

# Studio idrobiologico di ambienti acquatici golenali del Parco Fluviale del Po e dell'Orba (Alessandria)

Giampaolo Rossetti\*, Marco Bartoli, Lucia Ariotti, Pierluigi Viaroli

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 33A, I-43100 Parma

\* referente per la corrispondenza (giampaolo.rossetti@unipr.it)

*Pervenuto il 17.7.2003; Accettato il 1.10.2003*

## Riassunto

È stata studiata la qualità chimica e biologica di tre ambienti acquatici perifluviali situati nel territorio del Parco Fluviale del Po e dell'Orba: si tratta di una lanca naturale in rapida evoluzione (Lanca della Garzaia di Valenza) e di due laghi di cava, il primo poco profondo (circa 4 m) e parzialmente rinaturalizzato (Terzo Casone), il secondo con una profondità massima di circa 30 m (Brusa Vecchia). L'obiettivo principale della ricerca era fornire un quadro di base delle caratteristiche idrobiologiche degli ambienti da utilizzare come riferimento per future azioni di gestione e riqualificazione naturalistico-ambientale delle aree golenali interessate da prelievo di inertici.

Da aprile 2001 a febbraio 2002 sono state raccolte, con frequenza stagionale, serie di dati fisici e chimici delle acque e, nei due laghi di cava, sono stati prelevati anche campioni di zooplancton. La Lanca della Garzaia di Valenza presenta caratteristiche tipiche di un ambiente ad elevato trofismo, con alte concentrazioni di clorofilla-*a* fitoplanctonica (fino a oltre 60 µg/L), bassa trasparenza e metabolismo riducente a livello dei sedimenti superficiali. Nel Lago Terzo Casone non si sono mai osservati fenomeni di ipossia. Nella comunità zooplanctonica sono rilevabili forme pelagiche, ma sono numerose anche le specie associate alle formazioni di macrofite riparie e al detrito. Nel Lago Brusa Vecchia l'ipolimnio è risultato pressoché anossico alla fine della fase di stratificazione termica. Nel periodo autunnale gli strati profondi presentano elevate concentrazioni di ammonio (fino a 50 µM). Nel popolamento zooplanctonico prevalgono specie tipicamente pelagiche.

PAROLE CHIAVE: ambienti acquatici perifluviali / qualità delle acque / zooplancton / recupero / gestione

## Abstract

### Hydrobiological study of floodplain water bodies of the Parco Fluviale del Po e dell'Orba (Alessandria)

A study to assess chemical characteristics and zooplankton composition was carried out in three water bodies located in the Po River floodplain within the Parco Fluviale del Po e dell'Orba, namely a shallow oxbow that is undergoing a rapid organic matter accumulation (Lanca della Garzaia di Valenza), and two quarry lakes, the first one with a maximum depth of about 4 m and partly recovered after excavation (Terzo Casone), the second one rather deep (maximum depth of about 30 m) (Brusa Vecchia). The aim of this research was to provide a support for management actions as well as for the evaluation of recovery interventions in perifluvial ecosystems originated by quarrying activities.

From April 2001 to February 2002, physical and chemical parameters were measured at seasonal intervals. Zooplankton samples were also collected from the two quarry lakes. The Lanca della Garzaia di Valenza is a hypereutrophic water body, with chlorophyll-*a* peaks over 60 µg/L, low transparency, and reducing sediment. In the lake Terzo Casone, waters were well oxygenated and zooplankton was dominated by littoral taxa, although some pelagic species were also recorded. The hypolimnion of the lake Brusa Vecchia resulted to be almost anoxic at the end of the thermal stratification and with high ammonia concentrations (up to 50 µM) in autumn. Pelagic species were clearly prevalent in the zooplankton community.

KEY WORDS: flood plain water bodies / water quality / zooplankton / recovery / management

## INTRODUZIONE

Nelle golene fluviali sono presenti diverse tipologie di zone umide, come lanche, stagni, fosse e bodri. Negli ultimi 30 anni si è assistito a un crescente sviluppo di studi riguardanti questi ecosistemi ed è stata evidenziata l'importanza degli ambienti acquatici

marginali in termini di funzioni ecologiche e valore ambientale relativi a laminazione delle piene, abbattimento dei carichi inquinanti, ricarica degli acquiferi, mantenimento dell'eterogeneità degli habitat e della biodiversità, ecc. (CUMMINGS, 1974; WETZEL, 1990;

GOPAL, 1999; MITSCH, 1994; SÖDERQUIST *et al.*, 2000; TURNER *et al.*, 2000; WOODWARD e WUI, 2001). Contemporaneamente si è avvertita l'esigenza di acquisire criteri per la gestione di ambienti artificiali come i laghi di cava, sempre più numerosi nelle fasce golenali, e per il recupero idraulico e funzionale delle lanche (VIAROLI *et al.*, 2002; VIAROLI *et al.*, in stampa).

In questa ricerca sono state studiate le caratteristiche chimiche e biologiche di tre ambienti acquatici perifluviali situati nel territorio del Parco del Po e dell'Orba in Provincia di Alessandria. I tre siti di studio, che hanno origine e morfometria diverse, includono una lanca naturale in rapida evoluzione, un lago di cava di modesta profondità e parzialmente rinaturalizzato ed infine un lago di cava profondo su cui non sono stati ancora effettuati interventi di recupero ambientale. I dati raccolti hanno permesso di analizzare le dinamiche stagionali dei principali parametri di stato trofico delle acque in relazione alla tipologia e all'origine degli ambienti considerati e alla vegetazione dominante e, per i due laghi di cava, anche la successione dello zooplancton. Questa indagine ha come obiettivo principale lo studio comparativo dello stato di conservazione e della qualità degli ambienti acquatici considerati. In particolare sono analizzati alcuni aspetti di struttura, funzioni e successione ecologiche dei laghi di cava al fine di individuare criteri per la mitigazione dell'impatto dell'attività estrattiva. Il lavoro si inserisce nel contesto delle attività del Parco del Po e dell'Orba, che mirano a definire azioni concrete per integrare l'estrazione di inerti, attività tradizionalmente forte nell'area considerata, con la riqualificazione naturalistica e ambientale delle cave dismesse.

## MATERIALI E METODI

Gli ambienti acquatici perifluviali oggetto di studio sono tutti situati all'interno del territorio del Parco del Po in provincia di Alessandria. Sono stati scelti due ambienti artificiali, il Lago Terzo Casone e il Lago Brusa Vecchia, e un ambiente naturale, la Lanca della Garzaia di Valenza (Fig. 1). Sia il Lago Terzo Casone che la Lanca della Garzaia sono all'interno della Riserva Naturale della Garzaia di Valenza, mentre il Lago Brusa Vecchia si trova in zona di salvaguardia.

Il Lago Brusa Vecchia è un grosso bacino con una profondità massima di oltre 30 metri. Non presenta immissari né emissari. L'area golenale che ospita l'invaso viene occasionalmente inondata dalle acque del Po a seguito di piene di forte entità (ad esempio, nel 1994 e nel 2000). La colonizzazione delle sponde, e in generale dell'area perimetrale, da parte di comunità vegetali è a uno stadio iniziale a causa dei lavori di movimentazione di inerti. Nella fascia riparia non sono presenti macrofite radicate. Dal 1996 la cava è interes-

sata da un progetto di ampliamento dell'attività estrattiva e dal contemporaneo recupero ambientale che sarà completato tra qualche anno e che è finalizzato alla creazione di un ambiente umido ispirato alle lanche fluviali.

La Riserva Naturale della Garzaia è situata sulla sinistra idrografica del fiume Po al confine tra le province di Alessandria e di Pavia, 15 km circa a valle della confluenza del fiume Sesia, non lontano dal Comune di Valenza Po. La Lanca della Garzaia, antico meandro del Fiume Po in avanzato stadio di interrimento, costituisce il cuore della riserva. Ha una caratteristica forma a mezzaluna, una profondità di poco superiore a un metro e sponde completamente colonizzate da *Phragmites australis*; in estate parte della superficie è ricoperta da *Nuphar luteum*. I sedimenti superficiali sono soffici e, a giudicare dalla produzione di gas e dall'odore di solfuri, decisamente riducenti. Il Lago Terzo Casone si trova ad ovest della lanca: si tratta di una zona umida di acque basse (profondità massima di circa 4 m), realizzata mediante escavazione di una lanca relitta per creare un sito di nidificazione degli ardeidi e favorire la colonizzazione di altre forme animali legate agli ambienti acquatici. Le rive sono colonizzate da abbondante vegetazione (in particolare da *Carex* spp. e da *Phragmites australis*), mentre nello specchio d'acqua prevale *Nuphar luteum*.

Da aprile 2001 a febbraio 2002 nei laghi Brusa Vecchia e Terzo Casone sono stati effettuati 5 sopralluoghi, con frequenza approssimativamente bimensile; nella Lanca della Garzaia sono stati effettuati solo 3 sopralluoghi (da agosto 2001 a febbraio 2002), in quanto il sito non era accessibile durante il periodo di nidificazione degli aironi rossi.



Fig. 1. Posizione geografica degli ambienti studiati.

Nei due laghi, da una stazione fissata in corrispondenza del punto di massima profondità, ad ogni sopralluogo sono state misurate la trasparenza con disco di Secchi e la temperatura mediante termistor a intervalli di 1 m dalla superficie al fondo. Nel Lago Brusa Vecchia i campioni d'acqua per le analisi chimiche sono stati prelevati con bottiglia Ruttner in superficie e a 1, 2, 4, 8, 16, 24 e 28 m di profondità. Nel Lago Terzo Casone i campioni sono stati prelevati in superficie e a 1, 2, 3 e 4 m di profondità. Nella Lanca è stato prelevato un unico campione di acqua a circa 0,5 m dalla superficie.

In laboratorio sono stati determinati i seguenti parametri: pH; conducibilità elettrica specifica a 20 °C; alcalinità; concentrazioni di ossigeno disciolto; clorofilla-*a* fitoplanctonica; azoto nitrico, nitroso e ammoniacale, organico disciolto e particellato; fosforo reattivo solubile totale disciolto e particellato; silice reattiva disciolta. Sono di seguito riportate le metodiche analitiche utilizzate.

pH: potenziometria, pHmetro titolatore TIM 90 (Radiometer), elettrodo combinato vetro-calomelano GK 2401C (Radiometer).

Conducibilità a 20 °C: conduttimetria, conduttimetro CDM 83 (Radiometer), cella CDC 304 (Radiometer), compensazione automatica della temperatura (T081, Radiometer).

Alcalinità totale: titolazione acidimetrica a punto finale, potenziometria, TIM 90 (Radiometer), compensazione automatica della temperatura (T081, Radiometer) e linearizzazione secondo RODIER (1978).

Azoto nitrico: spettrofotometria di assorbimento molecolare (Beckman DU 65), metodo al salicilato (RODIER, 1978).

Azoto ammoniacale: spettrofotometria di assorbimento molecolare (Beckman DU 65), reazione dello ione ammonio con formazione di indofenolo (APHA, 1975).

Azoto nitroso: spettrofotometria di assorbimento molecolare (Beckman DU 65), reazione di copulazione e diazotazione (APHA, 1975).

Fosforo reattivo solubile: spettrofotometria di assorbimento molecolare (Beckman DU 65), formazione di un complesso fosfomolibdico (VALDERRAMA, 1981).

Fosforo e azoto totale disciolto e particellato: ossidazione in autoclave a 120 °C per 2 ore (VALDERRAMA, 1981).

Silicati reattivi disciolti: spettrofotometria di assorbimento molecolare (Beckman DU 65), metodo al molibdato-cloruro stannoso (GOLTERMAN *et al.*, 1978).

Clorofilla-*a* fitoplanctonica: estrazione con acetone al 90%, lettura spettrofotometrica con metodo tricromatico secondo PARSON e STRICKLAND (APHA, 1975). Campioni quantitativi di zooplancton sono stati rac-

colti dai punti di massima profondità mediante una rete con apertura di maglia di 50 µm nei laghi Brusa Vecchia (lungo un profilo compreso tra 15 m di profondità e la superficie) e Terzo Casone (da -3,5 m alla superficie). I campioni sono stati fissati, immediatamente dopo la raccolta, con formalina neutralizzata a concentrazione finale del 4%. Il conteggio dello zooplancton è stato fatto al microscopio ottico con ingrandimento 100x utilizzando una piastra contaplancton Hydrobios con divisioni di 1,5 mm; sono stati analizzati subcampioni estratti con pipetta Hansen-Stempel da 1 mL dal campione originale portato a volume noto, ripetendo più volte questa operazione fino ad ottenere un consistente numero complessivo di individui conteggiati (almeno 100 per i taxa numericamente più abbondanti). La frazione del campione non conteggiata è stata quindi esaminata per l'individuazione di forme rare. Per l'identificazione dello zooplancton (per lo più a livello di specie) sono state utilizzate le chiavi di classificazione di DUSSART (1969), EINSLE (1996) e STELLA (1984) per i Copepodi Ciclopoidi e Calanoidi, di MARGARITORA (1985), KOROVCHINSKY (1992), ALONSO (1996) e SMIRNOV (1992, 1996) per i Cladoceri, di RUTTNER-KOLISKO (1974), KOSTE (1978), BRAIONI e GELMINI (1983), NOGRADY *et al.* (1995), SEGERS (1995), DE SMET (1996), DE SMET e POURRIOT (1997) per i Rotiferi Monogononti. Il conteggio non è stato fatto per i Protozoi né per alcune forme, per lo più fitali o bentoniche (Turbellari, Gastrotrichi, Nematodi, Tardigradi, Ostracodi, larve di Insetti, ecc.), rinvenute solo occasionalmente.

## RISULTATI

### Parametri fisico-chimici

Per tutto il corso della ricerca il livello idrometrico del Lago Brusa Vecchia ha avuto modeste oscillazioni, nonostante la scarsa piovosità dell'anno 2001 e dei primissimi mesi del 2002. Nelle figure 2a,b,d sono riportati i profili verticali di temperatura, conducibilità e ossigeno disciolto misurati nei 5 sopralluoghi. In febbraio 2002, in occasione della fase di piena circolazione, i valori delle tre variabili sono risultati abbastanza omogenei dalla superficie al fondo, mentre negli altri sopralluoghi il lago è sempre risultato termicamente stratificato, con il termoclino posizionato tra 4 e 5 m di profondità. In giugno e in agosto la temperatura superficiale ha raggiunto un massimo di oltre 27 °C, mentre in prossimità del fondo ha subito modeste variazioni mantenendosi tra 5 e 8 °C (Fig. 2a). La conducibilità presenta in genere valori compresi tra 300 e 500 µS/cm, con massimi nelle acque ipolimniche (Fig. 2b). Da giugno ad ottobre è evidente un picco relativo di conducibilità a -4 m, in prossimità del termoclino. L'andamento dei profili di ossigeno disciolto è simile a

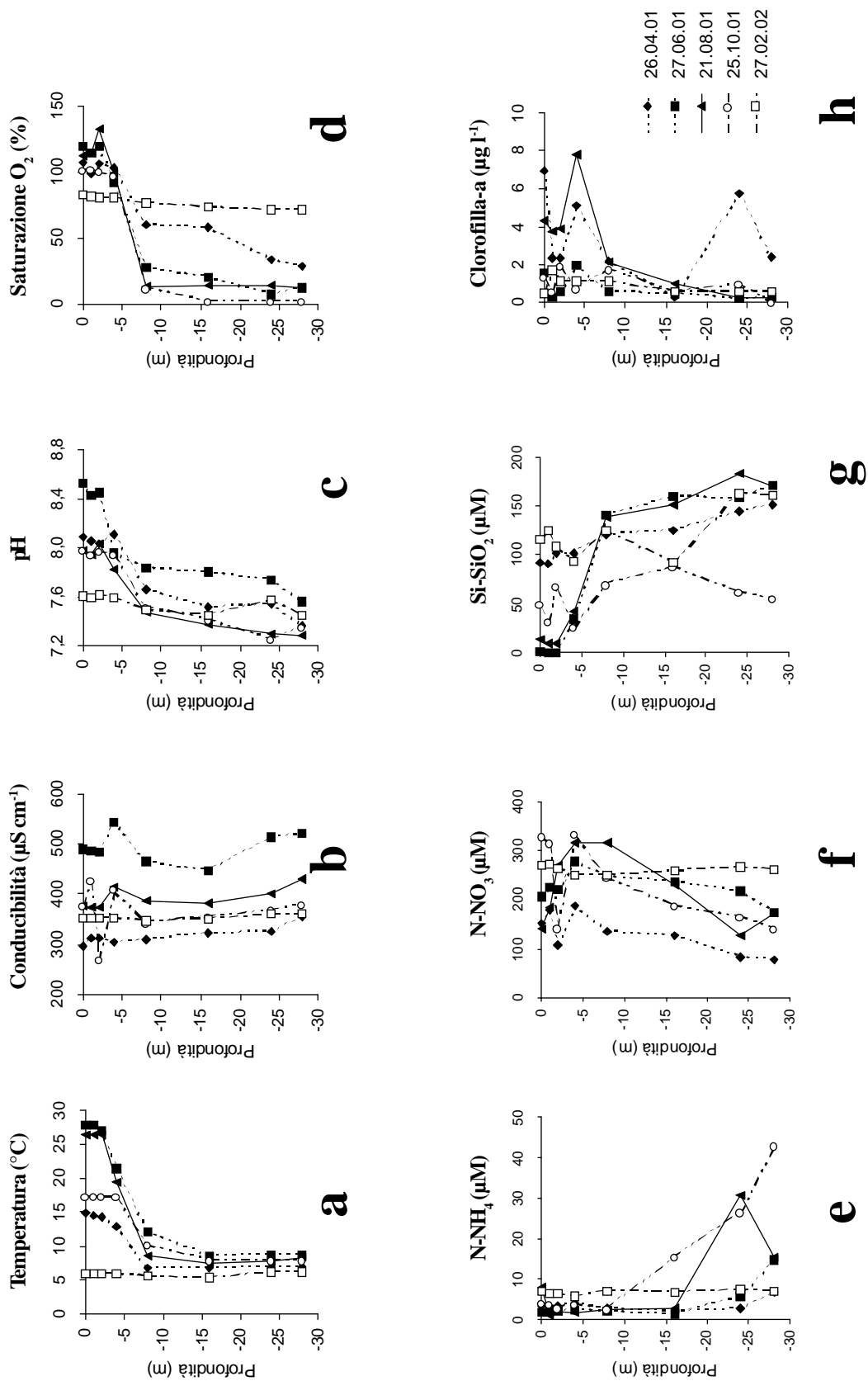


Fig. 2. Profili verticali di alcuni parametri fisici e chimici misurati nel Lago Brusa Vecchia.

quello della temperatura: da aprile a ottobre si nota infatti una brusca diminuzione delle concentrazioni a livello del termocline. Nello strato epilimnico si hanno condizioni di sovrassaturazione da aprile a ottobre, mentre nelle acque profonde si osserva un deficit marcato. Questa condizione diventa estrema in autunno, quando uno strato d'acqua di almeno 18 m è pressoché anossico. È importante notare come condizioni di leggero deficit permanganato anche in febbraio lungo tutta la colonna d'acqua, nonostante la fase di piena circolazione (Fig. 2d). La concentrazione della clorofilla-*a* fitoplanctonica è risultata sempre piuttosto contenuta, con massimi di 5 e 8 µg/L rilevati a -4 m in aprile e in agosto (Fig. 2h). La trasparenza dell'acqua è risultata inferiore a 1,5 m in aprile, giugno ed agosto e leggermente più alta in ottobre e febbraio (~3 m). Le acque del lago sono moderatamente alcaline, con valori di pH compresi tra 7,2 e 8,5 unità (Fig. 2c). L'alcalinità, generalmente elevata, segue un andamento stagionale caratterizzato da minimi epilimnici primaverili e massimi ipolimnici autunnali. L'aumento delle concentrazioni dell'alcalinità ipolimnica è probabilmente dovuto a processi respiratori e di decomposizione che avvengono a livello dei sedimenti superficiali. Le concentrazioni dello ione ortofosfato sono sempre risultate inferiori ai limiti di rilevabilità della metodica analitica utilizzata. Le concentrazioni della silice reattiva disciolta sono minime in giugno nello strato compreso tra 0 e 2 m di profondità, mentre i valori più alti (tra 150 e 180 µM) sono stati determinati nei campioni di fondo prelevati nella stessa data di campionamento (Fig. 2g). L'azoto nitrico è la forma prevalente dell'azoto inorganico disciolto, con profili verticali decrescenti dalla superficie al fondo, con l'eccezione della data in cui si ha piena circolazione (Fig. 2f). L'azoto particellato rappresenta una frazione trascurabile dell'azoto inorganico disciolto (<5%), mentre il fosforo particellato (~1 µM) rappresenta il pool più significativo del fosforo presente nelle acque del lago.

I profili di temperatura, ossigeno disciolto e conducibilità misurati nel Lago Terzo Casone sono riportati nelle figure 3a,b,d. A causa della bassa profondità, si osserva una sostanziale omogeneità lungo tutta la colonna d'acqua; perturbazioni di moderata intensità possono infatti provocare il completo rimescola-

mento della colonna d'acqua in momenti diversi dell'anno. Nei mesi estivi è stata osservata una leggera stratificazione termica, con picchi di 28 °C nelle acque superficiali (Fig. 3a). I valori di conducibilità sono compresi tra 220 e 335 µS/cm (Fig. 3b). Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto sono in genere elevate nelle acque di fondo (Fig. 3d). I valori minimi misurati in giugno a -4 m (saturazione del 34%), non sono comunque limitanti la vita acquatica (PREMAZZI e CHIAUDANI, 1992). Le acque sono moderatamente alcaline con valori di pH compresi tra 7,8 e 8,2 unità (Fig. 3c). Le acque del Lago Terzo Casone hanno bassa trasparenza (sempre inferiore a 2 m e con un minimo di 0,9 m in ottobre) per effetto di una torbidità di tipo siltoso, essendo le concentrazioni della clorofilla-*a* fitoplanctonica piuttosto contenute (Fig. 3h). Le concentrazioni dell'azoto inorganico disciolto sono generalmente modeste, con una netta prevalenza dell'azoto ammoniacale (Fig. 3e,f). Le concentrazioni del fosforo reattivo solubile sono sempre risultate inferiori ai limiti di rilevabilità del metodo utilizzato. Le concentrazioni della silice reattiva disciolta sono comprese tra 30 e 70 µM, con valori minimi coincidenti con i picchi di clorofilla-*a* fitoplanctonica (Fig. 3g). Le concentrazioni dell'azoto organico disciolto sono trascurabili in tutte le date, ad eccezione di ottobre (340 µM). Analogamente, la concentrazione del fosforo organico disciolto in questa data raggiunge valori di circa 32 µM. Le forme particellate di azoto e fosforo hanno concentrazioni rispettivamente comprese tra 2 e 10 µM e tra 0,3 e 1,1 µM; le variazioni di queste quantità riflettono quelle della clorofilla-*a* fitoplanctonica.

I valori di alcune variabili fisiche e chimiche misurate nella Lanca della Garzaia sono riportate in Tab. I. In tutte e tre le date la trasparenza è risultata di poche decine di centimetri. Le concentrazioni particolarmente elevate di clorofilla-*a* fitoplanctonica sono tipiche di ambienti ipereutrofici; parallelamente, le acque sono sovrassature di ossigeno. Le concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti sono estremamente basse, mentre assumono una certa importanza le forme organiche disciolte che raggiungono un picco in ottobre (432 µM per l'azoto e 34 µM per il fosforo, rispettivamente).

**Tab. I.** Valori di alcuni parametri fisici e chimici rilevati nella Lanca della Garzaia di Valenza.

data	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	O <sub>2</sub> (% sat.)	N-NH <sub>4</sub> (µM)	N-NO <sub>3</sub> (µM)	Si-SiO <sub>2</sub> (µM)	Clorofilla- <i>a</i> (µg/L)
21/08/01	21,9	461	7,47	135	1,1	3,6	113	31,08
25/10/01	16,5	462	7,47	114	1,9	4,3	105	47,96
27/02/02	8,0	379	7,60	113	1,4	3,4	44	60,91

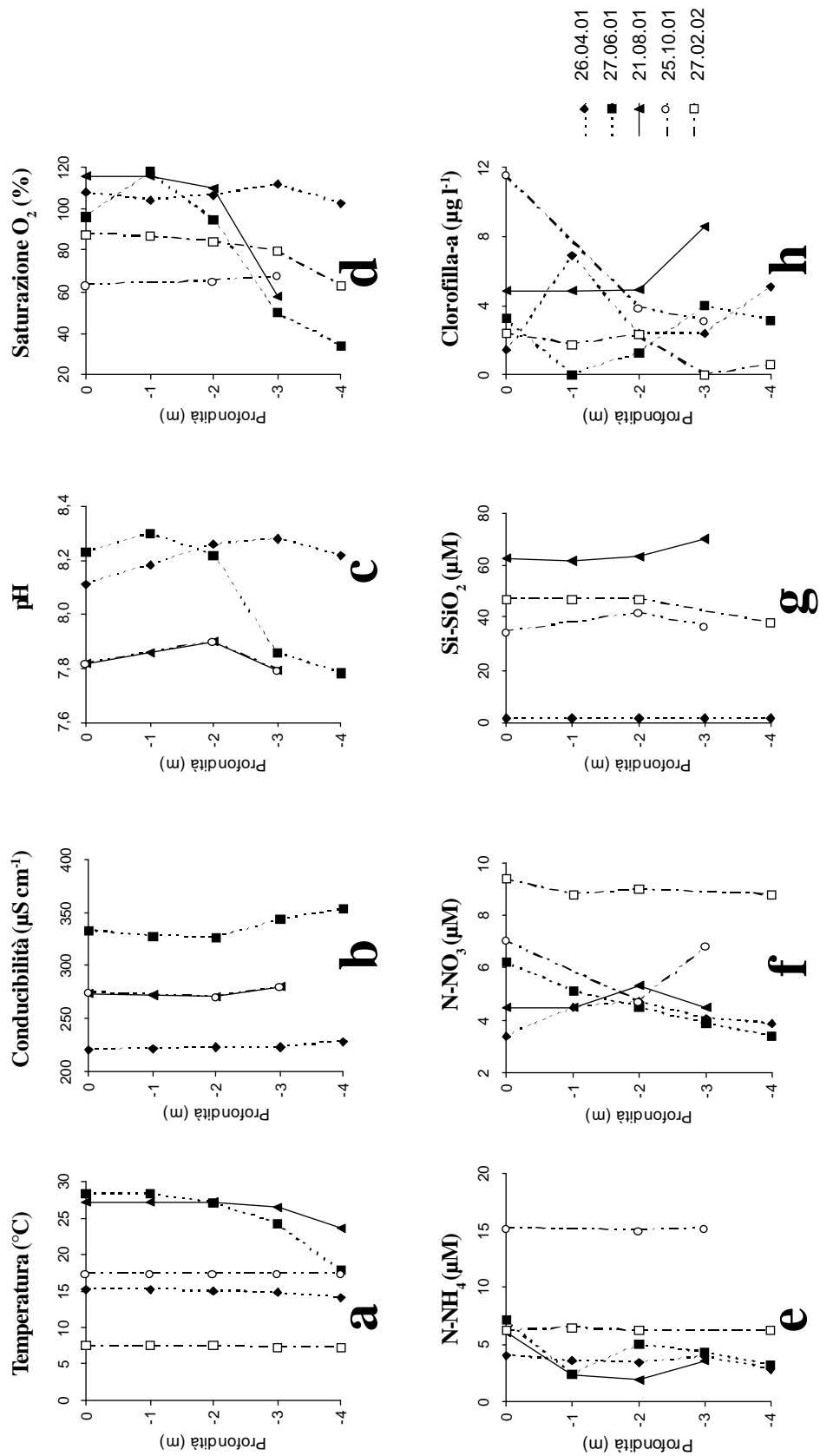


Fig. 3. Profili verticali di alcuni parametri fisici e chimici misurati nel Lago Terzo Casone.

### Popolamenti zooplanctonici

Nel corso della ricerca sono stati complessivamente identificati 46 taxa zooplanctonici, 35 dei quali presenti nel Lago Brusa Vecchia (21 di Rotiferi, 8 di Cladoceri e 6 di Copepodi) e 42 nel Lago Terzo Casone (29 di Rotiferi, 8 di Cladoceri e 5 di Copepodi) (Tab. II).

Nel Lago Brusa Vecchia, pur mantenendosi su valori di abbondanza contenuti, i Rotiferi sono sempre la componente dominante in termini di densità, ad eccezione della prima data di campionamento (Fig. 4a). Il picco di abbondanza della taxocenosi è raggiunto nell'agosto 2001, sostenuto prevalentemente da *Keratella cochlearis* (123 ind/L) e, in misura minore, anche da *Pompholyx triloba* (62 ind/L). Alla netta diminuzione di fine ottobre 2001 segue una sensibile ripresa in febbraio 2002, coincidente con i massimi di *Kellicottia longispina* (83 ind/L) e valori relativamente alti di *Keratella cochlearis* (18 ind/L), mentre tutte le altre specie di Rotiferi si mantengono su valori inferiori a 2 ind/L (Fig. 4b). La specie polifaga *Asplanchna priodonta* è presente in tutte le date di campionamento, ma con densità inferiori a 1 ind/L.

La componente a Cladoceri mostra un andamento caratterizzato da abbondanze relativamente stabili durante tutto il corso della ricerca. In aprile 2001, *Bosmina longirostris* (30 ind/L) mostra i valori più alti di densità e rappresenta di gran lunga la specie dominante tra i Cladoceri (Fig. 4c); nello stesso campione anche *Daphnia* gr. *longispina* raggiunge densità significative (4 ind/L). Nelle date successive si osserva la completa scomparsa di *D.* gr. *longispina* e, fino ad ottobre, una presenza importante della specie congenerica *D. galeata* (con un massimo intorno a 7 ind/L); una terza specie, *D. ambigua*, è stata rilevata nei campioni raccolti durante i primi 4 sopralluoghi, ma sempre con densità trascurabili. Occasionale è la presenza di altre specie di Cladoceri, con densità sempre inferiori a 2 ind/L. Si segnala il rinvenimento di *Diaphanosoma brachyurum* in agosto e ottobre, uno ctenopode a sviluppo estivo.

Anche le densità dei Copepodi, se si esclude il massimo di aprile 2001 dovuto sostanzialmente ai naupli di Ciclopoidi (25 ind/L), mostrano oscillazioni contenute (Fig. 4a). In tutte le date gli stadi immaturi di Ciclopoidi costituiscono la frazione numericamente più importante della componente a Copepodi (Fig. 4d). Gli adulti di *Acanthocyclops* gr. *vernalis-robustus* mostrano un trend di abbondanza chiaramente sfasato rispetto a quello degli adulti delle altre due specie di Ciclopoidi, *Cyclops vicinus* e *Thermocyclops crassus* (Fig. 4e). Sono state identificate due specie di Calanoidi: *Eudiaptomus gracilis* ed *E. padanus*. Nel complesso, i Calanoidi mostrano valori di abbondanza contenuti, con un evidente calo in agosto (Fig. 4f). *E. gracilis*

**Tab. II.** Elenco dei taxa zooplanctonici identificati nei laghi Brusa Vecchia e Terzo Casone.

	Brusa Vecchia	Terzo Casone
<b>ROTIFERI</b>		
<i>Bdelloidea</i>	*	*
<i>Brachionus patulus</i>		*
<i>Brachionus calyciflorus</i>		*
<i>Brachionus angularis</i>	*	*
<i>Brachionus falcatus</i>	*	*
<i>Keratella tropica</i>	*	*
<i>Keratella</i> gr. <i>quadrata</i>	*	*
<i>Keratella cochlearis</i>	*	*
<i>Keratella cochlearis</i> f. <i>tecta</i>	*	*
<i>Keratella cochlearis</i> f. <i>hispida</i>	*	*
<i>Notholca squamula</i>	*	*
<i>Kellicottia longispina</i>	*	
<i>Lecane luna</i>		*
<i>Lecane stenroosi</i>		*
<i>Lecane</i> gr. <i>lunaris</i>		*
<i>Lecane bulla</i>		*
<i>Cephalodella gibba</i>	*	*
<i>Trichocerca similis</i>		*
<i>Trichocerca</i> gr. <i>cylindrica-chattoni</i>		*
<i>Gastropus stylifer</i>	*	*
<i>Ascomorpha ovalis</i>	*	*
<i>Synchaeta</i> spp.		*
<i>Synchaeta</i> gr. <i>tremula-oblonga</i>	*	
<i>Synchaeta</i> gr. <i>stylata-pectinata</i>	*	
<i>Polyarthra</i> spp.		*
<i>Asplanchna priodonta</i>	*	*
<i>Asplanchna girodi-brightwelli</i>		*
<i>Pompholyx triloba</i>	*	*
<i>Filinia opoliensis</i>	*	*
<i>Hexarthra mira</i>	*	*
<i>Conochilus natans-dossuarius</i>	*	*
<i>Collotheca</i> sp.	*	*
<b>CLADOCERI</b>		
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	*	*
<i>Bosmina longirostris</i>	*	*
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	*	*
<i>Daphnia ambigua</i>	*	*
<i>Daphnia</i> gr. <i>longispina</i>	*	*
<i>Daphnia galeata</i>	*	*
<i>Moina micrura</i>	*	*
<i>Chydorus ovalis</i>	*	*
<b>COPEPODI</b>		
<i>Cyclops vicinus</i>	*	*
<i>Acanthocyclops</i> gr. <i>vernalis-robustus</i>	*	*
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	*	*
<i>Thermocyclops crassus</i>	*	*
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	*	*
<i>Eudiaptomus padanus</i>	*	

appare nettamente prevalente su *E. padanus*: quest'ultima specie è infatti presente con adulti solo nel febbraio 2002 e con densità del tutto trascurabili.

Nel Lago terzo Casone i valori assoluti e gli andamenti di densità dello zooplancton sono molto diversi da quanto osservato nel Lago Brusa Vecchia. In aprile 2001 si è registrato il valore di densità totale più basso, intorno a 92 ind/L; il picco stagionale è molto alto (1956 ind/L) e si osserva già in giugno; nei campionamenti successivi si ha una graduale diminuzione delle abbondanze totali, fino a valori di circa 262 ind/L nel febbraio 2002.

Anche in questo caso i Rotiferi sono generalmente la componente numericamente più rilevante; solo nell'aprile 2001 risultano più abbondanti Cladoceri e Co-

pepodi (Fig. 5a). *Keratella* gr. *cochlearis* (comprendente *K. cochlearis* s.s., *K. cochlearis* f. *tecta* e *K. cochlearis* f. *hispida*) costituisce sempre la frazione dominante tra i Rotiferi e il suo trend di abbondanza ricalca quello dell'intera taxocenosi. Altre forme che compaiono con densità rilevanti sono *Conochilus natus-dossuarius* (201 ind/L in giugno) e *Polyarthra* spp. (156 ind/L in giugno) (Fig. 5b). Il genere *Brachionus* è rappresentato da 4 specie, tutte osservate nel periodo estivo-autunnale: *B. patulus*, *B. calyciflorus*, *B. angularis* e *B. falcatus*; quest'ultima mostra densità cospicue, con un massimo di 71 ind/L registrato a fine ottobre. *Asplanchna priodonta* raggiunge abbondanze sensibili in giugno e ottobre (rispettivamente 28 e 15 ind/L) (Fig. 5c). Nelle stesse date è presente anche *A.*

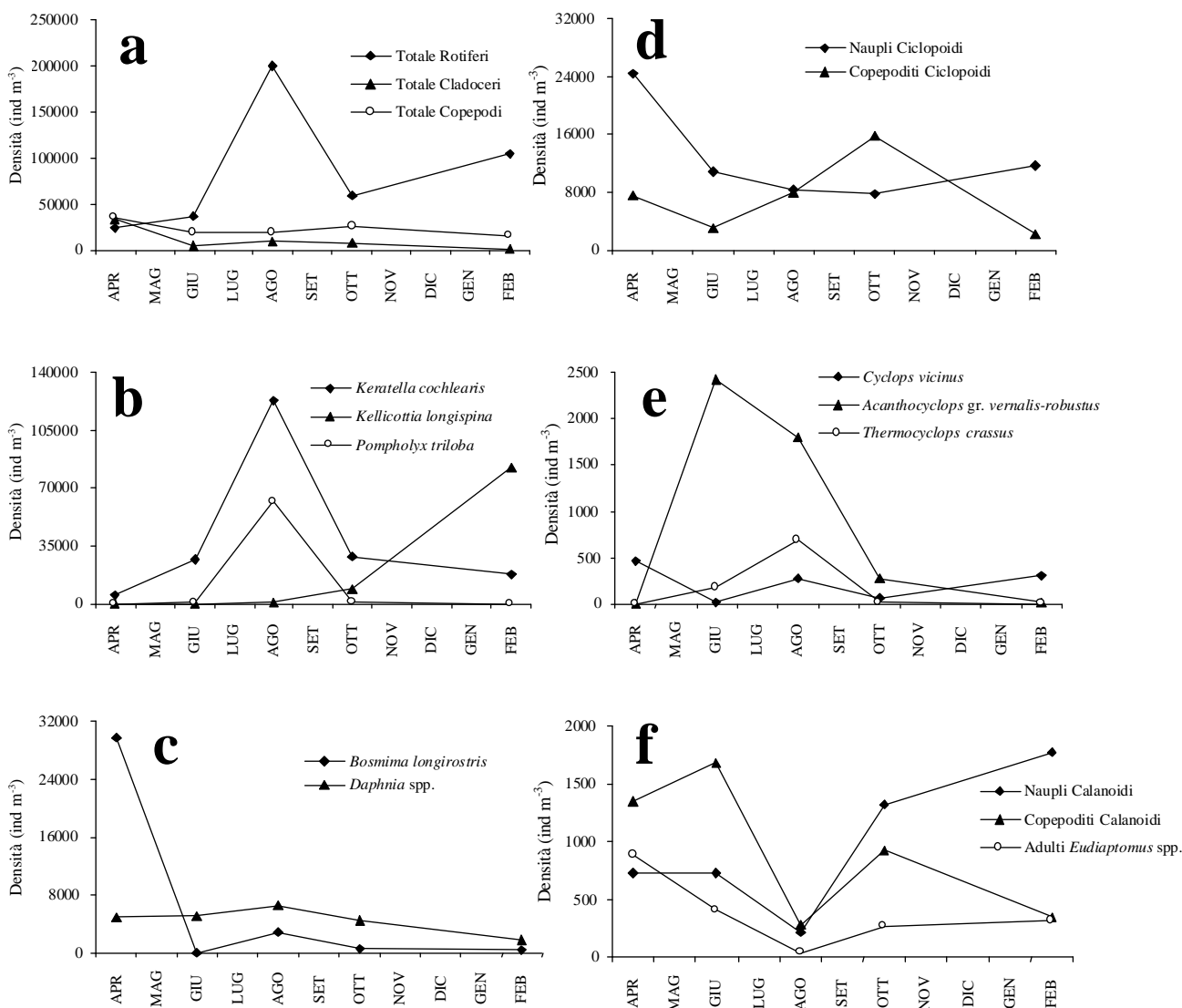


Fig. 4. Successione delle densità dei principali taxa zooplanctonici nel Lago Brusa Vecchia.



*girodi-brighwelli*, ma con densità molto inferiori. Specie appartenenti ai generi *Lecane* e *Trichocerca*, tipicamente associate alla vegetazione acquatica, compaiono occasionalmente nei campioni esaminati.

La taxocenosi a Cladoceri è nettamente dominata da forme di piccola taglia, con un contributo marginale del genere *Daphnia*, anche in questo caso rappresentato dalle stesse specie identificate nel Lago Brusa Vecchia. *Bosmina longirostris* mostra un evidentiissimo picco di densità (283 ind/L) in giugno, dunque ritardato rispetto a quanto osservato nel Lago Brusa

Vecchia. *Ceriodaphnia pulchella* e *Moina micrura* raggiungono i loro massimi stagionali in agosto, rispettivamente con 81 e 11 ind/L (Fig. 5d); *Diaphanosoma brachyurum* anche in questo ambiente compare solo in agosto e ottobre.

Netta è la prevalenza numerica di naupli e copepoditi di Ciclopoidi nella componente a Copepodi (Fig. 5e). Adulti di *Thermocyclops crassus* sono presenti in primavera-estate, con densità di 36 e 39 ind/L in giugno e agosto. Le altre specie di Ciclopoidi identificate (*Cyclops vicinus*, *Acanthocyclops* gr. *vernalis-robustus* e *Me-*

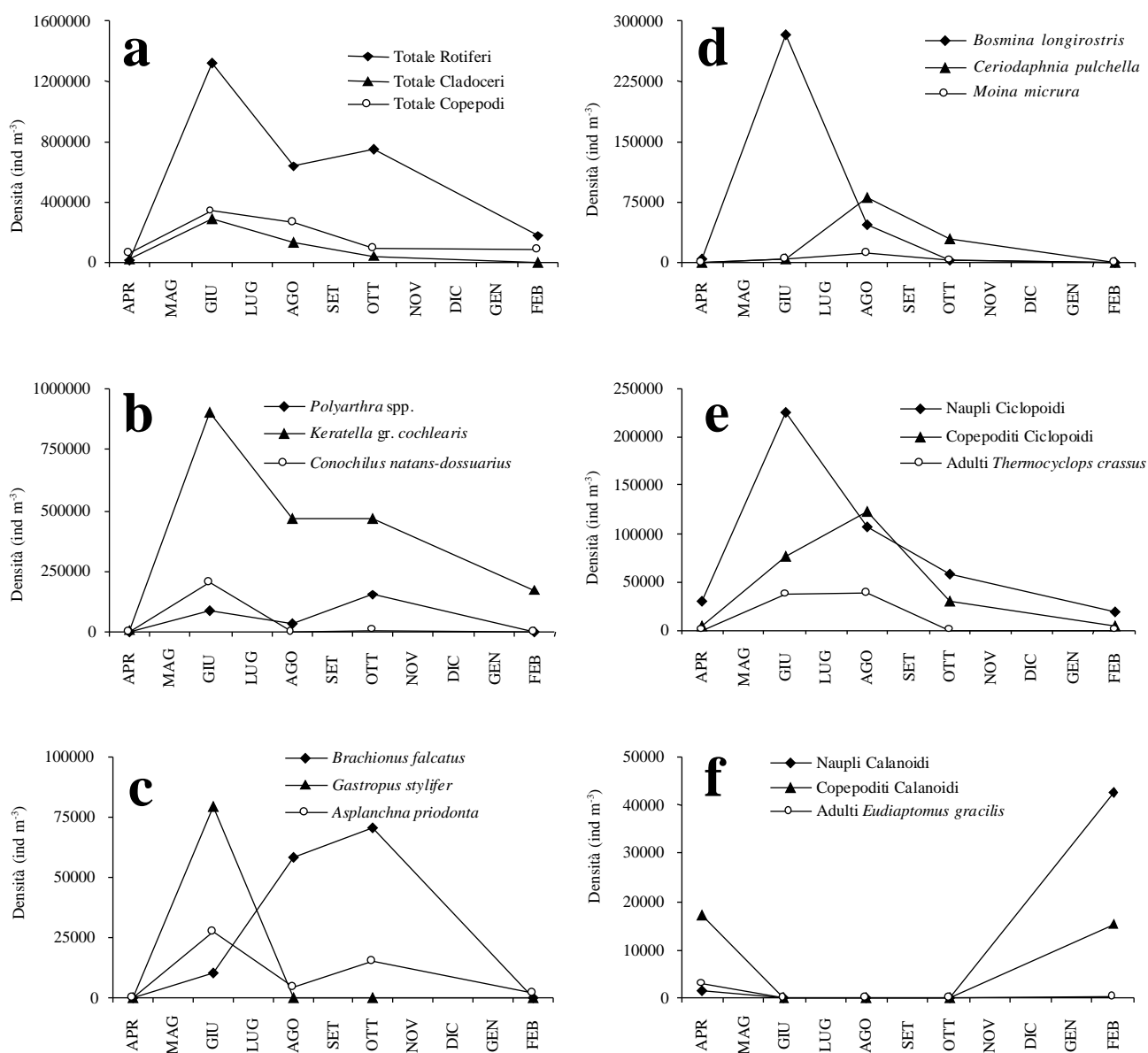


Fig. 5. Successione delle densità dei principali taxa zooplanctonici nel Lago Terzo Casone.

*socyclops leuckarti*) compaiono con adulti solo nelle ultime due date di campionamento. Il calanoide *Eudiatomus gracilis* in aprile 2001 ha una densità intorno a 22 ind/L, con una percentuale di copepoditi prossima all'80%. Nei mesi estivi *Eudiatomus* scompare completamente; a fine ottobre si osservano solo naupli, per altro in numero limitatissimo; i valori più alti di densità (58 ind/L) si hanno nel febbraio 2002, quando la popolazione è costituita per circa il 74% da stadi naupliari (Fig. 5f).

## DISCUSSIONE

Nel 2001 il Lago Brusa Vecchia è rimasto termicamente stratificato per almeno 8 mesi; in questo periodo l'ipolimnio si è progressivamente impoverito di ossigeno e in ottobre, prima della fase di piena circolazione invernale, una colonna d'acqua di almeno 18 m era pressoché anossica.

Nel periodo autunnale gli strati profondi del lago si sono arricchiti di ammonio (fino a 50  $\mu\text{M}$ ) e di carbonio inorganico ( $\sim 3$  mM) a causa dei processi di mineralizzazione del materiale particellato sedimentato (VIAROLI *et al.*, 2001). Nella fase di piena circolazione, nonostante le basse temperature, la concentrazione media dell'ossigeno nella colonna d'acqua rimane intorno all'80% del valore di saturazione. Questo è il risultato del rimescolamento di una rilevante massa di acqua anossica con acqua superficiale satura di ossigeno.

Le peculiari condizioni meteorologiche dell'anno 2001, particolarmente caldo e siccitoso, hanno indubbiamente influito sulle dinamiche dell'ossigeno nel lago, ma è evidente il problema del confinamento delle acque ipolimniche in questo ambiente profondo che non ha immissari ed emissari e le cui infiltrazioni dalla falda (probabili ma non ancora ben individuate) non sono in grado di vivificare l'ambiente. Non sono ancora stati avviati inoltre i previsti lavori di modellamento delle sponde e l'intera fascia riparia del Lago Brusa Vecchia è praticamente spoglia di vegetazione: i valori elevati dell'azoto nitrico (oltre 300  $\mu\text{M}$ ) possono essere dovuti sia all'assenza di una fascia riparia di macrofite, che può trattenere il carico di azoto derivante dal dilavamento superficiale, sia ad una possibile ingressione di acqua di falda contaminata (MITSCH, 1994). Le concentrazioni della clorofilla-*a* fitoplanctonica si mantengono comunque su valori modesti (inferiori a 8  $\mu\text{g/L}$ ) e le acque hanno una discreta trasparenza, probabilmente per una forte limitazione da fosforo.

Nel Lago Terzo Casone non sono stati osservati problemi di deossigenazione ipolimnica. L'ambiente è artificiale, ma ha una profondità modesta che favorisce il frequente rimescolamento delle acque. Le sponde sono state adeguatamente modellate e sono ricche

di vegetazione tipica di ambienti marginali di golena. L'abbondanza di macrofite è la causa probabile delle basse concentrazioni di nutrienti azotati ( $< 20$   $\mu\text{M}$ ) nelle acque, sia durante il periodo estivo che in quello invernale. Contrariamente a quanto avviene nell'ambiente precedentemente descritto, dove è dominante il fitoplancton, nel Lago Terzo Casone la comunità a macrofite causa l'accumulo di materia organica nei sedimenti superficiali. Il materiale di fondo è soffice e riducente, con bassi tenori di nitrato e picchi di concentrazione dell'azoto ammoniacale come avviene nella fase di senescenza della vegetazione nei corpi d'acqua poco profondi (MITSCH, 1994; SCHEFFER, 1998).

La Lanca della Garzaia di Valenza è un ambiente soggetto a un rapido interrimento legato all'accumulo di materiale vegetale. Presenta caratteristiche tipiche di un ambiente ipereutrofico con concentrazioni della clorofilla-*a* fitoplanctonica fino a 61  $\mu\text{g/L}$ , acque sovrassature di ossigeno disciolto nelle ore diurne, bassa trasparenza, metabolismo riducente a livello dei sedimenti superficiali. Qui il fragmiteto sta progressivamente colonizzando l'intero specchio d'acqua.

Le comunità zooplanctoniche dei laghi Brusa Vecchia e Terzo Casone appaiono nel complesso ben differenziate. La composizione in specie e le densità rilevate nei due laghi rispecchiano chiaramente due diverse tipologie di ambienti lentici.

Lo zooplancton di Brusa Vecchia si connota per la presenza di un numero relativamente elevato di taxa, prevalentemente eupelagici. Le forme di più grande taglia, in particolare *Daphnia*, hanno una buona rappresentanza numerica e sicuramente un'importanza ancora maggiore in termini di biomassa relativa, con effetti non trascurabili sul controllo del fitoplancton. I microfibratori (la maggior parte delle specie di Rotiferi, i piccoli Cladoceri, le forme immature di Copepodi) sono sempre dominanti in termini di abbondanza e raggiungono occasionalmente densità consistenti, ma su valori propri di ambienti scarsamente o mediamente produttivi. Anche la componente a predatori (il rotifero *Asplanchna priodonta*, ma specialmente gli ultimi stadi di copepodite e gli adulti dei Copepodi Ciclopoidi) è diversificata e sembra avere una funzione importante nel contenimento numerico della maggior parte delle specie di Rotiferi, soprattutto in aprile e giugno quando gli adulti di *Cyclops vicinus* e *Acanthocyclops gr. vernalis-robustus*, forme di grossa taglia, fanno registrare le densità più elevate. In definitiva, la struttura dei popolamenti del Lago Brusa Vecchia indica la centralità del comparto planctonico e della catena del pascolo per quanto attiene i trasferimenti di materia ed energia, evidenziando una situazione di buona funzionalità dell'intero sistema.

Anche nella comunità zooplanctonica del Lago Ter-

zo Casone sono rilevabili forme tipicamente pelagiche, ma sono altresì numerose specie normalmente associate a ricche fasce di vegetazione e ad abbondante detrito, come era d'altra parte da attendersi dalle caratteristiche idrogeomorfiche dell'ambiente studiato. L'elevato stato trofico è testimoniato in prima istanza dalle elevate densità zooplanctoniche osservate (di circa un ordine di grandezza maggiori rispetto a Brusa Vecchia) e dalla comparsa di taxa (come ad esempio *Brachionus* e *Lecane*) che prediligono acque ricche di sostanza organica. Si osserva comunque, anche in questo caso, una diversificazione a livello trofico delle diverse componenti zooplanctoniche, ma i macrofiltratori (con *Daphnia* ed *Eudiaptomus*) assumono una certa importanza solo in aprile, in una fase stagionale in cui la biocenosi macrofita non ha ancora iniziato lo sviluppo vegetativo. È verosimile ipotizzare per il Lago Terzo Casone una rapida evoluzione verso una comunità più semplificata per la scomparsa delle specie meno tolleranti e un parallelo aumento dell'importanza della catena del detrito (FERRARI *et al.*, 1984).

## CONCLUSIONI

La restituzione di laghi, una volta cessata la coltivazione delle cave e fatto salvo il rispetto delle condizioni di sicurezza idraulica, potrebbe costituire un'occasione per un recupero della qualità ecologica delle golene nei tratti fluviali planiziali e potrebbe garantire una certa capacità di invaso di acque da destinare ad usi plurimi. Il valore ecologico e le possibilità d'uso sono comunque vincolati al raggiungimento di alcuni requisiti fondamentali, in particolare al mantenimento nel medio e lungo termine di condizioni soddisfacenti di qualità chimica e biologica delle acque. A sua volta, la qualità delle acque dipende dalle interazioni con il bacino scolante, dalle connessioni idrauliche con il fiume e la falda superficiale e, non meno importante, anche dalla morfometria della cuvetta lacustre.

Le ricerche condotte nei laghi del Parco dell'Orba e del Po a Valenza hanno permesso di caratterizzare ambienti acquatici che si sono formati in un'area in cui l'attività estrattiva ha avuto un notevole sviluppo. I dati ottenuti consentono di ampliare il quadro delle informazioni acquisite negli ultimi anni in ambienti analoghi che si trovano nella piana golenale tra Piacenza e Parma (SPAGNI *et al.*, 1999; VIAROLI *et al.*, 1994, 2001, 2002); tali informazioni sono state utilizzate, sia pure ad un livello preliminare, per l'elaborazione di progetti e di piani di coltivazione delle cave.

Come negli studi precedenti, anche da questa indagine si può concludere che uno dei problemi principali è la profondità dei laghi e la conseguente durata della stratificazione termica delle acque. A questo proposito

è significativo il caso del Lago Brusa Vecchia, dove l'eccessiva profondità della massa d'acqua determina situazioni di prolungato deficit di ossigeno negli strati ipolimnici.

Il taglio di un canale di collegamento con il fiume Po, che scorre a nord a meno di 800 m, potrebbe favorire l'immissione di acqua più fredda e la possibile destratificazione ed il rimescolamento della colonna d'acqua. Questo intervento potrebbe però comportare un significativo arricchimento in nutrienti. L'assenza di vegetazione riparia e di sponde modellate in modo da favorire la colonizzazione da parte di idrofite facilita inoltre il trasporto alle acque del lago dei nutrienti, soprattutto dei nitrati, dilavati dai terreni agricoli. Le caratteristiche ecologiche degli altri due ambienti acquatici evidenziano l'importanza della presenza di fasce di vegetazione riparia e di idrofite. Sembra comunque improbabile che lavori di rinaturazione possano ovviare agli errori compiuti nella progettazione della morfologia della cuvetta lacustre e garantire un miglioramento della qualità naturalistica ed ambientale del sistema.

Il Lago Terzo Casone, nonostante l'origine artificiale, ha le caratteristiche tipiche della lanca fluviale con modeste dimensioni e bassa profondità (~4 m). In questo caso gli interventi sulle sponde si sono rivelati estremamente efficaci per ricreare condizioni di naturalità e al contempo per controllare gli inquinanti di origine diffusa.

La Lanca della Garzaia di Valenza, infine, è un ambiente che sta evolvendo velocemente verso l'interramento a causa degli elevati tassi di sedimentazione e dell'avanzamento del canneto. Il sedimento soffice dovrebbe essere asportato per aumentare la profondità e per eliminare un'efficace e poco controllabile sorgente di nutrienti per fitoplancton e macrofite. Sarebbe auspicabile inoltre effettuare il taglio periodico del canneto per controllarne l'avanzamento e rimuovere biomassa vegetale dal sistema, adottando opportune tecniche di sfalcio e scegliendo i periodi più adeguati per minimizzare il disturbo all'avifauna nidificante.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Direttore del Parco del Po e dell'Orba, Dottor Dario Zocco, e tutto il personale dell'Ente, in particolare Carlo Carbonero, Giampaolo Boffito, Maria Teresa Bergoglio, Laura Gola e Luca Cristaldi per la disponibilità e il supporto tecnico nelle diverse fasi della ricerca. La dottoressa Simona Viglioli ha contribuito all'identificazione e al conteggio dei campioni di zooplancton. La ricerca è stata svolta nell'ambito dei progetti di riqualificazione ambientale delle golene fluviali promossi dalla Lelio Guidotti Soc. Coop. di Polesine Parmense (Parma).

## BIBLIOGRAFIA

- ALONSO M., 1996. *Crustacea, Branchiopoda. Fauna Ibérica*, vol. 7. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIS Madrid, 486 pp.
- APHA, AWWA, WPCF, 1975. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 14<sup>th</sup> edition, APHA, Wahington, 1114 pp.
- BRAIONI M.G., GELMINI D., 1983. *Rotiferi Monogononti (Rotatoria: Monogononta)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/200, 180 pp.
- CUMMINGS K.W., 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, **24**: 631-641.
- DE SMET W.H., 1996. *Rotifera. Volume 4: The Proalidae (Monogononta)*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 102 pp.
- DE SMET W.H., POURRIOT R., 1997. *Rotifera. Volume 5: The Dicranophoridae (Monogononta) and: The Ituridae (Monogononta)*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 344 pp.
- DUSSART B.H., 1969. *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale*. Boubée & Cie. Paris. 1. Calanoides et Harpacticoides, 500 p.; 2. Cyclopoides et Biologie, 292 pp.
- EINSLER U., 1996. *Copepoda: Cyclopoida. Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 82 pp.
- FERRARI I., DE MARCHI A., MENOZZI P., MINZONI F., PICCOLI F., 1984. Heleoplankton seasonal succession in an experimental ricefield in northern Italy. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, **22**: 1711-1716.
- GOLTERMAN H.L., CLYMO R.S., OHNSTAND M.A.M., 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. IBP Handbook No. 8, Blackwell, Oxford, 213 pp.
- GOPAL B., 1999. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: potentials and problems. *Water Science and Technology*, **40**: 27-35.
- KOROVCHINSKY N.M., 1992. *Sididae & Holopediidae (Crustacea: Daphniiformes)*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 82 pp.
- KOSTE W., 1978. *Rotatoria*. Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart. Vol. 1 Textband, 673 p.; Vol. 2 Tafelband, 480 pp.
- MARGARITORA F.G., 1985. *Cladocera. Fauna d'Italia*. Calderini, Bologna, 399 pp.
- MITSCH W.J. (Ed), 1994. *Global wetlands. Old world and new*. Elsevier, Amsterdam, 967 pp.
- NOGRADY T., POURRIOT R., SEGERS H., 1995. *Rotifera. Vol. 3: The Notommatidae and the Scaridiidae*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 248 pp.
- PREMAZZI G., CHIAUDANI G., 1992. *Ecological quality of surface waters. Quality assessment schemes for European Community lakes*. Joint Research Centre, Commission of the European Communities, 124 pp.
- RODIER J., 1978. *L'analyse de l'eau*. Dunod, Orleans, 1136 pp.
- RUTTNER-KOLISKO A., 1974. Planktonic Rotifers: biology and taxonomy. *Die Binnengewässer* (Supplement), **26**: 1-146.
- SCHEFFER M., 1998. *Ecology of shallow lakes*. Chapman & Hall, London, 357 pp.
- SEGERS H., 1995. *Rotifera. Vol. 2: The Lecanidae (Monogononta)*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 226 pp.
- SMIRNOV N.N., 1992. *The Macrothricidae of the World*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 143 pp.
- SMIRNOV N.N., 1996. *Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 197 pp.
- SÖDERQUIST T., MITSCH W.J., TURNER R.K. (Eds), 2000. The values of wetlands: landscape and institutional perspectives. *Ecological Economics*, **35**: 1-134.
- SPAGNI A., PETRONIO A., ROSSETTI G., VIAROLI P., 1999. I laghi di cava nella golena: aspetti ecologici applicati alla gestione. In Baldaccini G.N., Sansoni G. (eds), *Atti Seminario I biologi e l'ambiente... oltre il duemila*, Venezia, 22-23 novembre 1996, CISBA, Reggio Emilia: 521-526.
- STELLA E., 1984. *Copepoda: Calanoida (d'acqua dolce). Fauna d'Italia*. Calderini, Bologna, 101 pp.
- TURNER R.K., VANDEN BERGH J.C.J.M., SÖDERQVIST T., BARENDREGT A., VAN DER STRAATEN J., MALTBY E., VAN IERLAND E.C., 2000. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, **35**: 7-23.
- VALDERRAMA J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, **10**: 109-122.
- VIAROLI P., BONDAVALLI C., GIORDANI G., PARIS G., ROSSETTI G., 1994. Ricerche idrobiologiche in un bacino artificiale della golena del Po (Isola Giarola, Piacenza). *Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia*, **10**: 265-276.
- VIAROLI P., FERRARI I., ROSSETTI G., 2002. Long-term limnological research in a quarry lake of the Po River, Italy. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, **28**: 576-581.
- VIAROLI P., ROSSETTI G., BERNINI F., BARTOLI M., FERRARI I., 2001. Studi ecologici e problemi gestionali in un lago di cava della golena del Po. *Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia*, **14**: 89-98.
- VIAROLI P., ROSSETTI G., FERRARI I., in stampa. Funzioni ecologiche, valore ambientale e problemi gestionali negli ambienti acquatici marginali della golena del Po. *Atti Seminario "Sostenibilità dell'ambiente costruito: il ruolo della ricerca e della sperimentazione progettuale"*, International Association for Environmental Design, Roma, 6 giugno 2000.
- WETZEL R.G., 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, **24**: 6-24.
- WOODWARD R.T., WUI Y.-S., 2001. The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics*, **37**: 257-270.