

Fig. 6.5.3. Evoluzione della concentrazione del Carbonio Organico Particellato (POC:  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) nella zona eufotica (0-20m) e afotica (20-350 m) del Lago Maggiore nel periodo 1999-2012.

Per il PON non si è evidenziato nessun trend significativo. Questo non è sorprendente perché la concentrazione di azoto organico particellato è sempre molto bassa, prossima al limite inferiore del metodo analitico. La sua misura è, quindi, affetta da una variabilità analitica molto elevata e tale da mascherare le effettive variazioni di concentrazione del PON in lago.

E' interessante notare che i trend evidenziati sono significativi sia nello strato superficiale che in quello profondo, non soltanto per il carbonio della frazione particellata ma anche per la frazione totale, che include la frazione disciolta. Questo risultato indica come il Lago Maggiore, nonostante la sua olo-oligomissi, si comporti in realtà come un ecosistema unico anche considerando l'ipolimnio profondo che rispecchia quindi gli eventi che avvengono in superficie, seppur diluendo le intensità.

## 6.6. L'evoluzione trofica del lago: effetti sui popolamenti batterici

### 6.6.1. I popolamenti batterici

L'aumentata disponibilità di substrato organico totale (TOC) sembra aver influenzato la densità dei popolamenti batterici soltanto negli strati più superficiali dove si è osservato un significativo aumento del numero di cellule batteriche (Fig. 6.6.1). Nell'ipolimnio invece non è emerso alcun trend significativo per questa variabile. Tuttavia si nota un trend all'aumento fino al 2004 e dal 2005 invece si assiste ad una diminuzione.

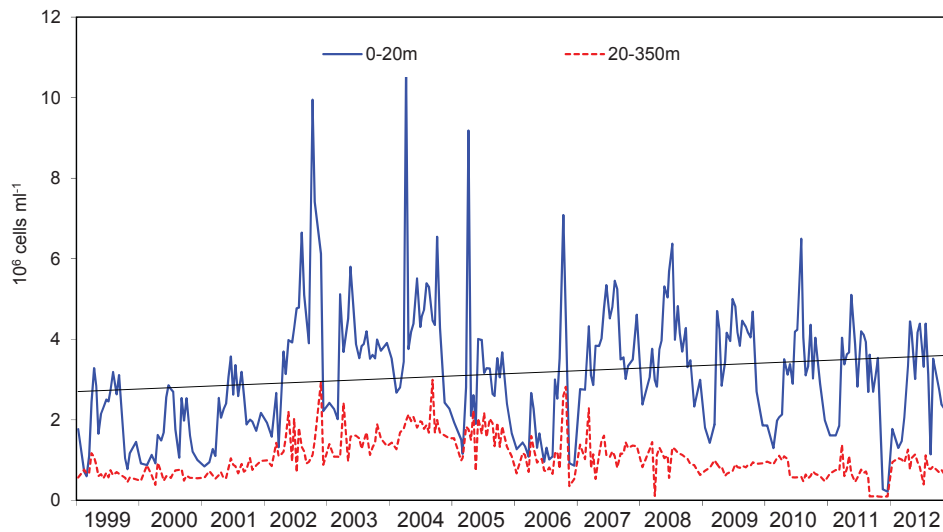


Fig. 6.6.1. Evoluzione della densità dei popolamenti batterici eterotrofi ( $\text{cell } 10^6 \text{ ml}^{-1}$ ) nella zona eufotica (0-20m) e afotica (20-350 m) del Lago Maggiore nel periodo 1999-2012.

Per quanto riguarda il biovolume cellulare batterico, importante per valutare il C batterico, esso è significativamente diminuito negli strati superficiali e non ha presentato un trend significativo in quelli profondi (Fig. 6.6.2.). Rimane inoltre confermata la maggior dimensione cellulare dei popolamenti batterici ipolimnici rispetto a quelli epilimnici, fenomeno questo già osservato negli ultimi 5 anni di indagine. Per questo parametro sembra evidente che si è assistito ad una progressiva diminuzione del volume cellulare medio fino al 2004 mentre da 2005 si è verificato un lento aumento.

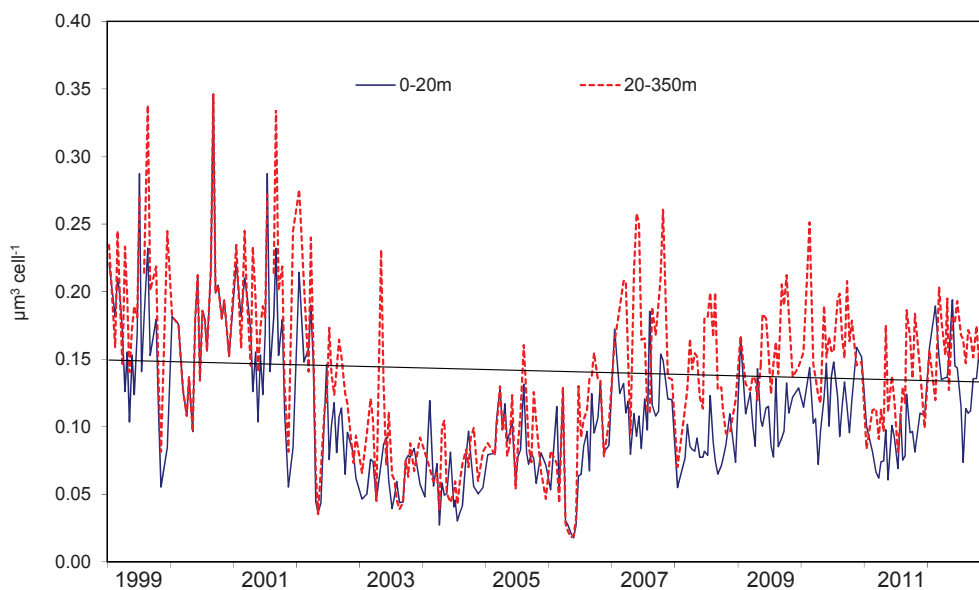


Fig. 6.6.2. Evoluzione del biovolume batterico cellulare medio ( $\mu\text{m}^3 \text{ cell}^{-1}$ ) nelle zone eufotica (0-20m) e afotica (20-350m) del Lago Maggiore nel periodo 1999-2012.

Il carbonio batterico è stato stimato a partire dal biovolume cellulare medio e dal numero di batteri e si può stimare applicando diverse formule. Finora una molto usata era quella di Norland (1993):

$$C_{batt} = 120 \times \text{Volume cellulare}^{0.72} \times \text{numero batteri}$$

Negli ultimi anni si sta usando maggiormente la formula di Loferer-Krösbacher (1998) riproposta da Posch et al (2001) che, se paragonata con Norland da stime più elevate di carbonio batterico perché considera che il carbonio è il 50% del peso secco:

$$C_{batt} = 218 \times \text{Volume cellulare}^{0.86} \times \text{numero batteri}$$

Entrambi sono modelli allometrici basati su funzioni empiriche con dati di batteri pelagici. Per questo lavoro di valutazione di dati a lungo termine e comparazioni con il carbonio (totale e particolato) misurato analiticamente abbiamo preferito usare il fattore di conversione di Posch et al (2001).

Il trend del carbonio organico di origine batterica nel periodo 1999 - 2012 è presentato nella Fig. 6.6.3. Esso è aumentato significativamente nello strato 0-20m mentre non è variato significativamente negli strati ipolimnici.

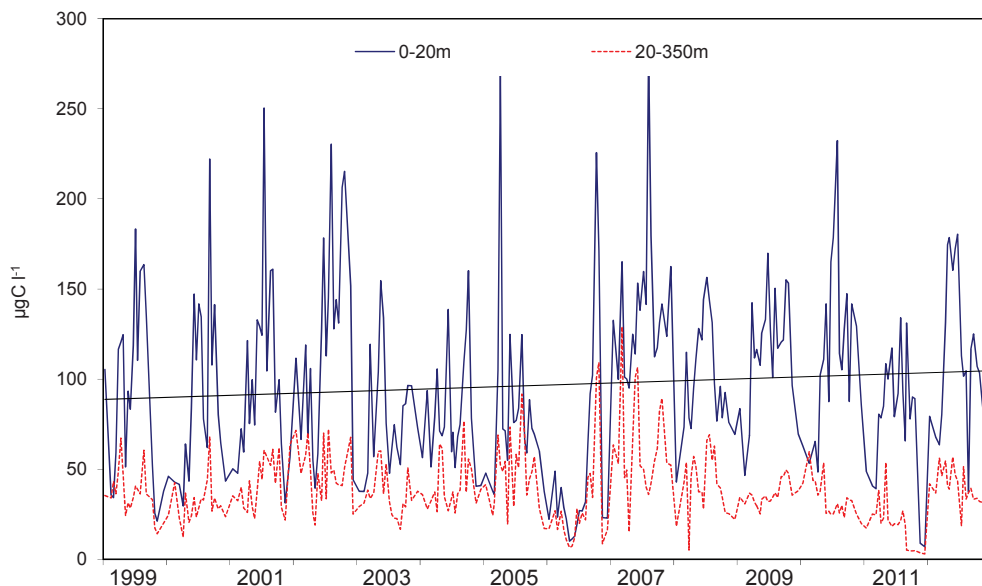


Fig. 6.6.3. Evoluzione Carbonio batterico (Loferer-Krössbacher) nelle zone eufotica (0-2m) ed afotica (20-350m) del Lago Maggiore nel periodo 1999-2012.

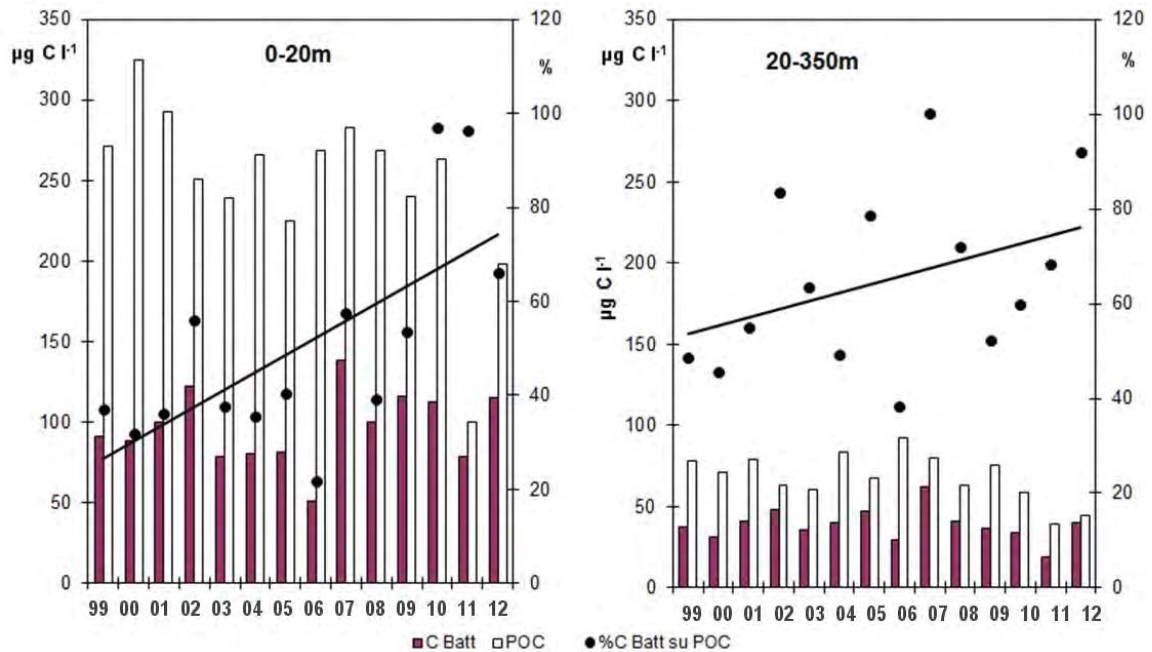


Fig. 6.6.4. Percentuale del carbonio batterico sul POC totale (C in  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) nel periodo 1999-2012 (zone eufotica (0-2m) ed afotica (20-350m) del Lago Maggiore).

Considerando i dati medi annuali, la percentuale del carbonio batterico sul POC totale tende ad aumentare dal 1999 al 2012 ( $r^2 = 0.235$ ) mentre nella zona 20-370 m non è invece visibile nessun trend (Fig. 6.6.4.). Questo risultato potrebbe indicare che c'è un aumento dell'importanza dei batteri rispetto al particolato totale che, nel Lago Maggiore, è prevalentemente di origine fitoplanctonica. Si sta, in altre parole, verificando uno spostamento verso una maggiore eterotrofia ed una maggior importanza del microbial loop. Questo è abbastanza tipico di ambienti oligotrofi dove il fitoplancton è comparativamente meno rilevante rispetto agli organismi decompositori.

E' interessante osservare (Fig. 6.6.5.) l'esistenza di una relazione inversa tra abbondanza e volume delle cellule batteriche. Sia negli strati superficiali che in quelli profondi sembra, infatti, che l'aumento del numero di cellule sia affiancato da un loro decremento dimensionale che determinerebbe una resilienza della biomassa batterica totale nel lago

Questa analisi dei dati medi annuali ripropone l'asserzione già fatta di un'inversione di tendenza, aumento del volume e diminuzione del numero di batteri, a partire dal 2004. Questo anno sembra indicare l'effetto di un qualche evento sulla comunità microbica. Quello che sappiamo dai dati pregressi è che dal 2003 è ricomparsa *Daphnia*, ed anche negli anni successivi la componente a cladoceri ha assunto una importanza che prima non aveva nella comunità zooplanctonica, mentre sono diminuiti i rotiferi coloniali. Sicuramente questi cambiamenti nella comunità dei consumatori di batteri e che sono legati a cambiamenti climatici, può avere influito sulle dimensioni e numero dei batteri.

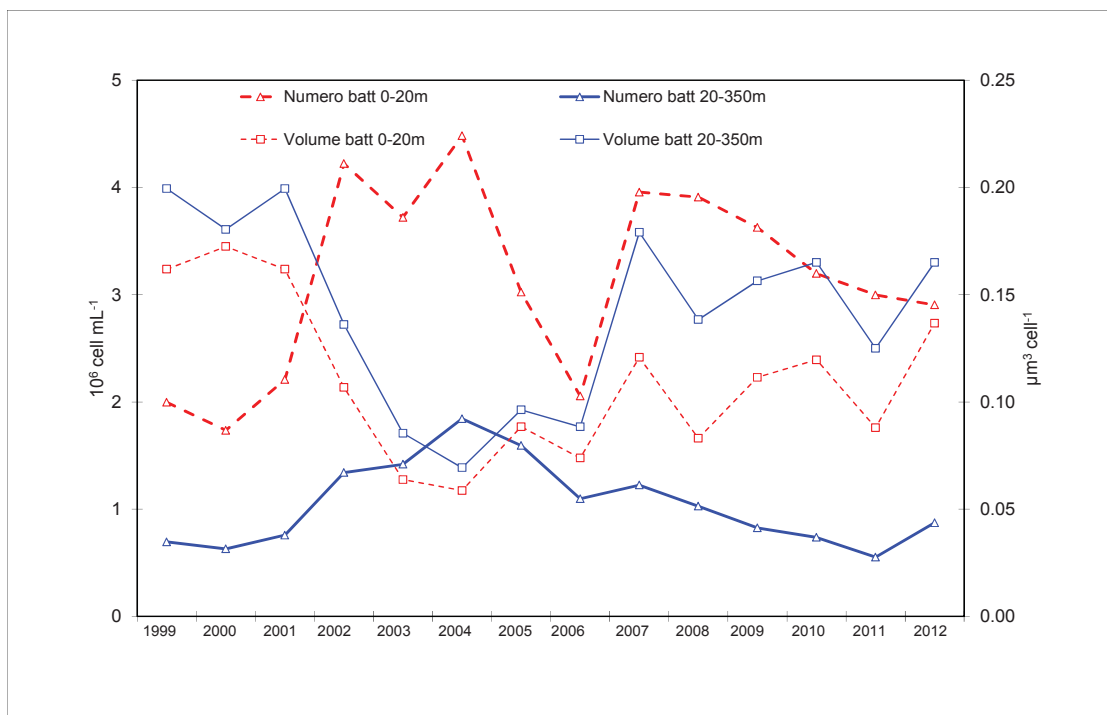


Fig. 6.6.5. Relazione tra abbondanza e volume delle cellule batteriche nel periodo 1999-2012 zone eufotica (0-2m) ed afotica (20-350m) del Lago Maggiore.

### 6.6.3. L'eterogeneità spaziale delle variabili relative al carbonio e ai popolamenti batterici

L'eterogeneità spaziale estiva nella zona epilimnica (0-20m) del lago Maggiore nel corso del quinquennio delle variabili relative al carbonio e ai popolamenti batterici è stata valutata mettendo in mappa per ciascuna variabile il valore medio quinquennale in ciascuna stazione di campionamento. La Figura 6.5.9 offre una visione sinottica di quanto emerge dai 5 anni sulla eterogeneità spaziale di alcune delle variabili considerate.

E' da notare che il seston, ossia il particolato totale organico ed inorganico, presenta i valori massimi in prossimità dei punti di immissione a lago dei principali affluenti: il Ticino ed il Toce.

Questo risultato sottolinea l'importanza degli apporti dal bacino imbrifero. Il confronto con le mappe relative al TOC ed al POC evidenzia però che si tratta di apporti prevalentemente di particolato inorganico perché le concentrazioni di TOC e POC sono inferiori nelle aree antistanti i due grandi immissari rispetto al resto del lago. Le più elevate concentrazioni di TOC e POC nella porzione centrale della cuvetta lacustre supporta l'origine prevalentemente autoctona di queste frazioni. Esse, inoltre, presentano una concentrazione crescente lungo l'asse nord-sud del lago che suggerisce una eterogeneità dello stato trofico di questo ecosistema che sembra più produttivo nelle zone centro meridionali. Questo gradiente dello stato trofico è confermato dalla eterogenea distribuzione del popolamento batterico, che pure presenta una densità crescente da nord a sud.

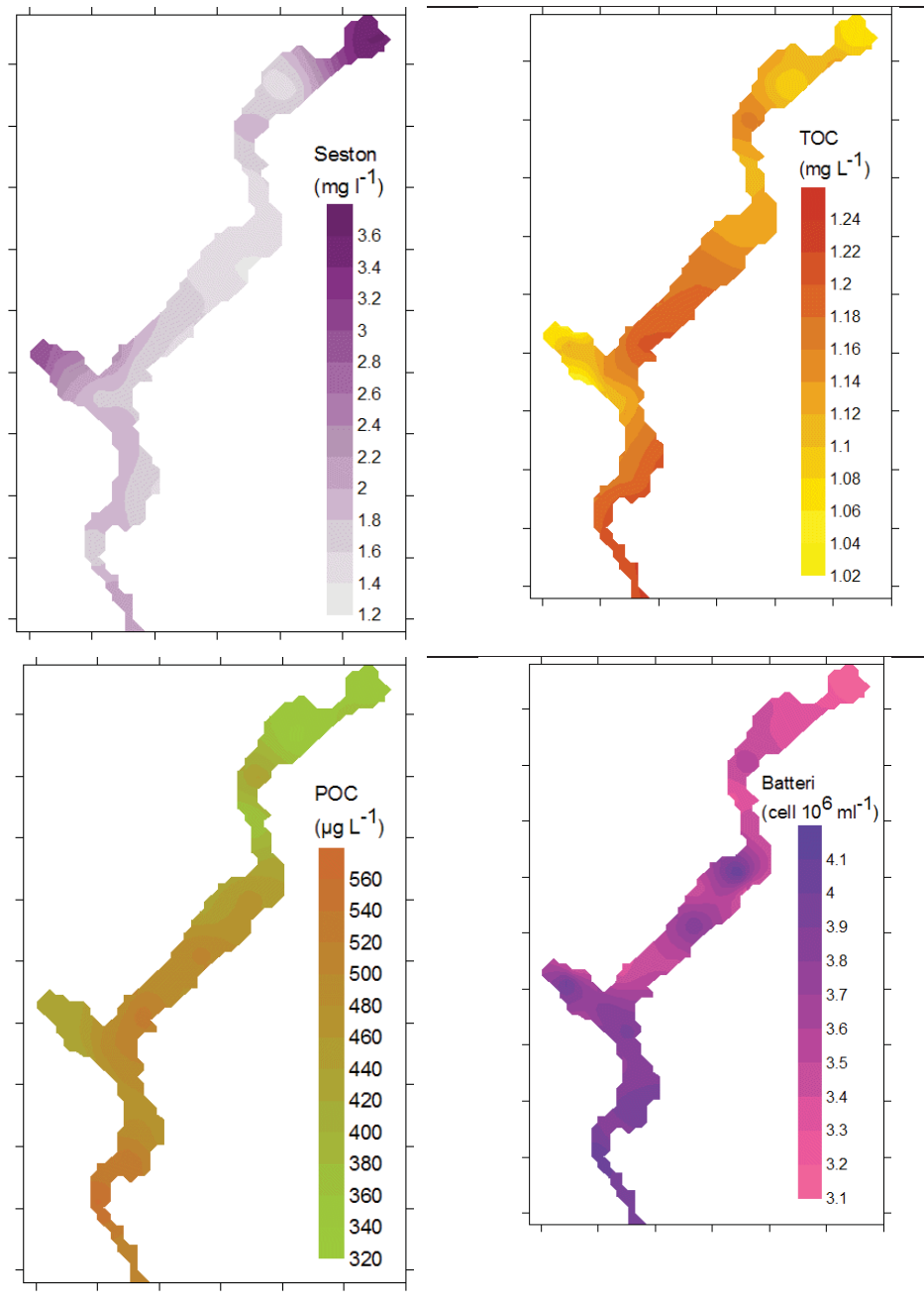


Fig. 6.6.3. Eterogeneità spaziale media (estati dal 2008 al 2012) del Seston, del TOC, del POC e dei popolamenti batterici nello strato 0-20 m del Lago Maggiore.

## Bibliografia

- Loferer-Krössbacher M, Klima J, Psenner R (1998) Determination of bacterial cell dry mass by transmission electron microscopy and densitometric image analysis. *Appl Environ Microbiol* 64:688–694
- Posch T, Loferer-Krössbacher M, Gao G, Alfreider A, Pernthaler J, Psenner R (2001) Precision of bacterioplankton biomass determination: a comparison of two fluorescent dyes, and of allometric and linear volume-to-carbon conversion factors. *Aquat Microb Ecol* 25:55–63