

### 3. INDAGINI SULLO ZOOPLANCTON E SULLA RETE TROFICA PELAGICA ATTRAVERSO ANALISI D'ISOTOPI STABILI

#### 3.1. Analisi di isotopi stabili di carbonio e azoto e rete trofica pelagica

Le indagini sulla caratterizzazione della rete trofica pelagica lacustre mediante analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto sono proseguite nel 2011 affiancando alle analisi sui diversi taxa che contribuiscono alla densità di popolazione totale e alla biomassa dello zooplancton di rete in modo differente nei diversi momenti stagionali, quelle relative al campione zooplanctonico in toto. Questo al fine di meglio caratterizzare il fingerprint della fonte pelagica a sostegno della produzione dei pesci che, almeno durante gli stadi giovanili, utilizzano lo zooplancton come fonte di alimento. La raccolta dei campioni di "pool" zooplancton, effettuata in contemporanea con le raccolte dei campioni per la determinazione e il conteggio dei diversi taxa è stata condotta con retini a bocca larga, armati con reti a maglia più larga di quelle utilizzate per le analisi di dettaglio relative ai diversi taxa, sì da campionare un quantitativo sufficiente a garantire la buona riuscita delle analisi isotopiche e un congruo numero di repliche.

Come previsto dal programma d'indagine, sono stati effettuati campionamenti nei quattro momenti stagionali e nelle tre stazioni a suo tempo identificate come rappresentative di zone differenti, da quella profonda dell'alto lago ("Ghiffa") a quella del basso lago ("Lesa"), passando attraverso il Bacino di Pallanza ("Baveno").

Gli studi condotti nei tre anni passati hanno messo in luce una sostanziale omogeneità dei segnali dei diversi taxa nelle tre stazioni. Le differenze tra queste ultime sono, infatti, in larga misura determinate da differenti densità numeriche, generalmente superiori a Lesa che non negli altri due siti di campionamento.

La sostanziale omogeneità nei segnali isotopici di carbonio e azoto dei diversi organismi è stata confermata dalle indagini condotte nel corso del 2011. Anche per quest'anno, dunque, i dati riguardanti le diverse stazioni sono stati messi insieme per ogni data di campionamento. Per ognuna di esse, pertanto, i valori utilizzati nei grafici riguardanti la variabilità stagionale rappresentano, per ciascuno degli organismi zooplanctonici considerati, il valore medio ( $\pm$  errore standard) del risultato di sei analisi, relative a due repliche per ogni stazione, del  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰).

A ogni data di campionamento, organismi appartenenti ai diversi taxa zooplanctonici venivano raccolti in quantità sufficienti a consentire le analisi del segnale isotopico (per la descrizione dei metodi di preparazione dei campioni si vedano Manca *et al.* 1994 e 1997).

Campioni quantitativi prelevati con le usuali metodiche sono serviti a determinare abbondanza e biomassa dello zooplancton nei quattro differenti momenti stagionali e nelle tre diverse stazioni. Entro lo strato d'acqua campionato veniva inoltre misurata la temperatura mediante termometro a termistore. Dalla profondità di scomparsa del Disco di Secchi si otteneva la misura della trasparenza delle acque.

I campioni e gli standard pesati in capsulini di stagno sono stati successivamente caricati in analizzatore elementare (Vario EL III), interfacciato con uno spettrometro di massa per il rapporto isotopico (G. G. Hatch Isotope Laboratories, University of Ottawa, Faculty of Science, Ottawa, Canada). Essi sono stati combusti a circa 1800 °C (combustione di Dumas) e i prodotti gassosi risultanti trasportati in elio attraverso colonne di ossido-riduzione ottimizzate per  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ . I gas venivano separati mediante colonne di assorbimento a purificazione e cattura, inviate all'interfaccia (Conflo II) e

all'IRMS (Isotope Ratio Mass Spectrometer della Delta XP Plus Advantage). La precisione analitica delle analisi è stata basata su uno standard interno (C-55, acido glutammico,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C} = 3,98, -28,53$ , rispettivamente) solitamente con precisione analitica inferiore allo 0,2 ‰.

I valori di  $\delta^{15}\text{N}$  sono stati riferiti all'azoto atmosferico, e normalizzati con standard calibrati all'International standard IAEA-N1(+0,4 ‰), IAEA-N2(+20,3 ‰), USGS-40(-4,52 ‰) e USGS-41(47,57 ‰). I valori di  $\delta^{13}\text{C}$ , riferiti alla PDB sono stati normalizzati con standard interni calibrati presso l'International standard IAEA-CH-6(-10,4 ‰), NBS-22(-29,91 ‰), USGS-40(-26,24 ‰) e USGS-41(37,76 ‰).

Le ricerche condotte nel primo anno d'indagine hanno messo in luce come nel pelago del Lago Maggiore, indipendentemente dalla stazione di campionamento, il segnale isotopico di *Daphnia* sia correlato a un livello di elevata significatività statistica con quello del materiale sestonico (<50  $\mu\text{m}$ ) che ne costituisce la base alimentare (Manca *et al.*, 2010). Pertanto, alla pari di quanto osservato in altri laghi profondi subalpini, *Daphnia* rappresenta un buon integratore della linea di base pelagica e delle sue variazioni nel corso dell'anno. Alla luce di questo fatto, sono state investigate le relazioni tra i taxa e la linea di base rappresentata da *Daphnia*, e i valori delle prime sono stati comparati con quelli previsti per il frazionamento trofico di  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ . In generale, un *taxa* è stato considerato supportato dalla linea di base pelagica quando il suo  $\delta^{13}\text{C}$  differiva meno del 2‰ rispetto a quello misurato per *Daphnia* in quel dato momento.

Le indagini condotte nell'anno 2010 sono servite a metter in luce come anche il segnale isotopico del carbonio della linea di base litorale vari con la stagione in modo molto simile a quanto accade per il segnale pelagico. Identificare come il segnale di entrambe le fonti possa variare al procedere delle stagioni è di fondamentale importanza anche ai fini della ricostruzione delle fonti di supporto per la produzione della fauna ittica. Su tale consapevolezza si basa la recente messa a punto di modelli dinamici impiegati per la misura del contributo di fonti miste alla crescita dei pesci zooplanctivori (e.g. Woodland *et al.*, 2011). L'applicazione del modello proposto da Woodland *et al.* (2011) ai dati del Lago Maggiore ha permesso di evidenziare come il contributo di fonti litorali alla dieta di coregone, agone e gardon (di età compresa tra 0 e 3 anni) sia rilevante, soprattutto nei mesi freddi. In questi ultimi sono gli zooplanctonti predatori a occupare nel pelago la posizione vicariante di quella dei pesci zooplanctivori; tra essi, il cladocero *Bythotrephes longimanus*, capace di esercitare una predazione visiva, alla pari dei predatori vertebrati. Un ruolo paritetico sembrano svolgere i ciclopidi; non sempre, tuttavia, i dati ne confermano l'equivalenza di ruolo. Trattandosi di un comparto misto, nel quale confluiscono due taxa e i loro stadi di sviluppo (sia pure confinati a quelli più prossimi allo stadio sessualmente maturo, date le dimensioni delle maglie della rete utilizzata per la raccolta), il segnale risulta nel complesso abbastanza variabile. Sarà pertanto necessaria per il futuro una maggiore definizione di questo comparto per chiarirne il ruolo funzionale.

Nel corso dell'anno 2011, oltre ai taxa sopra menzionati, sono stati analizzati i diaptomidi e i cladoceri (*Daphnia galeata*, *Eubosmina longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* e *Leptodora kindtii*).

I risultati delle analisi del segnale isotopico del carbonio nei diversi mesi dell'anno e per le diverse componenti prese in esame sono riassunti nel grafico in figura 3.1. La scala del  $\delta^{13}\text{C}$  è stata scelta in modo da comprendere i valori rappresentativi dell'ambiente litorale (indicativamente meno negativi) e di quello pelagico di laghi profondi, quali il Maggiore. Generalmente, organismi di acque più profonde presentano valori di  $\delta^{13}\text{C}$  più

negativi rispetto a quelli di acque più superficiali. Il grafico può dunque essere letto, dall'alto verso il basso, come una graduale transizione da zone più prossime alla superficie a quelle più profonde del lago. Le variazioni nel segnale sono anche interpretabili come l'espressione delle alterazioni nella distribuzione verticale degli organismi in conseguenza della transizione dall'omeotermia invernale alla stratificazione termica estiva e del perdurare di quest'ultima nel periodo autunnale. La misura del profilo termico verticale nelle tre stazioni nei diversi momenti dell'anno, più che a una puntuale caratterizzazione delle temperature, oggetto di dettagliate indagini di limnologia fisica, serve, nel contesto delle indagini sullo zooplancton e sulla rete trofica pelagica mediante analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto, a metter in luce le condizioni di stratificazione termica delle acque nei vari momenti dell'anno.

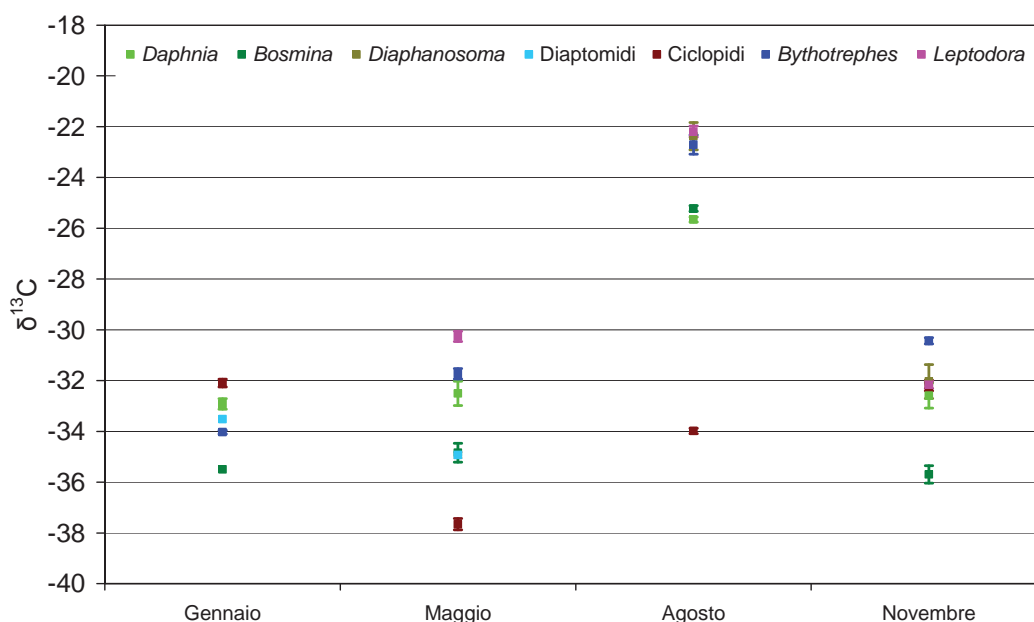


Fig. 3.1. Valori medi ( $\pm$  Errore Standard) del segnale isotopico del carbonio ( $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ ) misurati nei diversi taxa zooplanctonici prelevati nelle tre diverse stazioni del pelago del Lago Maggiore nel corso del 2011.

Anche dai dati del 2011 emerge chiaramente come la variabilità del segnale isotopico del carbonio nello stesso organismo e alla medesima data di campionamento sia davvero molto ridotta. Tale risultato conferma la sostanziale omogeneità di segnale sia nelle tre stazioni, sia nelle diverse repliche predisposte. Questo premesso, l'analisi dei dati rappresentati nel grafico consente di metter in luce come, per la maggior parte dei taxa, con il progredire della stagione e l'instaurarsi della stratificazione termica si verifichi un generale innalzamento dei valori del  $\delta^{13}\text{C}$ , da valori dell'ordine di  $-36$ - $-38\text{‰}$  a valori massimi intorno a  $-22\text{‰}$ . Tale andamento altro non è se non il riflesso delle modificazioni nella linea di base del pelago e la dipendenza da essa dei diversi organismi zooplanctonici. Di grande utilità sono i dati del profilo termico verticale delle acque, misurato in occasione delle pescate. Essi dimostrano come le più elevate, omogenee temperature dei primi dieci metri cedano il passo a una graduale diminuzione, con un gradiente pressoché costante, fino alla profondità di ventisei-trenta metri. La stratificazione termica, che influenza il ciclo della produzione e la stratificazione chimica

ha un effetto marcato sul segnale isotopico del carbonio del fitoplancton (Zohary *et al.*, 1994). Durante la stratificazione termica, il  $\delta^{13}\text{C}$  del fitoplancton aumenta. Il crescere della produzione primaria, che porta a un graduale esaurimento della  $\text{CO}_2$  in epilimnio, porta a un minore frazionamento del  $\delta^{13}\text{C}$  del fitoplancton. In autunno e in inverno, la diminuzione del segnale isotopico del carbonio è il risultato della graduale de-stratificazione che porta a un rinnovo del carbonio inorganico disciolto dall'ipolimnio, culminante nel minimo stagionale, solitamente osservato durante il mescolamento invernale (Zohary *et al.*, 1994). L'analisi dei dati relativi al Lago Maggiore ha inoltre permesso di evidenziare come le variazioni siano legate al diverso frazionamento da parte di gruppi algali differenti dal punto di vista morfo-funzionale (Caroni *et al.* 2011), confermando così l'importanza di un'analisi allargata alla ricerca di criteri di classificazioni non solamente tassonomici (Morabito *et al.* in CIP AIS 2011).

I segnali isotopici del carbonio di *Bosmina*, *Bythotrephes* e *Leptodora* sono positivamente correlati con quelli di *Daphnia* ad un livello elevato di significatività statistica ( $p < 0.01$ ; coefficiente di correlazione R di Spearman compreso tra 0,753 per *Daphnia/Bythotrephes* e 0,821 per *Daphnia/Leptodora* con un numero di dati variabile tra 22 nel caso di *Daphnia/Bythotrephes* e 19 nel caso di *Daphnia/Leptodora*).

Diversa è la situazione per i ciclopidi, che non sembrano condividere la stessa base alimentare degli altri taxa. L'esame del grafico mette molto bene in luce questa diversità di comportamento, diversità che rende necessario un approfondimento di questa componente del popolamento, evidentemente non omogenea al suo interno.

Il grafico mostra chiaramente come in inverno, in condizioni di omeotermia e di basse temperature, gli organismi componenti lo zooplancton presentino condizioni abbastanza omogenee di segnale, con valori compresi tra -34 e -32‰; valori più negativi, tipici di strati d'acqua più profondi, caratterizzano in questo periodo *Eubosmina*. A maggio, quando *Daphnia* presenta il massimo sviluppo numerico, si evidenzia un differenziamento nel segnale che con tutta probabilità riflette una diversa distribuzione verticale, con *Daphnia*, *Bythotrephes* e *Leptodora* sostanzialmente solidali tra loro, ciclopidi con un segnale più negativo, caratteristico di acque più profonde, ed *Eubosmina*, insieme ai diaptomidi, con valori intermedi fra i due.

In agosto, i segnali di *Leptodora* e *Bythotrephes* sono solidali con quelli di *Diaphanosoma*, divenuto tra i cladoceri filtratori la specie più rappresentativa. Il loro segnale isotopico si attesta su un valore di  $-22\delta^{13}\text{C}$  ‰, meno negativo di quello misurato per *Daphnia* e *Eubosmina*, ad indicare una preferenza per gli strati d'acqua meno profondi e/o un possibile maggiore utilizzo anche di fonti litorali, rispetto a *Daphnia* ed *Eubosmina*. nettamente separati in acque più profonde risultano, anche in piena estate, i ciclopidi. In autunno, così come osservato negli anni pregressi, si evidenzia la tendenza al ritorno alle condizioni precedenti l'instaurarsi della stratificazione termica estiva.

Il segnale isotopico dell'azoto consente di metter in luce come si sviluppino nel corso dell'anno i rapporti trofici tra gli organismi componenti lo zooplancton del lago, consentendo anche l'individuazione di ruoli vicarianti, a condizione che essi condividano una stessa base alimentare, vale a dire presentino valori di  $\delta^{13}\text{C}$  con un frazionamento  $\leq 2\%$ . Il quadro delle modificazioni occorse nell'arco dell'anno 2011 è rappresentato nel grafico trofochimico riportato in figura 3.2.

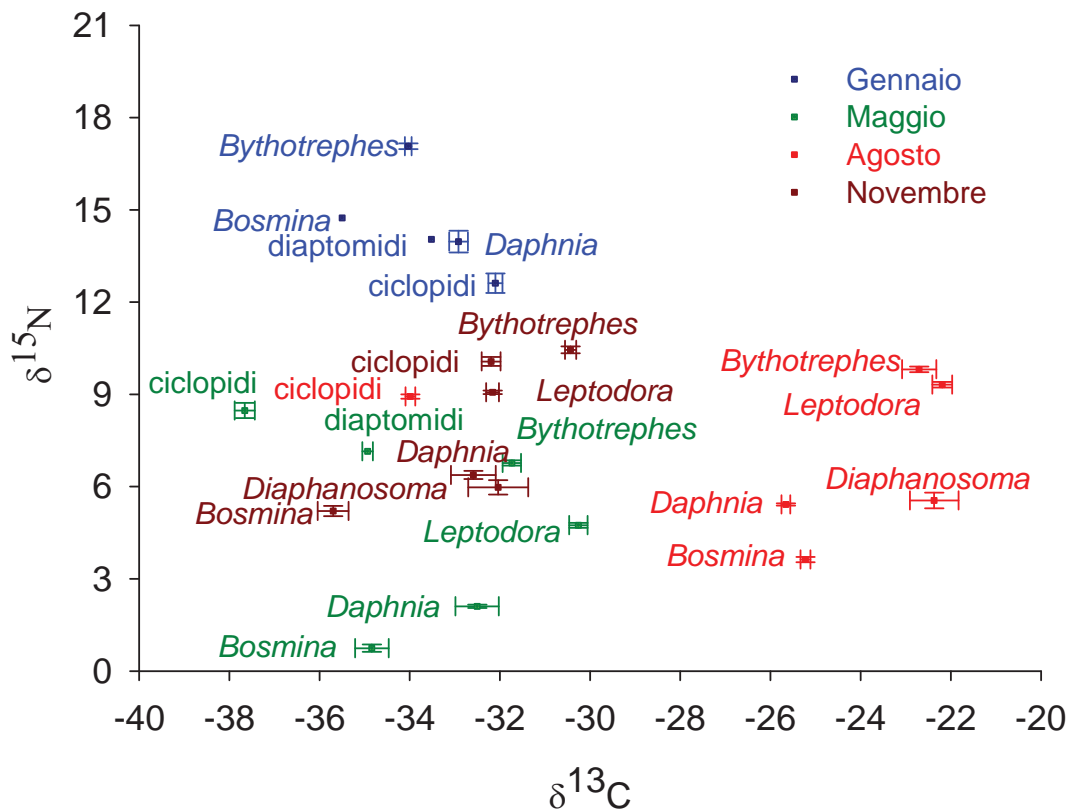


Fig. 3.2. Grafico trofochimico riassuntivo dei segnali isotopici di carbonio e azoto dei taxa zooplanctonici che componevano il popolamento zooplanctonico di rete del Lago Maggiore nei quattro momenti stagionali del 2011. Ogni punto sul grafico rappresenta la media di sei repliche; le barre verticali e orizzontali si riferiscono, rispettivamente, all'errore standard delle misure del segnale isotopico del carbonio e di quello dell'azoto.

I diversi colori si riferiscono ai diversi mesi, rappresentativi dei quattro periodi stagionali. Come già sottolineato nei rapporti degli anni precedenti, i campioni invernali sono caratterizzati da un maggior arricchimento in  $^{15}\text{N}$ , mentre meno arricchiti risultano i campioni del periodo nel quale s'instaura la stratificazione termica. Le variazioni stagionali nella linea di base del segnale isotopico dell'azoto del Lago Maggiore sono molto simili a quelle rinvenute in precedenza nel Lago Lemano e parimenti sono ascrivibili alle variazioni nel segnale della fonte di azoto costituita dalla materia organica particellata, fortemente relazionata al fitoplancton. Così come osservato in studi precedenti, le variazioni sono riconducibili al fatto che a maggio, la netta dominanza dei consumatori primari e di *Daphnia* in particolare, comporta, tra le altre cose, l'escrezione di  $\text{N}/\text{NH}_4$ , forma di azoto impoverita nell'isotopo pesante. Al contrario, quando a dominare sono i consumatori secondari, il fitoplancton potrebbe utilizzare in prevalenza  $\text{N}/\text{NO}_3$ , forma di azoto più arricchita nell'isotopo pesante. A ciò va ad aggiungersi che i diversi gruppi algali che nei differenti momenti dell'anno contribuiscono alla biomassa totale fitoplanctonica (cfr. Morabito *et al.*, in CIP AIS, 2011) sono caratterizzati da valori differenti di frazionamento dell'azoto (Lehmann *et al.*, 2004). A tali considerazioni si aggiunga come la dinamica stagionale dell'azoto nel Lago Maggiore sia fortemente influenzata dalle precipitazioni e dagli afflussi dai tributari. Le condizioni meteorologiche

influenzano la dinamica, l'intervallo misurato nel corso dell'anno e le variazioni interannuali dei valori della linea di base isotopica dell'azoto, rispetto alla quale sono calcolati i valori di arricchimento dei diversi taxa, utili alla caratterizzazione del loro ruolo trofico.

Il 2011 è stato caratterizzato da una quantità di pioggia inferiore alla media degli ultimi 60 anni (Ambrosetti *et al.* in CIPAIS, 2012). Il regime di piogge è stato piuttosto irregolare: è piovuto molto a giugno, luglio e novembre (rispettivamente 213,8, 266,4 e 405,4 mm). Anche a Marzo i millimetri di pioggia caduti (154 mm) sono risultati superiori alla media del periodo di riferimento. Al contrario, il periodo compreso tra il 28 marzo e l'11 maggio è definibile come siccitoso (soltanto 25,6 mm), mentre molto piovosa è stata la settimana del 3-9 novembre. Le condizioni sopra esposte potrebbero contribuire a spiegare l'intervallo di valori più ampio del 2011 rispetto al 2010.

Il 2011 è stato anche un anno molto caldo (il 4° anno più caldo in assoluto dal 1951), così confermando il generale trend in aumento delle temperature registrate a Pallanza dal 2000. Nell'anno in questione si sono registrate, rispetto al periodo 1951-2010, la seconda più elevata temperatura media primaverile (15,17 °C) e autunnale (14,38 °C) e la massima assoluta dei mesi di maggio (19,84 °C) e settembre (21,43 °C). Eccezionalmente alte sono state anche le massime giornaliere, con 32,7 °C al 9 settembre e 29,3 °C all'11 ottobre.

Anche per il 2011 si evidenzia molto bene come *Bythotrephes* rivesta il ruolo di consumatore secondario, capace di predare, data la sostanziale omogeneità di segnale isotopico del carbonio (differenze  $\leq 2\%$ ) su tutte le prede disponibili, ivi inclusi i ciclopidi. A maggio, quando *Daphnia* presenta il massimo sviluppo numerico, in larga misura determinato dalla componente giovane della popolazione, un ruolo diretto di predazione sembra spettare a *Leptodora*, il cui livello di arricchimento (T) rispetto a *Daphnia* è pari a 2,7 mentre in una posizione leggermente superiore si colloca *Bythotrephes longimanus*, con T= 4,4. Il segnale isotopico del carbonio di *Leptodora* sta inoltre ad indicare la possibilità che essa utilizzi anche fonti più prossime al litorale, così come evidenziato in anni precedenti (Visconti & Manca, 2011; Visconti *et al.* 2012).

In piena estate i due cladoceri predatori svolgono ruoli pienamente sovrapposti, esercitando preferenzialmente la loro predazione su *Diaphanosoma*. In questo periodo, molto differente e quasi invariata rispetto al periodo precedente, risulta essere la posizione trofica dei ciclopidi. In autunno, questi ultimi presentano sostanzialmente lo stesso ruolo dei cladoceri predatori e tutti e tre sembrano utilizzare nello stesso modo *Daphnia* e *Diaphanosoma*, ma non *Eubosmina*, apparentemente rifugiatasi in acque più profonde.

Come sopra sottolineato, accanto alla stima delle variazioni stagionali dei diversi taxa zooplanctonici sono state eseguite anche analisi dei campioni zooplanctonici *in toto* ("pool zooplankton"). In particolare, il segnale isotopico dell'azoto viene largamente utilizzato in modo sia indiretto (e.g. per la stima dei cosiddetti fattori trofici, T, e dei coefficienti di arricchimento, E; Fisk *et al.*, 2001; Villa *et al.*, 2006) sia diretto (e.g. Broman *et al.*, 1999; Kidd *et al.*, 1995) per la stima del flusso di materia ed energia attraverso le reti trofiche lacustri e inserito in equazioni di regressione lineare contro le concentrazioni di inquinanti in differenti organismi (cfr. CIPAIS, rapporto su DDT e sostanze pericolose, 2012).

Il dato più interessante che emerge da tale confronto è che il segnale isotopico dell'azoto del "pool" zooplankton ricalca i segnali dei taxa che compongono il popolamento alle diverse date. Comparandolo con i valori dei due gruppi funzionalmente

differenti, ottenuti dalla stima della loro posizione trofica, esso risulta corrispondere a quello misurato sui consumatori primari a maggio e a quello dei consumatori secondari nel periodo autunno-inverno. L'utilizzo del valore isotopico dell'azoto in modelli di trasferimento di materia ed energia non sembra dunque poter prescindere da una discriminazione tra i due comparti, contrariamente a quanto spesso previsto, soprattutto nei modelli relativi al trasferimento di sostanze tossiche, nei quali sono anche largamente sottostimate le variazioni stagionali (cfr. CIPAIS, rapporto su DDT e sostanze pericolose, 2012).

### 3.2 Popolamento zooplanctonico nelle tre stazioni e nei quattro momenti stagionali

Come di consueto, campioni quantitativi di zooplancton del Lago Maggiore sono stati raccolti nelle tre stazioni di Ghiffa, Baveno e Lesa durante il 2011, al fine di mantenere una continuità con l'attività di monitoraggio e nel contempo, affiancare alle analisi del segnale isotopico di carbonio e azoto, quella delle variazioni stagionali in densità di popolazione e biomassa dello zooplancton, utili ai fini di un'analisi quantitativa della rete alimentare nel pelago.

I campioni zooplanctonici sono stati raccolti in tutte e tre le stazioni con la consueta attrezzatura ("plankton sampler" di Clarke-Bumpus armati con reti a maglie da 76 e 126  $\mu\text{m}$  di luce) e le consolidate metodologie di monitoraggio del lago (sinusoidale 0-50-0 m; vedi relazioni precedenti). I risultati del conteggio dei 24 campioni sono riportati nelle figure 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6.

I dati consentono di metter in luce come le massime densità di popolazione, soprattutto per effetto della crescita numerica dei rotiferi, siano registrate nel mese di maggio (Fig. 3.3).

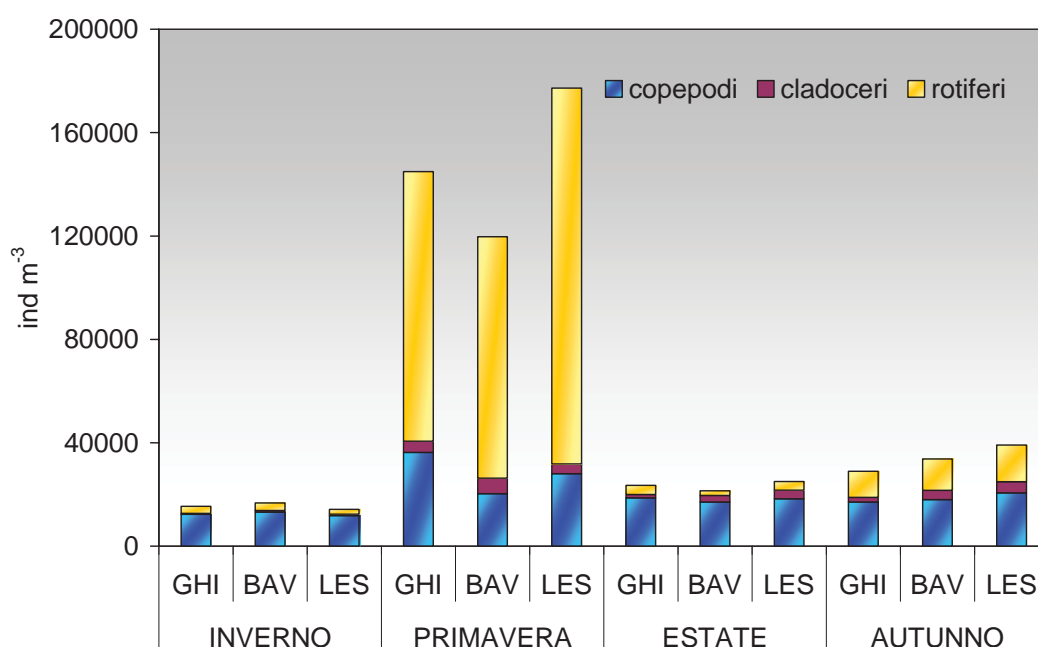


Fig. 3.3. Densità di popolazione dei tre gruppi costituenti lo zooplancton di rete del Lago Maggiore (strato 0-50 m) nelle tre diverse stazioni e nei quattro momenti stagionali del 2011.

I valori raggiunti sono ragguardevoli, soprattutto nella stazione ubicata nel basso lago (“Lesa”). La componente più stabile del popolamento risulta essere quella dei copepodi, con le popolazioni delle due specie del genere *Eudiaptomus* (Visconti & Manca 2011) nettamente prevalenti su quelle dei ciclopidi (Fig. 3.4).

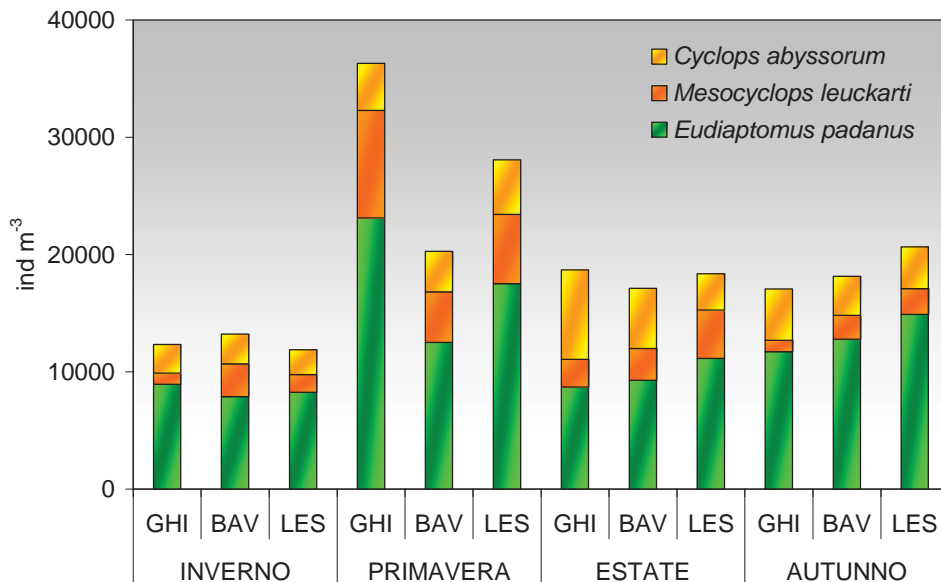


Fig. 3.4. Densità di popolazione dei copepodi del Lago Maggiore (strato 0-50 m) nelle tre diverse stazioni e nei quattro momenti stagionali del 2011.

A determinare le densità numeriche rilevate sono stati, come sempre, in prevalenza gli individui degli stadi di sviluppo naupliari e di copepodite, non utilizzati per la determinazione del segnale isotopico di carbonio e azoto per ragioni evidenti, che è qui inutile ricordare.

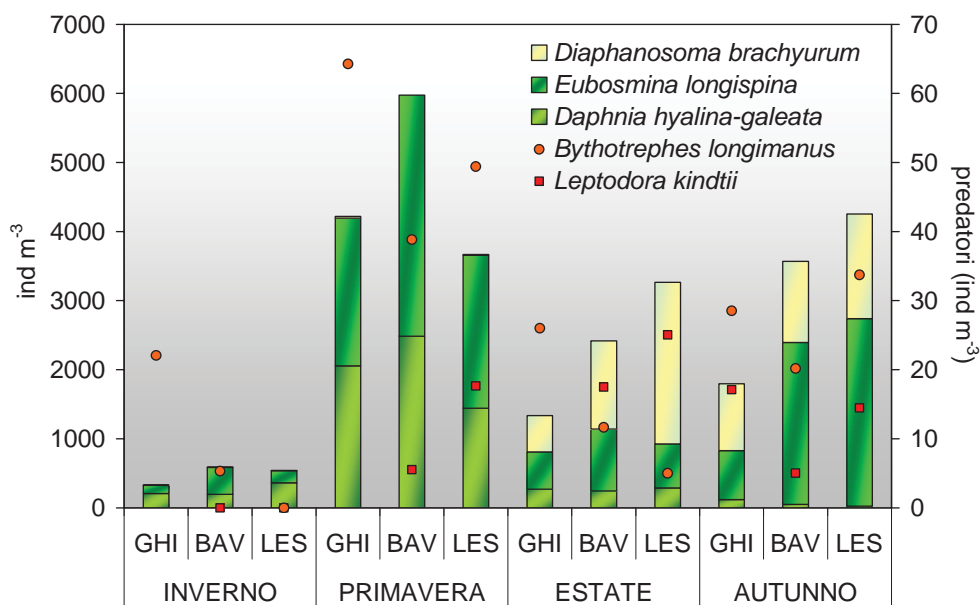


Fig. 3.5. Densità di popolazione dei cladoceri con distinzione dei predatori (asse secondario), del Lago Maggiore (strato 0-50 m) nelle tre diverse stazioni e nei quattro momenti stagionali del 2011.



La dinamica stagionale del popolamento a Cladoceri nell'anno 2011 conferma come il massimo sviluppo numerico a maggio, sia determinato da *Daphnia* e nel contempo da *Bosmina* (con la specie *Eubosmina longispina*) (Fig. 3.5). La somma delle due è risultata maggiore a Baveno, differentemente da quanto rinvenuto negli anni passati, quando la stazione di Lesa era quella caratterizzata dalla massima densità di popolazione (Manca *et al.* 2011). I dati relativi al segnale isotopico del carbonio, tuttavia, evidenziano come i due siano, con tutta probabilità, abbastanza separati nella colonna d'acqua, con *Eubosmina* capace di migrare verso profondità maggiori rispetto a *Daphnia*. In piena estate (agosto) *Daphnia* viene sostituita da *Diaphanosoma* mentre tende a rimanere abbondante *Eubosmina*, che in questo periodo risulta occupare una posizione equivalente a quella di *Daphnia* (Fig. 3.2). In tardo autunno (novembre) quest'ultima risulta mantenere una presenza importante all'interno del popolamento zooplanctonico, con un ritorno verso gli strati d'acqua più profondi e quindi nettamente separata da quelli occupati da *Diaphanosoma* (Fig. 3.2).

Durante la fase di massimo sviluppo numerico di *Daphnia* domina, tra i cladoceri predatori, *Bythotrephes longimanus*. Lo sviluppo di *Diaphanosoma* è invece accompagnato dalla crescita numerica di *Leptodora*; quest'ultima, data la notevole affinità del segnale isotopico del carbonio e il livello di arricchimento nel segnale isotopico dell'azoto, rappresenta in questo momento stagionale il predatore principale di *Diaphanosoma* (Fig.3.2). E' questo anche il momento dell'anno nel quale il segnale isotopico del pelago maggiormente si avvicina a quello del litorale (CIPAIS, 2011).

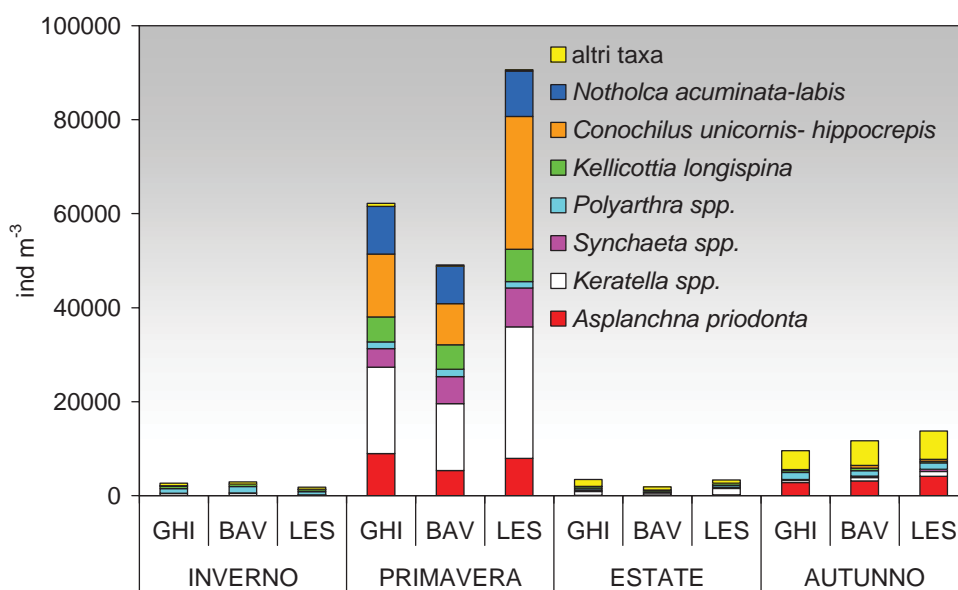


Fig. 3.6. Densità di popolazione dei rotiferi zooplanctonici rinvenuti nei campioni di rete (strato 0-50 m) nelle tre diverse stazioni e nei quattro momenti stagionali del 2011.

La componente nella quale maggiormente si evidenziano differenze nella densità di popolazione dello zooplancton di rete è quella dei rotiferi. Essi sono risultati più abbondanti nella stazione di Lesa, ove hanno raggiunto livelli abbastanza sostenuti, anche se non eccezionali. Come osservato di consueto, responsabili della fase di massimo sviluppo numerico sono stati gli organismi del genere *Keratella* (*K. cochlearis* e in misura minore *K. quadrata*) e quelli appartenenti alla specie *Conochilus hippocrepis*. Valori molto modesti caratterizzano la seconda parte dell'anno, nella quale, similmente a

quanto osservato nel popolamento a crostacei, tendono ad essere maggiormente rappresentati i taxa classificati come “*raptorial*” (Obertegger e Manca 2011).

Il complesso dei dati relativi alle analisi delle variazioni stagionali nel segnale isotopico di carbonio e azoto nei diversi taxa hanno inoltre consentito di confermare alcuni elementi già emersi nell’anno 2010. In particolare, i dati del 2011, sono serviti a meglio definire le variazioni stagionali nella distribuzione verticale dei diversi taxa componenti lo zooplancton di rete del Lago Maggiore. Tali modificazioni servono a spiegare come organismi apparentemente capaci di occupare la medesima posizione trofica possano coesistere anche grazie alla capacità di svilupparsi a profondità diverse nel pelago lacustre.

I risultati emersi durante il 2011 consentono di ribadire come l’approccio di tipo funzionale, alla base delle analisi di isotopi stabili di carbonio e azoto, sia di fondamentale importanza per la definizione di quella *operational diversity* sulla quale si fonda una gestione sostenibile dell’ambiente, finalizzata al mantenimento e, ove necessario alla riabilitazione, delle strutture ecologiche (Moss *et al.*, 2009).

## BIBLIOGRAFIA

- Bettinetti R., Quadroni S., Manca M., Piscia R., Volta P., Guzzella L., Roscioli C. & Galassi S. (2012) Seasonal fluctuations of DDTs and PCBs in zooplankton and fish of Lake Maggiore (Northern Italy). *Chemosphere*, 88 (3), 344–351.
- Broman D., Di Guardo A. & Calamari D. (1999) Food chain accumulation of DDT and some of its metabolites in fish from Lake Maggiore (Italy) after an accidental release-evaluated by the use of stable isotopes and other biotic parameters. *Organohalogen Compounds*, 43, 45-48.
- Caroni R., Free G., Visconti A. & Manca M. (2012) Phytoplankton functional traits and seston stable isotopes signature: a functional-based approach in a deep, subalpine lake, Lake Maggiore (N. Italy) *Journal of Limnology*, 71(1), 84-94.
- Fisk A. T., Hobson K. & Norstrom R. J. (2001) Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food Web. *Environmental Science and Technology*, 35, 732-738.
- Galassi S., Bettinetti R., Quadroni S., Manca M., Piscia R., Poma G., Guzzella L. and Roscioli C. (2012). Contaminanti nello zooplancton. In: *Indagini su ddt e sostanze pericolose nell’ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2008-2012. Campagna 2011*: 4-9.
- Kidd K. A., Schindler D. W., Hesslein R. H. & Muir D. C. G. (1995) Correlation between stable nitrogen isotope ratios and concentrations of organochlorines in biota from a freshwater food web. *Science of The Total Environment*, 160/161, 381-390.
- Lehmann M. F., Bernasconi S. M., McKenzie J. A., Barbieri A., Simona M. & Veronesi M. 2004. Seasonal variation of the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  of particulate and dissolved carbon and nitrogen in Lake Lugano: Constraints on biogeochemical cycling in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography*, 49(2), 415–429.
- Manca, M., Spagnuolo T. & Comoli P. (1994) Variations in carbon and nitrogen content with body length of *Daphnia hyalina-galeata* s.l. from laboratory and field observations. *Journal of Plankton Research*, 16(10), 1303-1314.

- Manca, M., Comoli P. & Spagnuolo T. (1997) Length-specific carbon content of the *Daphnia* population in a large Italian subalpine lake, Lago Maggiore (Northern Italy): the importance of seasonality. *Aquatic Sciences*, 59, 48-56.
- Manca, M., Piscia R. & Visconti A. (2011) Indagini sullo zooplankton e sulla rete trofica pelagica attraverso analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto. In: C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. *Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2008-2012. Campagna 2010*. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 35-45.
- Morabito, G., Ruggiu D. & Panzani P. (2002) Recent dynamics (1995-1999) of the phytoplankton assemblages in Lago Maggiore as a basic tool for defining association patterns in the Italian deep lakes. *Journal of Limnology*, 61(1), 129-145.
- Moss, B., Hering D., Green A. J., Aidoud A., Becares E., Beklioglu M., Bennion H., Boix D., Brucet S., Carvalho L., Clement B., Davidson T., Declerck S., Dobson M., van Donk E., Dudley B., Feuchtmayr H., Friberg N., Grenouillet G., Hillebran H., Hobaek A., Irvine K., Jeppesen E., Johnson R., Jones I., Kernan M., Lauridsen T. L., Manca M., Meerhoff M., Olafsson J., Ormerod S., Papastergiadou E., Penning W. E., Ptacnik R., Quintana X., Sandin L., Seferlis M., Simpson G., Trigo C., Verdonschot P., Verschoor A. M. & Weyhenmeyer G.A. (2009) Climate change and the future of freshwater biodiversity in Europe: a primer for policy-makers. *Freshwater Reviews*: 2: 103-130.
- Obertegger, U. & Manca M. (2011) . Response of rotifer functional groups to changing trophic state and crustacean community. *Journal of Limnology*, 70(2), 231-238.
- Villa S., Bizzotto E. C. & Vighi M. (2011) Persistent organic pollutant in a fish community of a sub-alpine lake. *Environmental Pollution*, 159(4), 932-939.
- Visconti A. & Manca M. (2011) Seasonal changes in the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signatures of the Lago Maggiore pelagic food web. *Journal of Limnology*, 70(2), 263-271.
- Woodland R. J., Rodríguez M.A., Magnan P., Glémet H. & Cabana G. (2012) Incorporating temporally dynamic baselines in isotopic mixing models. *Ecology*, 93, 131-144.
- Zohary, T., J. Erez, M. Gophen, I. Bermanfrank & M. Stiller. 1994. Seasonality of stable carbon isotopes within the pelagic food web of Lake Kinneret. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 1030-1043.