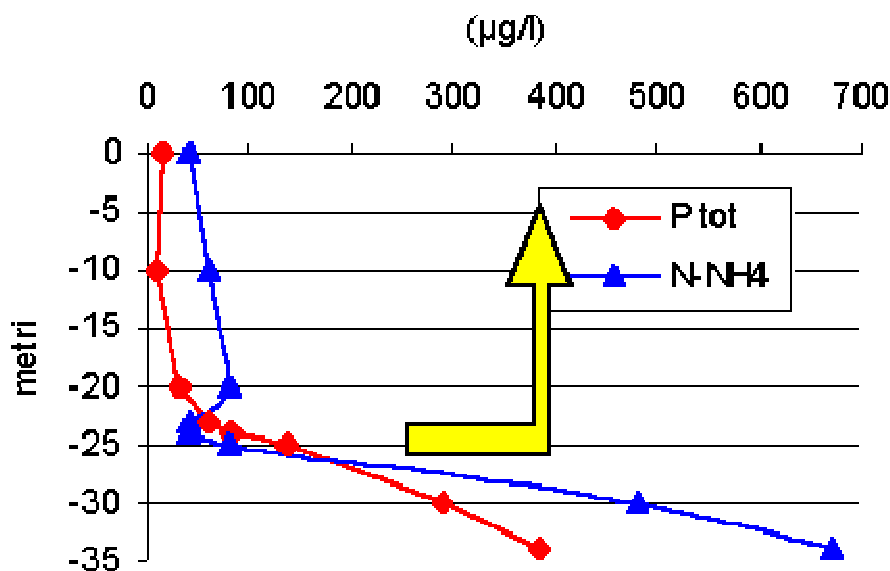


Figura 44 – Dinamiche stagionali dei nutrienti nel sistema idrologico Lago di Como-Garlate-Adda emissario

Un utilizzo più razionale di questa risorsa potrebbe invece migliorare sensibilmente le disponibilità alimentari per il popolamento ittico. In pratica ciò sarebbe ottenibile tramite un prelievo ipolimnico nel lago di Garlate al termine del periodo estivo, al fine di portare i nutrienti nella zona fotica ed aumentare quindi la produzione planctonica durante il periodo autunnale. Ovviamente il prelievo dovrà essere opportunamente calibrato in modo da mantenere una concentrazione di P totale di almeno 30 $\mu\text{g/l}$ contro i circa 15 $\mu\text{g/l}$ attuali. La zona ottimale di prelievo è compresa tra i 25 ed i 30 metri, dove si raggiungono concentrazioni di ortofosfato comprese tra

130 e 290 $\mu\text{g/l}$ (figura 45). Particolare attenzione dovrà essere posta nel controllo del rapporto N/P, al fine di

Figura 45 - Garlate: evoluzione del P totale e dell'azoto ammoniacale sulla colonna d'acqua



limitare i rischi collegati a fioriture di Cianobatteri che generalmente prevalgono in condizioni di carenza di azoto. E' importante considerare che, nonostante le condizioni anossiche al di sotto dei 23 metri, non è stata rilevata la presenza di idrogeno solforato. Questo composto rappresenta infatti un pericolo perché, oltre a risultare tossico per la fauna ittica, è in grado di ossidarsi per via chimica (anziché biochimica come altri composti riducenti) e provocherebbe quindi un rapido consumo di ossigeno disciolto negli strati superficiali. Anche la concentrazione di azoto ammoniacale risulta contenuta fino a 25 metri (80 µg/l), mentre sale a circa 500 µg/l a 30 metri. In questo caso la profondità ottimale di prelievo dovrà quindi essere calibrata sulla base del rapporto N/P. Il prelievo dall'ipolimnio potrà essere effettuato tramite una aspirazione leggera, distribuendo il volume prelevato su una superficie più ampia possibile nella regione opposta all'emissario. I tubi di prelievo potranno essere mantenuti in sospensione tramite boe di ancoraggio. E' importante però sottolineare che questa ipotesi di intervento richiede ovviamente un apposito progetto preliminare nel quale verranno determinate le modalità ottimali di prelievo, i volumi dei singoli strati tramite le curve batimetriche, eventuali fattori di rischio ed i relativi costi. Un aspetto negativo potrebbe essere la diminuzione della trasparenza in seguito all'aumento della densità fitoplanctonica; questo fenomeno dovrebbe però concentrarsi nella fase iniziale dell'intervento, prima che si raggiunga un rapporto ottimale tra fito e zooplancton che dovrà essere mantenuto. Iniziando l'intervento nel mese di settembre le interferenze con l'uso estetico-ricreativo del lago (balneazione) appaiono peraltro limitate. In questo modo sarebbe quindi possibile ottenere un consistente incremento della densità zooplanctonica nel lago di Garlate e quindi nell'Adda emissario, migliorandone sensibilmente le disponibilità alimentari nel periodo autunnale che sembra rappresentare la fase critica per il popolamento ittico.

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.

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 dal lago di Como.

RINGRAZIAMENTI

- Un ringraziamento particolare a Mario Bandera per la preziosa e valida collaborazione in tutte le fasi di campionamento.
- Un ringraziamento anche a “Paolo” per la gentile disponibilità della barca.