

## 6.4. Considerazioni generali sulla dinamica del fitoplancton

### 6.4.1. Struttura delle associazioni fitoplanctoniche

Data la natura silicea del suo bacino imbrifero, il Lago Maggiore si caratterizza come un “lago a diatomee”: questi organismi hanno sempre rappresentato la classe dominante, in termini di biovolume, all'interno delle associazioni fitoplanctoniche. Le fluttuazioni stagionali, interannuali e pluriennali delle diatomee del Maggiore sono state spesso prese a modello per tracciare gli eventi peculiari dell'evoluzione trofica dell'ecosistema e analizzare la sua risposta ai cambiamenti climatici (Marchetto *et al.*, 2004; Morabito *et al.*, 2012).

Anche nel quinquennio 2008-2012, la dinamica stagionale delle diatomee ha mostrato evidenti differenze tra i singoli anni, che, analizzate nel quadro pluriennale, possono essere indicatrici sia degli effetti della variabilità meteo-climatica locale, che di possibili cambiamenti nello stato trofico del sistema.

In particolare, variazioni nella dominanza di alcune di alcune specie, così come il declino o l'accresciuta importanza di altre, consentono di tracciare un quadro di sintesi dell'evoluzione recente, che, probabilmente, rispecchia la risposta della biocenosi fitoplanctonica nel suo complesso.

Ripercorrendo le tappe salienti della successione a diatomee negli anni dal 2008 al 2012, i seguenti fatti meritano di essere ricordati.

La primavera del 2008 è stata nuovamente caratterizzata dallo sviluppo consistente di *Tabellaria flocculosa*, dopo i valori di biomassa eccezionalmente elevati, raggiunti l'anno precedente, mentre nel 2009 questa specie si è notevolmente ridotta, tornando, tuttavia, ad occupare un posto di rilievo nell'associazione a diatomee sia nel 2010 che nel 2011. Nel 2012 *Tabellaria* è tornata su valori modesti. L'interpretazione di questa dinamica non è semplice, tuttavia, quanto osservato nell'ultimo decennio, sembra contrastare, in generale, con le osservazioni che indicano questa specie come un indicatore precoce di eutrofizzazione (Wessels *et al.*, 1999 ; Marchetto *et al.*, 2004 ; Dokulil and Teubner, 2005). Infatti, *Tabellaria* è tornata ad occupare una posizione dominante negli anni più recenti, quando il Lago Maggiore è entrato in una fase di oligotrofia relativamente stabile. Un'analisi approfondita dei fattori che controllano lo sviluppo delle diatomee (Morabito *et al.*, 2012), ha messo in evidenza come la dinamica pluriennale di questa specie sia fortemente condizionata da fattori meteo-climatici. In questa ottica, primavere caratterizzate da forte ventosità e temperature mediamente elevate, possono favorire la sua dominanza. Inoltre, essendo *Tabellaria* un ottimo competitore per il fosforo (Tilman *et al.*, 1982), essa, col progredire dell'oligotrofizzazione sarebbe stata avvantaggiata dalla ridotta disponibilità di nutrienti.

L'analisi della serie pluriennale (Morabito *et al.*, 2012), ha poi evidenziato come l'affermazione di *Tabellaria flocculosa* abbia coinciso con il progressivo declino di *Diatoma tenuis*, più legata a condizioni di mesotrofia. Quindi, la dinamica pluriennale delle diatomee pennate si presta ad interpretare la risposta dell'ecosistema sia alle forzanti climatiche che a quelle trofiche.

E' soprattutto sotto questo secondo aspetto, che i cambiamenti del quinquennio 2008-2012, per quanto riguarda l'associazione a diatomee, devono indurre a prestare una maggiore attenzione. Infatti, a partire dal 2009, si è osservata una ripresa di *Stephanoediscus alpinus*, che occupa la nicchia funzionale solitamente occupata da *Cyclotella*: la sostituzione di queste due centriche non è un segnale positivo in termini di

qualità ecologica, in quanto *Stephanodiscus*, rispetto a *Cyclotella*, è solitamente indicatore di acque a maggiore trofia. La sua inclusione nel gruppo delle specie dominanti per tre anni di seguito potrebbe essere un segnale di un nuovo cambiamento, in senso peggiorativo, dello stato trofico. In questo quadro si inseriscono altri due eventi: il primo è la riduzione di *Asterionella formosa* e *Fragilaria crotonensis* nelle primavere 2011 e 2012, a vantaggio di *Melosira varians* ed *Aulacoseira islandica* morf. *helvetica*, entrambe specie che privilegiano acque più ricche di nutrienti; il secondo è l'eccezionale sviluppo di *Diatoma tenuis*, registrato all'inizio del 2012, dopo anni in cui questa specie, indicatrice, come accennato in precedenza, di possibile aumento di trofia, era esclusa dal gruppo delle dominanti.

Altri fenomeni, caratterizzanti il quinquennio 2008-2012, fanno ipotizzare un aumento della disponibilità dei nutrienti algali nel Lago Maggiore: infatti, anche a carico di altri gruppi algali, sono state osservate dinamiche anomale, potenziali segnali di un peggioramento qualitativo delle acque, pur in un quadro di sostanziale stabilità degli indicatori di stato trofico attualmente utilizzati per la valutazione (numero di specie, clorofilla e biovolume medi annui).

Ci si riferisce, in particolare, agli episodi di fioritura che hanno interessato il bacino lacustre nell'arco degli ultimi dieci anni. Ricordiamo che il quinquennio 2003-2007 si era chiuso segnalando le massicce fioriture cianobatteriche (*Dolichospermum lemmermanni*) degli anni 2005-2007. Nel quinquennio attualmente in esame, questa specie non ha dato luogo a fioriture di analoga portata ed estensione spazio-temporale. Tuttavia, questo cianobatterio è sempre stato tra le specie dominanti, facendo anche registrare alcuni eventi di fioritura, peraltro modesti: nel 2010, il fenomeno ha interessato, tra fine agosto ed inizio settembre la parte centro-meridionale del lago, mentre nel 2011 un evento limitato è stato registrato nel mese di ottobre. Nessun episodio di rilievo è stato segnalato nel 2012.

Inoltre, sempre tra i cianobatteri, va messa in rilievo la tendenza ad una riduzione dell'importanza delle piccole Chroococcales: il contributo di questo ordine al biovolume algale era gradualmente cresciuto con il progredire dell'oligotrofizzazione e, quindi, l'inversione di tendenza degli ultimi anni potrebbe essere un ulteriore segnale di cambiamenti trofici, soprattutto se valutata in associazione con l'aumento di un'altra specie, indicatrice di eutrofia, ovvero *Aphanizomenon flos-aquae*, classificata tra le dominanti in alcuni anni del periodo 2008-2012.

Oltre alle fioriture dei cianobatteri, va sicuramente menzionata l'anomala proliferazione di *Mougeotia* sp. nell'estate del 2011, che ha raggiunto un picco di biomassa di  $8 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ , valore mai raggiunto da un gruppo algale nel corso dell'evoluzione recente dei popolamenti fitoplanctonici nel Lago Maggiore. L'evento si è protratto fino al mese di agosto, interessando una vasta porzione del bacino lacustre, come evidente dall'analisi di alcune mappe di trasparenza, elaborate a partire da immagini satellitari, ottenute con la collaborazione del CNR- Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (Fig. 6.4.1.).

Il rilevamento satellitare ha permesso di ricostruire in modo dettagliato l'evoluzione temporale della fioritura di cloroficee: questa si sviluppa nel mese di giugno, raggiungendo il picco intorno alla metà di luglio, con un'estensione spaziale che interessa tutto il Lago Maggiore. A partire dal mese di agosto si assiste ad un aumento generalizzato della trasparenza, ad eccezione di alcune porzioni del lago, dove, intorno alla metà di agosto, i valori rimangono bassi.

Questa cloroficea, con abbondanze relativamente basse, è sempre stata presente nel Lago Maggiore ed è estremamente comune in tutti i laghi profondi subalpini: fioriture di *Mougeotia* hanno avuto luogo anche nei laghi di Lugano e di Garda e sono state interpretate come segnale di peggioramento dello stato trofico (Salmaso, 2002; Simona, 2002).

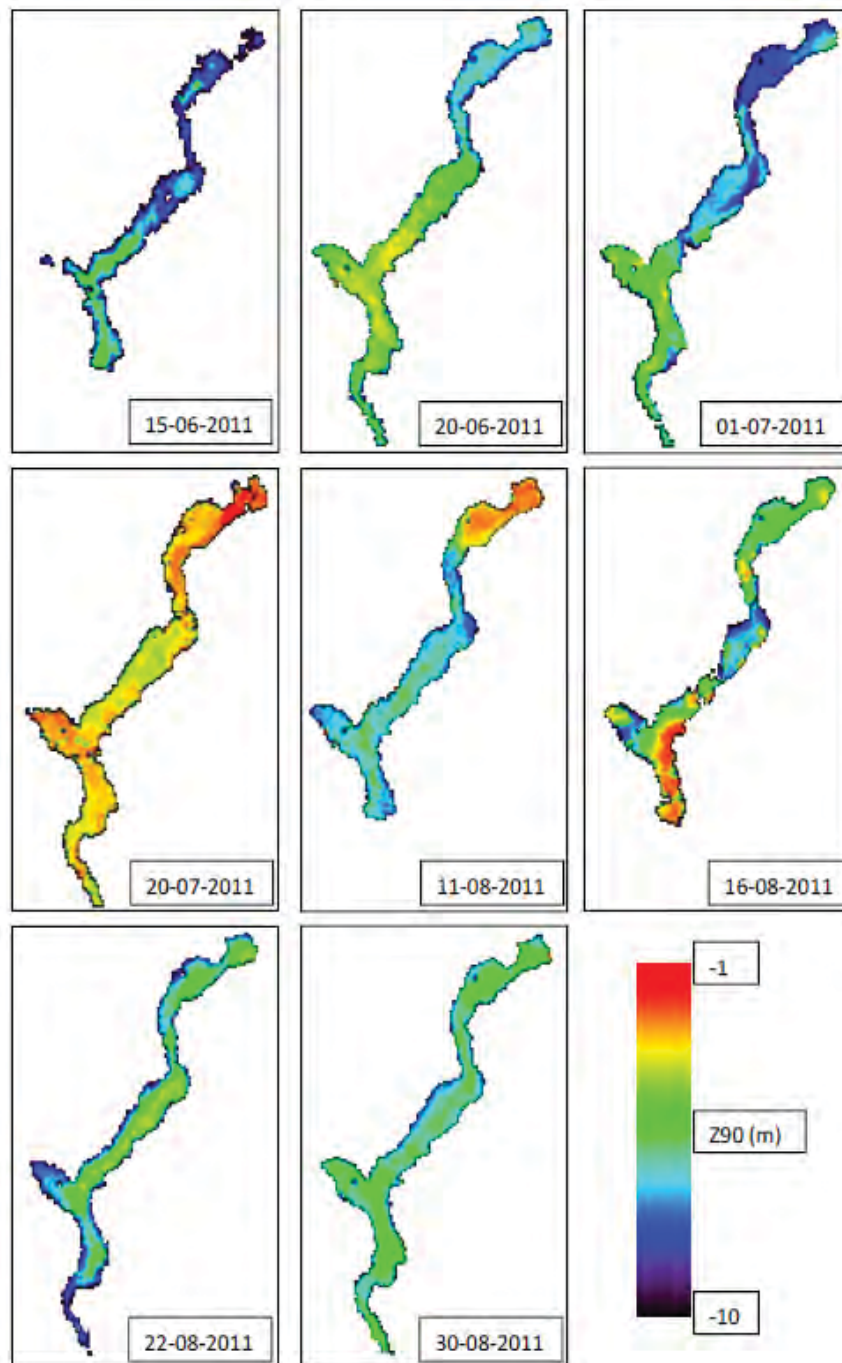


Fig. 6.4.1. Mappe di trasparenza ottenute dalla elaborazione di immagini satellitari acquisite tra giugno ed agosto 2011 (elaborazione CNR-IREA).

Nel caso del fenomeno occorso nel 2011, i dati disponibili non permettono di fare una valutazione precisa delle dinamiche che hanno portato allo sviluppo ed al mantenimento

della fioritura: si è trattato di un evento assolutamente eccezionale, che non ha avuto strascichi sulla dinamica del fitoplancton nel corso del 2012. E' possibile che, anche in questo, caso la concomitanza di condizioni climatiche favorevoli abbia permesso il protrarsi della fioritura per un tempo così lungo, tuttavia è evidente si debba ipotizzare l'esistenza di un adeguato rifornimento di nutrienti per permettere la crescita di una biomassa algale di questa entità.

#### 6.4.2. Indagini sulla distribuzione spaziale del fitoplancton

Durante il quinquennio 2008-2012 è stata indagata, per la prima volta in modo sistematico, la distribuzione spaziale del fitoplancton, attraverso campagne di misura effettuate con l'uso di un profilatore fluorimetrico del tipo Fluoroprobe-BBE.

I profili di fluorescenza sono stati effettuati in 27 stazioni, distribuite lungo l'intero bacino lacustre. In particolare, sono state individuate 12 stazioni pelagiche e 15 stazioni litorali, queste ultime posizionate in corrispondenza dell'isobata dei 25 metri (Fig. 6.4.2.).

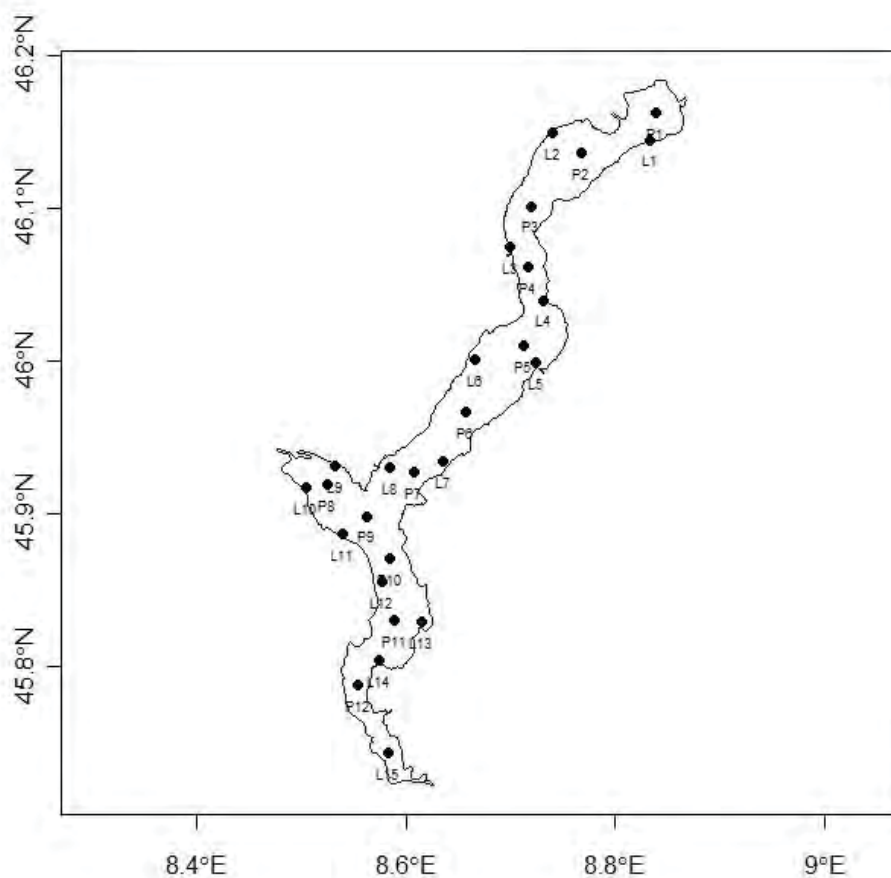


Fig.6.4.2. Posizione delle stazioni di campionamento scelte per la misura della distribuzione spaziale.

Lo strumento impiegato produce un'eccitazione dei pigmenti fluorescenti a 5 differenti lunghezze d'onda (450nm, 525nm, 570nm, 590nm e 610nm), che consentono di distinguere la risposta spettrale di quattro gruppi algali differenti (diatomee/crisofeece,

cloroficee, cianobatteri, criptoficee). Un sesto LED, che emette a 370 nm, permette di effettuare una misura relativa delle sostanze umiche.

La rappresentazione grafica dei dati raccolti è stata ottenuta costruendo matrici di dati spaziali ogni 0.5 metri, ottenuti attraverso medie aritmetiche delle misure fluorimetriche raccolte tra 0 e 0.5 metri, tra 0.5 e 1.0 metri e così via.

Lo studio della variabilità spaziale ha messo in evidenza l'esistenza di una certa disomogeneità nella distribuzione del fitoplancton e nelle caratteristiche fisiche del bacino del Lago Maggiore, dimostrando che l'eterogeneità spaziale non è una proprietà ecosistemica propria solo degli ambienti marini od oceanici. In particolare, cinque anni di indagini hanno permesso di individuare gli aspetti più rilevanti di questa eterogeneità, che si possono sintetizzare come segue: innanzitutto si è visto che la parte settentrionale e quella meridionale del bacino sono diverse per quanto riguarda le proprietà termiche della colonna d'acqua, con una temperatura epilimnetica media maggiore di quasi un grado ed una maggiore estensione dell'epilimnio nelle stazioni meridionali. A titolo di esempio si riporta la mappa delle temperature epilimniche ottenute dalle misurazioni effettuate nella campagna 2010 (Fig. 6.4.3.).

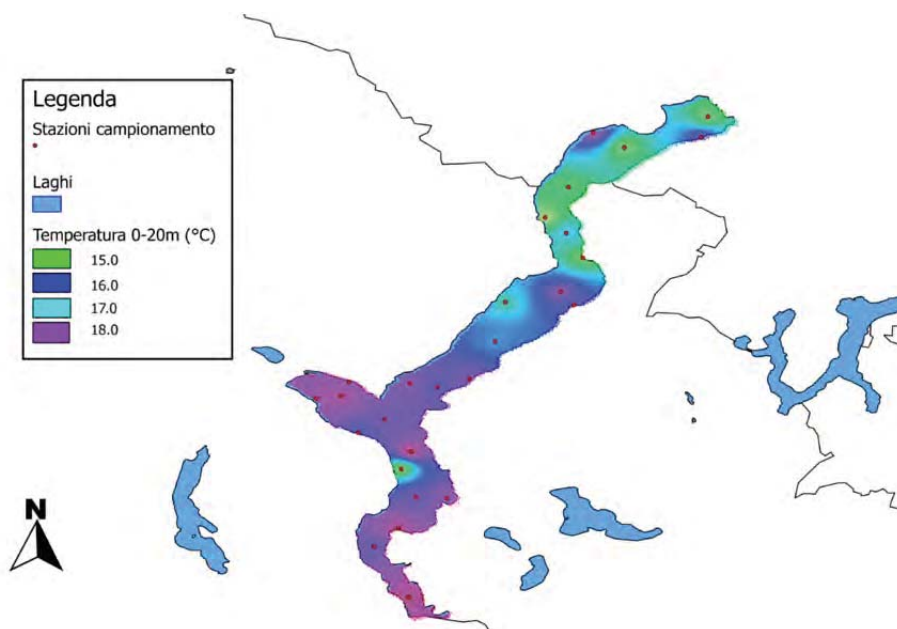


Fig. 6.4.3. Distribuzione della temperatura nello strato 0-20 metri il 27 Luglio 2010.

Il gradiente di temperatura ha, probabilmente un'influenza importante sulla struttura generale delle associazioni fitoplanctoniche: infatti, in tutte le campagne si è osservata una prevalenza di diatomee/crisoficee nelle le stazioni settentrionali del bacino, mentre in quelle meridionali sono più abbondanti le criptofite/cianobatteri. In alcune occasioni, nelle stazioni settentrionali del bacino sono state misurate concentrazioni di clorofilla sensibilmente più elevate che nella parte centro-meridionale: tali differenze potrebbero essere dovute ad una maggiore abbondanza delle popolazioni di diatomee, stimulate dagli elevati apporti di silicati provenienti dagli immissari Ticino e Maggia, oppure ad adattamenti fisiologici, causati, per esempio, da una minore insolazione delle stazioni più settentrionali.

Un altro problema che è stato possibile affrontare attraverso lo studio della distribuzione spaziale era quello relativo alla rappresentatività della stazione di



campionamento di Ghiffa rispetto alle condizioni globali del bacino lacustre, soprattutto in considerazione dell'esistenza di evidenti gradienti nord-sud. I dati raccolti mostrano che le stazioni delle parte centrale presentano una condizione intermedia e segnano il punto di transizione tra la situazione caratteristica della parte nord del lago e quella della parte sud: quindi, la stazione di Ghiffa si presta bene a rappresentare le condizioni medie dell'intero bacino, almeno nel periodo estivo, quando si sono svolte le campagne. Emblematici, in questo senso, i dati dell'estate 2008.

I dati ottenuti in occasione di questa campagna, inoltre, hanno fatto emergere l'influenza che i maggiori tributari possono avere nel modificare, in alcune stazioni, le caratteristiche chimiche della colonna d'acqua: per esempio, è stato evidenziato l'apporto di sostanze umiche provenienti dal Toce, che interessa una consistente porzione del Golfo Borromeo. Ma, soprattutto, è emerso il ruolo svolto da affluenti come il Tresa, proveniente dal Lago di Lugano ed il Bardello, proveniente dal Varese, nell'apportare nutrienti algali al Maggiore. Incrementi puntiformi della concentrazione di clorofilla in aree localizzate in prossimità della foce di questi immissari sono stati misurati, per esempio, in corrispondenza della stazione P5, alla foce del Tresa, come evidente nella figura 6.4.4.

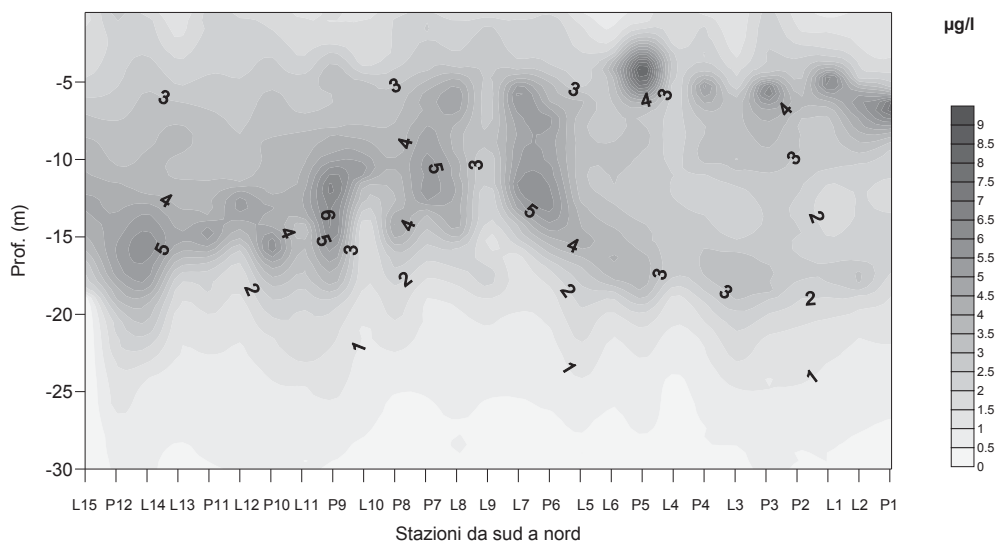


Fig. 6.4.4. Distribuzione spaziale della clorofilla totale nel bacino del Lago Maggiore in data 7-8 Agosto 2008. I nomi delle stazioni sono riportati in Fig. 6.4.2.

Infine, in occasione degli eventi di fioritura, i dati sulla distribuzione spaziale si sono rivelati importanti per acquisire un'informazione completa sull'estensione spaziale del fenomeno, non solamente lungo l'asse principale del bacino, ma anche lungo la verticale della colonna d'acqua: un buon esempio di questa applicazione è riportato in figura 6.4.5. e si riferisce alla fioritura di *Mougeotia* i dell'estate 2011.

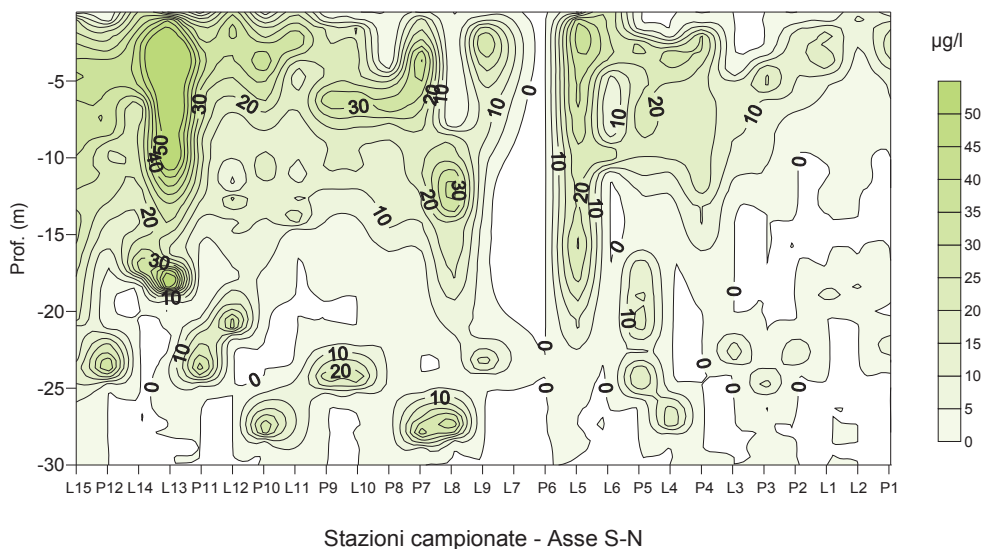


Fig. 6.4.5. Distribuzione spaziale della clorofilla attribuibile alle cloroficee nel bacino del Lago Maggiore in data 19 Luglio 2011. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 6.4.2.

### 6.4.3. Conclusioni

In conclusione, i dati raccolti nel quinquennio 2008-2012 hanno confermato, per quanto riguarda le caratteristiche strutturali complessive dei popolamenti algali, lo stato generale di fitoplancton oligotrofo emerse nel quinquennio precedente: l'andamento di parametri indicatori come la clorofilla media annua, la biomassa media annua ed il numero di specie algali sono in linea con la tendenza mostrata nella fase di oligotrofizzazione del lago. Tuttavia, alcuni segnali di una possibile inversione di tendenza sono emersi nel quinquennio in esame, come la comparsa non occasionale di specie algali con preferenze per acque più ricche di nutrienti, la riduzione di alcuni *taxa* che si erano affermati durante l'oligotrofizzazione e, soprattutto, il manifestarsi frequente di episodi di fioritura algale, che hanno raggiunto, in alcune occasioni entità rilevanti al punto da influire sulle possibilità di utilizzo delle acque lacustri.

Peraltro, anche in questo quinquennio, è stato confermato il ruolo chiave che le forzanti fisiche dell'ambiente lacustre esercitano nel guidare la dinamica delle successioni fitoplanctoniche, in relazione alla variabilità delle condizioni meteo-climatiche.

In questo contesto i mutamenti climatici globali e le loro ripercussioni sul clima locale, potrebbero giocare un ruolo chiave nel condizionare lo svolgimento delle successioni fitoplanctoniche negli anni a venire: per questo motivo appare sempre più decisivo riuscire a comprendere come la variabilità climatica possa interagire con i fattori che sono responsabili dell'apporto di nutrienti agli organismi algali, sia che questi vengano dall'interno del lago, a seguito della variabilità idrodinamica, sia dall'esterno, in relazione ad eventi meteorologici che influenzano gli apporti per dilavamento dal bacino.

### Bibliografia

Dokulil, M. T. & K. Teubner, 2005. Do phytoplankton communities correctly track trophic changes? An assessment using directly measured and palaeolimnological data. *Freshwater Biology*, 50: 1594–1604.

- Marchetto, A., A. Lami, S. Musazzi, J. Massaferrò, L. Langone & P. Guilizzoni, 2004. Lake Maggiore (N. Italy) trophic history: fossil diatom, plant pigments, and chironomids, and comparison with long-term limnological data. *Quaternary International*, 113: 97–110.
- Morabito, G., A. Oggioni & M. Austoni. 2012. Resource ratio and human impact: how diatom assemblages in Lake Maggiore responded to oligotrophication and climatic variability. *Hydrobiologia*, 698: 47-60.
- Salmaso, N. 2002. Ecological patterns of phytoplankton assemblages in Lake Garda: seasonal, spatial and historical features. *J Limnol.*, 61(1): 95-115.
- Simona, M. 2002. Winter and spring mixing depths affect the trophic status and composition of phytoplankton in the northern meromictic basin of Lake Lugano. *J Limnol.*, 62(2):190-206.
- Tilman, D., S. S. Kilham & P. Kilham, 1982. Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13: 349–372.
- Wessels, M., K. Mohaupt, R. Kummerlin & A. Lenhard, 1999. Reconstructing past eutrophication trends from diatoms and biogenic silica in the sediment and the pelagic zone of Lake Constance, Germany. *Journal of Paleolimnology*, 21: 171–192.