



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Regione Toscana



Report ARPAT



Laghi di Massaciuccoli, Chiusi e Montepulciano Anno 2014

***Monitoraggio straordinario
delle biotossine algali***

Area Vasta Costa – Settore Versilia Massaciuccoli e Settore Mare

Laghi di Massaciuccoli, Chiusi e Montepulciano Anno 2014

*Monitoraggio straordinario
delle biotossine algali*



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

2

Regione Toscana



Laghi di Massaciuccoli, Chiusi, Montepulciano. anno 2014

Monitoraggio annuale delle tossine algali presenti nei Laghi di Massaciuccoli, Chiusi e Montepulciano (annualità 2014)

Decreto G.R.T. n. 2859 del 4 luglio 2014 “L.R. 30/2009 – Art. 15 – Direttive A.R.P.A.T. – Annualità 2014. Allegato A”

A cura di:
Mario Cenni
ARPAT – Area Vasta Costa Settore Versilia-Massaciuccoli

Collaboratori:

Claudio Di Paolo, Ignazio Fragalà
ARPAT – Area Vasta Costa Settore Versilia-Massaciuccoli

Prove eseguite dai Laboratori di Area Vasta Toscana Costa:

U. O. Biologia, Sede di Pisa, Gioia Benedettini
Settore Mare, Sede di Piombino, Daniela Verniani

© ARPAT 2015

SE STAMPATO:

Stampato su carta che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica dell’Unione Europea – Ecolabel

INDICE

Presentazione	p. 5
Sintesi	p. 5
1 Introduzione	p. 7
1.1 Finalità e obiettivi	p. 7
2 Definizione degli indicatori	p. 9
3 Normativa e limiti di riferimento	p. 9
4 Materiali e metodi	p. 9
5 Risultati e Discussione	p. 11
Lago di Massaciuccoli	p. 11
Lago di Chiusi	p. 20
Lago di Montepulciano	p. 23
6 Conclusioni	p. 26

PRESENTAZIONE

ARPAT ricerca nel settore della qualità biologica delle acque superficiali sin dalla sua nascita (1995), avendo accolto al suo interno personale di eccellenza già operante, presso i Servizi Multizonali di Prevenzione, nel settore delle microalghe di acque marine e interne. Una tradizione trentennale di conoscenze acquisite ha consentito negli anni l'affermarsi di capacità di indagine di alto livello che hanno consentito di seguire l'andamento trofico di alcuni bacini lacustri della Toscana per tre decenni.

L'insorgenza di fioriture algali tossiche rappresenta la punta di diamante delle condizioni trofiche di un corpo idrico, allorché la compagine microalgale, alimentata da un elevato tasso di nutrienti di origine esterna nella colonna d'acqua, raggiunge valori talmente consistenti da innescare fenomeni di competizione interspecifica fra i gruppi. L'ipotesi è che in questo scenario le microalghe tossiche utilizzino tossine autoprodotte per prevalere numericamente sugli altri gruppi nella ricerca degli strati della colonna d'acqua più prossimi alla superficie.

Anni di apporti di nutrienti, provenienti dai territori circostanti molti laghi, hanno costituito sul loro fondale un cospicuo strato di materiale organico o scarsamente mineralizzato, in grado di per sé di continuare ad alimentare le fioriture rilasciando nella colonna d'acqua composti di fosforo e azoto, anche indipendentemente da ulteriori apporti esterni.

SINTESI

Indagine relativa alla presenza di fioriture algali tossiche in tre principali laghi della Toscana, sia per la verifica del loro stato trofico, sia ai fini dell'approvvigionamento idropotabile. L'esecuzione dell'indagine è svolta saltuariamente su richiesta della Regione Toscana sulla base di precedenti risultanze diagnostiche, non facendo parte degli abituali controlli sulle acque superficiali interne. La finalità del presente report è quindi di rendere nota, ai competenti uffici della Regione Toscana, la situazione di tre invasi naturali riguardo la presenza di tossine algali nell'anno 2014.

Trattasi dei laghi di Massaciuccoli, Chiusi e Montepulciano che da anni, con fasi alterne, superano i limiti di sicurezza per la presenza di **microcistina** e **primnesina**, le due tossine microalgali più presenti nei nostri invasi.

La microcistina è prodotta da *Microcystis* sp.pl. e può presentarsi sia in acque dolci che salmastre, ha rilevanza per la salute umana, animale e vegetale. Questa tossina è direttamente misurabile eseguendo analisi su campioni d'acqua lacustre. Molte linee guida hanno preso come riferimento il valore provvisorio di 1 µg/L per la microcistina-LR in acqua potabile fissato nel 1998 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). Tale valore è stato peraltro adottato come valore massimo ammissibile in diversi Paesi della UE ed extra-UE.

La primnesina è prodotta da *Prymnesium parvum* ed è esclusiva di ambienti salmastri, e quindi in Toscana del solo Massaciuccoli, produce estese morie di pesci ed uccelli in periodo invernale/inizio primaverile. La tossina non è rilevabile direttamente e la sua presenza è dedotta dall'indagine ottica al microscopio.

Lago di Massaciuccoli

Microcystis sp.pl. Il lago è da decenni in condizioni di ipereutrofia e il limite di 1 µg/L di microcistine totali viene superato costantemente durante il periodo estivo. Si sono verificati episodi di addensamento delle colonie negli anni scorsi con la formazione di masse consistenti di quasi un metro lineare di diametro. Anche nel 2014 il limite è stato superato. Il lago ai sensi del D.Lgs. 152/06 risulta nel 2014 in stato SCADENTE (vedi rapporto ARPAT Monitoraggio acque

superficiali: fitoplancton. Calcolo Indice complessivo del fitoplancton (ICF) 2014. D.Lgs. 152/06) .

Prymnesium parvum. Nel 2014 si è rilevata la specie nel solo mese di febbraio (vedi rapporto ARPAT Monitoraggio acque superficiali: fitoplancton. etc.). Non si sono registrate significative morie di pesci, dovute a primnesine, nel corso del 2014.

Lago di Chiusi

Microcystis sp.pl. Non si sono rilevati superamenti della soglia di tossine prodotte da *Microcystis* negli anni 2012 e 2014. Nel 2013 non sono state eseguite ricerche in assenza di specifico incarico regionale. Molto superiore alla soglia il risultato del 2011 (vedasi la tabella seguente). Nel 2014 il lago è risultato nello stato di BUONO (vedi rapporto ARPAT Monitoraggio acque superficiali: fitoplancton. etc.).

Lago di Montepulciano

Microcystis sp.pl. Sono stati rilevati due picchi notevolissimi di concentrazione della tossina al centro lago nei mesi di maggio e ottobre 2014 (7 volte il limite di accettabilità di 1 µg/l). Il lago nel 2014 è stato classificato come SUFFICIENTE (vedi rapporto ARPAT Monitoraggio acque superficiali: fitoplancton. etc.).

Tabella riassuntiva dei valori massimi di concentrazione di microcistine totali espresse in µg/l.

laghi di:	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Massaciuccoli	8,97	1,23	0,44	1,42	1,45	3,55	3,92	0,67	1,13	n.e.	1,5
Chiusi	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	0,05	8,09	0,99	n.e.	0,79
Montepulciano	n.e.	<0,1	0,14	n.e.	7,5						

n.e. : non eseguito; in rosso = sopra la soglia di 1 µg/l

Parole chiave:

fioriture algali
tossine algali
microcistine
Microcystis

1. INTRODUZIONE

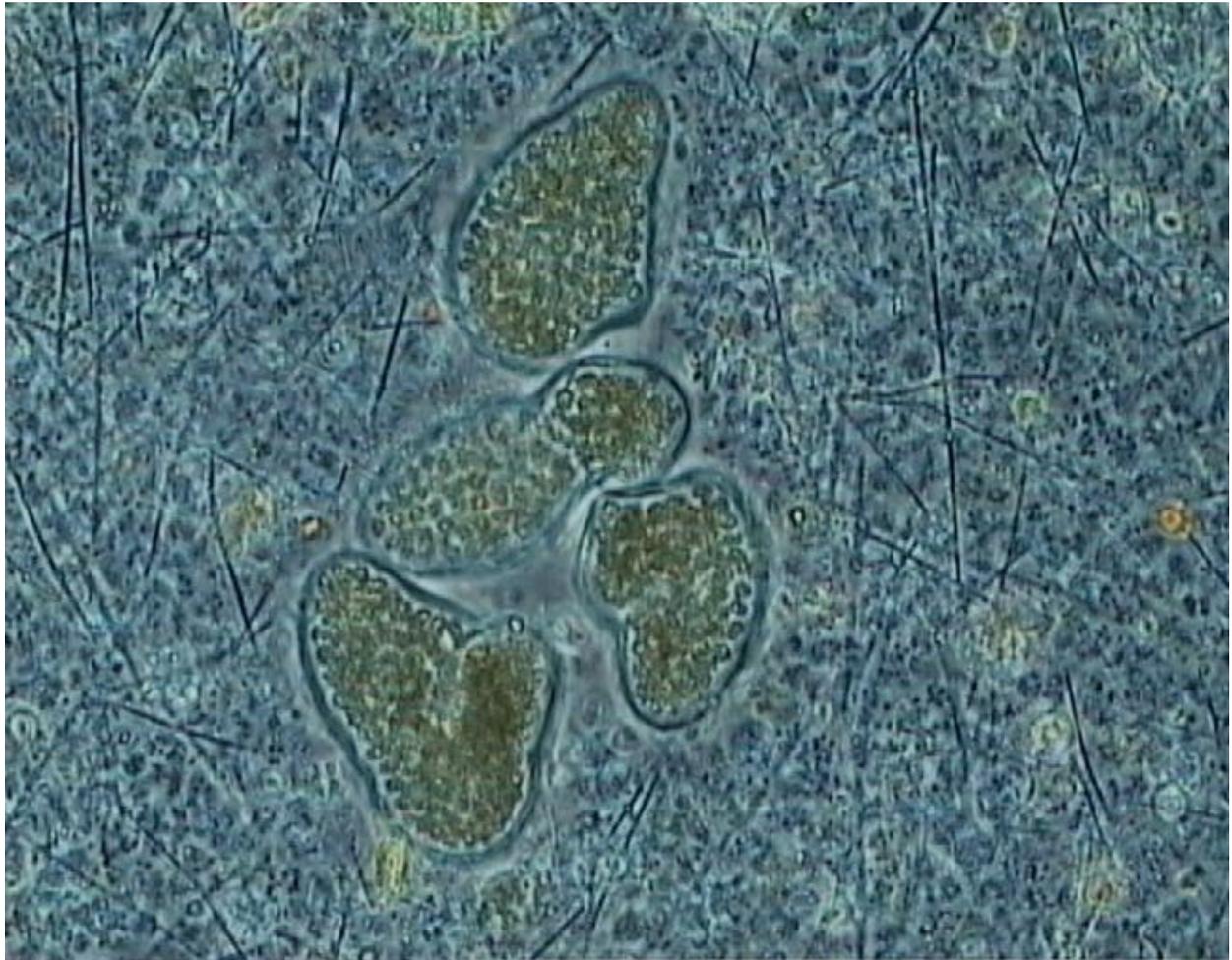
Il Disciplinare tecnico n°1/2014 (vedi sotto) configura le attività agenziali Istituzionali Non Obbligatorie (INO), eseguite in alcuni laghi naturali toscani, con il fine di acquisire informazioni ulteriori rispetto a quanto previsto dai controlli eseguiti in esecuzione del D.Lgs. 152/2006. In particolare trattasi della determinazione delle tossine prodotte in ambienti eutrofici da alcune specie microalgali, cianoficee, potenzialmente nocive sia all'ambiente che alla salute umana.

Disciplinare tecnico n. 1																
TITOLO DEL PROGETTO	Monitoraggio straordinario delle biotossine algali e dei connessi parametri ambientali presenti nel Lago di Massaciuccoli Chiusi e Montepulciano															
ATTO/I DI RIFERIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Legge Regionale 22 giugno 2009, n°. 30 “Nuova disciplina dell’Agenzia per la protezione ambientale della Toscana (ARPAT)”. • Delibera del CRT n°. 7 del 27 gennaio 2010 “Legge Regionale 22 giugno 2009, n. 30 (Nuova disciplina dell’Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana”ARPAT”). Articolo 13 – carta dei servizi e delle attività di ARPAT • Delibera di G.R.T. n. 1075 del 9 dicembre 2013 “L.R. 30/2009 – Art. 15 – Direttive A.R.P.A.T. 2014” . Allegato C 															
OBIETTIVI E DESCRIZIONE	<p>La valutazione del livello delle biotossine algali è necessaria sia ai fini della valutazione degli effetti dell' eutrofizzazione delle acque che come input di eventuali misure di tutela sanitarie in relazione agli usi delle stesse.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">tipologia</th> <th style="width: 25%;">identità</th> <th style="width: 25%;">cadenza controlli</th> <th style="width: 25%;">tipologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bacini fortemente eutrofici, rischio sanitario in corso</td> <td>Lago di Massaciuccoli</td> <td> <p>Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali</p> <p>Mensile da dicembre a marzo per <i>Prymnesium parvum</i></p> </td> <td>ricerca tossine, specie algali presenti</td> </tr> <tr> <td>Bacini mesotrofici a rischio di fioriture tossiche</td> <td>Lago di Chiusi Lago di Montepulciano</td> <td>Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali</td> <td>ricerca tossine, specie algali presenti</td> </tr> </tbody> </table>				tipologia	identità	cadenza controlli	tipologia	Bacini fortemente eutrofici, rischio sanitario in corso	Lago di Massaciuccoli	<p>Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali</p> <p>Mensile da dicembre a marzo per <i>Prymnesium parvum</i></p>	ricerca tossine, specie algali presenti	Bacini mesotrofici a rischio di fioriture tossiche	Lago di Chiusi Lago di Montepulciano	Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali	ricerca tossine, specie algali presenti
tipologia	identità	cadenza controlli	tipologia													
Bacini fortemente eutrofici, rischio sanitario in corso	Lago di Massaciuccoli	<p>Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali</p> <p>Mensile da dicembre a marzo per <i>Prymnesium parvum</i></p>	ricerca tossine, specie algali presenti													
Bacini mesotrofici a rischio di fioriture tossiche	Lago di Chiusi Lago di Montepulciano	Mensile da maggio a settembre 2014 per le microcistine totali	ricerca tossine, specie algali presenti													

1.1 Finalità e obiettivi

ARPAT, sia ai fini della valutazione del grado di eutrofizzazione delle acque che come input di eventuali misure di tutela sanitaria in relazione al loro uso, già da alcuni anni sta effettuando il monitoraggio delle biotossine algali nel Lago di Massaciuccoli e nell'invaso del Bilancino; tali indagini, nell'anno 2011, sono state estese anche ai laghi di Chiusi, Montepulciano e all'invaso di

Montedoglio. A partire dall'anno 2012 la Regione Toscana ha limitato le ricerche a Massaciuccoli, Chiusi e Montepulciano.



La crescita e le fioriture dei cianobatteri nelle zone temperate dipendono dalle temperature, ideali tra 10° e 30°C, e dalle specifiche caratteristiche della cianofitea: per esempio, *Microcystis* passa l'inverno sotto forma di colonie vegetative manifestandosi come fioriture in genere in tarda estate, inizio autunno. I principali elementi coinvolti nel processo di eutrofizzazione sono il fosforo (fosfati), l'azoto (nitrati e ammoniaca) e il carbonio. In particolare i cianobatteri sono favoriti in ambienti dove la principale fonte di azoto è costituita da azoto ammoniacale. Inoltre il pH elevato permette alle colonie di cianofitee di utilizzare efficacemente la CO₂ anche a basse concentrazioni inibendo lo sviluppo di altre alghe.

La fioritura di una specie tossica è però solo potenzialmente pericolosa: nel caso delle microcistine è stato appurato che la tossicità dipende dalla presenza di un gene che codifica la produzione della tossina e in natura un popolamento è formato sia dal genotipo "tossico" sia da quello "non tossico". I fattori ambientali non sono in grado di interferire nell'espressione di questo gene pertanto la produzione di tossine sarà conseguenza dell'aumento della parte della popolazione di *Microcystis* contenente il gene "tossico" in modo del tutto casuale. La produzione delle tossine aumenta con la fase di crescita esponenziale e diminuisce mano a mano con la fase stazionaria.

2. DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI

Nella tabella che segue sono indicati i parametri ricercati per ciascun corpo idrico con le frequenze di campionamento:

Tipologia	Stazione	Cadenza controlli	Parametri ricercati
Bacini fortemente eutrofici, rischio sanitario in corso	Lago di Massaciuccoli	Mensile da maggio a settembre per le microcistine e da dicembre a marzo per <i>Prymnesium</i>	ricerca tossine, dati fisico-chimici specie algali presenti
Bacini mesotrofici a rischio di fioriture tossiche	Lago di Chiusi Lago di Montepulciano	tardo primaverile inizio autunnale	

A corredo dei parametri principali sopra indicati sono stati ricercati, nei punti di controllo, anche i valori di pH, conducibilità, temperatura, trasparenza e ossigeno disciolto percentuale e ponderale.

3. NORMATIVA E LIMITI DI RIFERIMENTO

Relativamente alla presenza di microcistine si precisa che, in caso di approvvigionamento ad uso idropotabile, in seguito alla richiesta specifica della Regione Toscana, relativa alla presenza di microcistina, l'Istituto Superiore di Sanità, con prot. 24362/06 del 28/02/2006 aveva confermato il limite proposto dall'OMS pari a **1 µg/l** di microcistina-LR totale. Si ricordano inoltre i seguenti limiti, previsti per le acque potabili: Conducibilità: 2500µS/cm, pH: 6,5 – 9,5.

La vigente normativa sulle acque destinate alla balneazione (D. Lgs. 116/2008) fissa per questa biotossina il limite di 25 µg/L.

4. MATERIALI E METODI

Lago di Massaciuccoli

Il bacino di Massaciuccoli è sotto controllo mensile continuativo da almeno 15 anni a causa delle annuali fluttuazioni delle popolazioni di *Microcystis sp. pl.* e della sua tossina (microcistina). Negli anni, sino al 2005, si sono eseguiti controlli su di un numero molto maggiore di stazioni, che erano arrivate a 15 nel momento in cui fu necessario individuare l'origine dei principali nutrienti (fosforo e azoto). Successivamente le stazioni, una volta individuate le caratteristiche delle fioriture ed anche per abbattere i costi delle indagini, le stazioni di campionamento si erano ridotte a due nel 2012, M01 – Centro Lago ed M21 – Canale Burlamacca. I monitoraggi furono interrotti nel 2013 e ripresi nel 2014 con tre stazioni, Lago Est, Centro Lago e Lago Ovest. La

cadenza dei campionamenti è invece stata ristretta ai mesi maggio-settembre per la microcistina ed è rimasta mensile per garantire la puntuale conoscenza delle fluttuazioni stagionali della tossina. Le medesime stazioni sono state utilizzate per la raccolta e la lettura del fitoplancton alla ricerca della presenza della specie di acque salmastre *Prymnesium parvum*, produttrice della tossina primnesina, in grado di produrre estese morie di pesce.

Laghi di Chiusi e di Montepulciano

I due laghi sono stati sottoposti a screening per le microalghe in conseguenza del recente peggioramento della qualità ambientale subito da entrambi gli invasi. Tale concomitante situazione deriva come noto dal fatto che i due corpi idrici sono in connessione grazie ad un breve canale. Si sono quindi ipotizzati, per ciascun invaso, campionamenti mensili nel periodo compreso tra maggio e settembre, concomitante con il raggiungimento di una temperatura superficiale della colonna d'acqua compresa fra 20 e 25°C (massimo sviluppo della microalga *Microcystis sp.*). Nel lago di Chiusi la localizzazione delle stazioni di campionamento è stata fissata a centro lago, alla base ed all'estremità dei due pontili presenti, per un totale di cinque punti. Nel lago di Montepulciano le stazioni sono state individuate al centro lago e presso le sponde est e ovest.

Invaso di Bilancino e Invaso di Montedoglio

Gli invasi non sono stati investigati nel 2013 e nel 2014 in assenza di indicazioni in merito dalla Regione Toscana. Le condizioni trofiche di questi invasi sono infatti al momento più rassicuranti rispetto alla possibilità che si verificino fioriture di *Microcystis*. La specie *Prymnesium parvum* non è presente in questi invasi come pure nei laghi di Chiusi e Montepulciano per la totale assenza di sale marino nelle acque.

I controlli sono stati eseguiti su due linee diverse di ricerca: una sulla presenza di microcistina e l'altra basata sulla identificazione della compagine microalgale nelle acque superficiali e profonde (campione integrato: aliquota di campione ad ogni metro sino a 2,5 volte la prof. fotica).

La presenza di microcistina è stata accertata per mezzo di Kit analitici Elisa. I risultati dello screening consentono di evidenziare la presenza della tossina ma non di identificare quale delle svariate (80) specie di microcistine siano presenti. Si precisa quindi che le analisi eseguite con il metodo Elisa a nostra disposizione rendono conto della presenza globale di tutte le diverse forme di microcistina e non solo di quelle tossiche (microcistina LR). Questo comporta che i valori espressi sono approssimati per eccesso rispetto alla reale pericolosità delle acque dei bacini oggetto di studio.

La lettura del fitoplancton viene eseguita con microscopio invertito a 400x utilizzando il metodo delle celle di sedimentazione di Uthermol. Questo metodo d'indagine consente anche di eseguire la ricerca di *Prymnesium parvum* per la ricerca della cui tossina non esistono metodi analitici specifici.

I campioni sono stati eseguiti con una barca canadian in alluminio di 4,5m con motore 9hp.

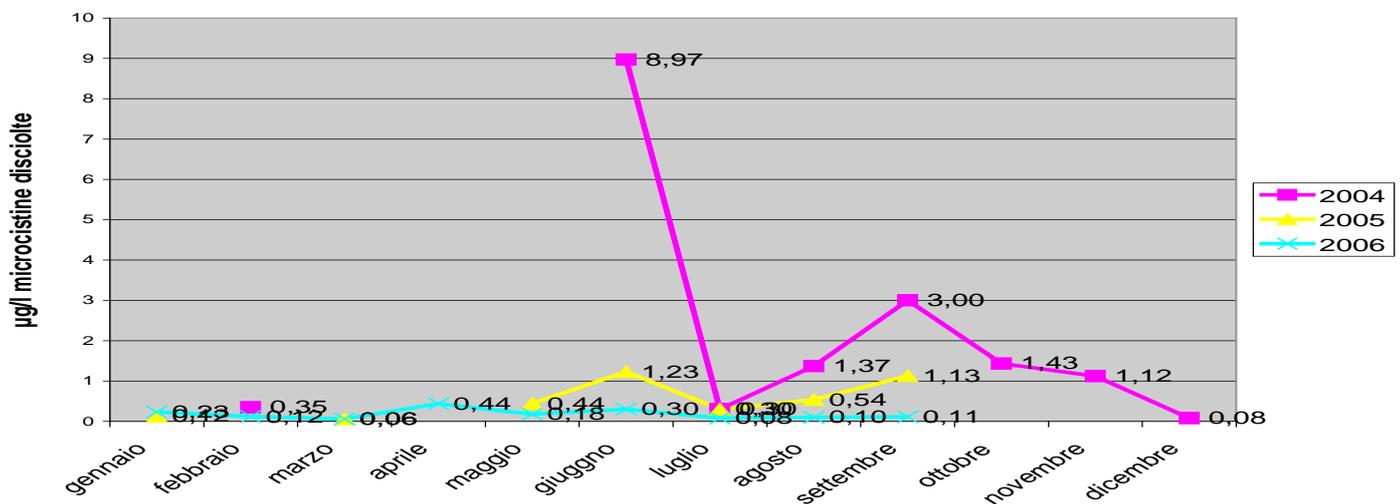
5. RISULTATI e DISCUSSIONE

Lago di Massaciuccoli



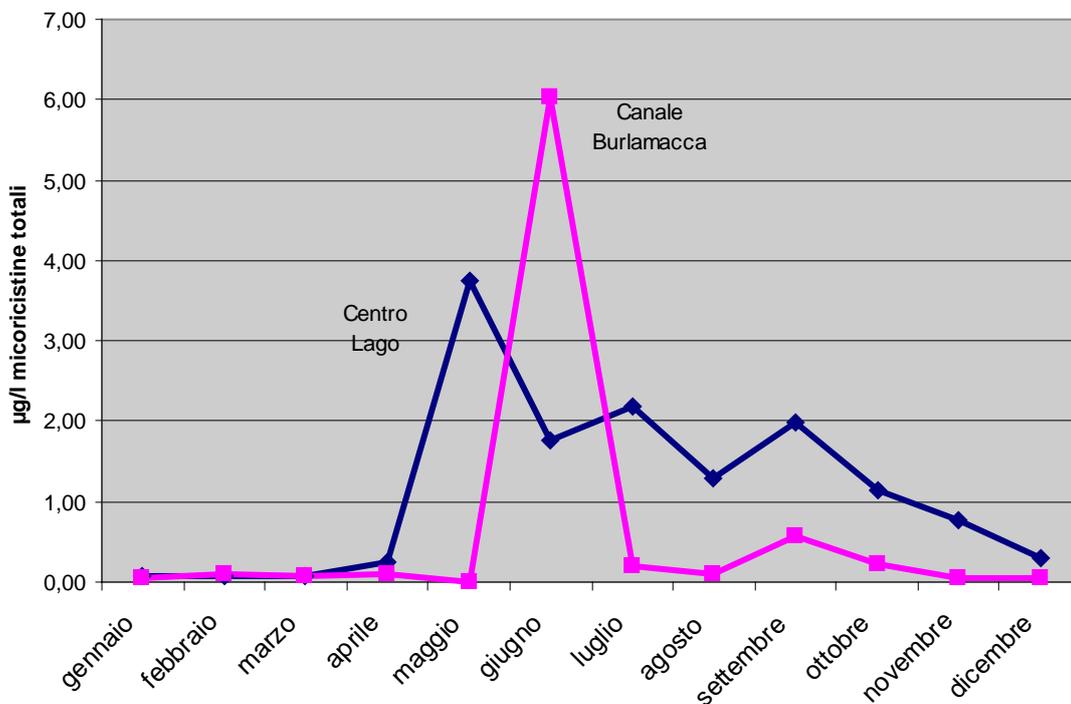
La presenza delle cianofeece nel Lago di massaciuccoli è stata rilevata nell'ambito di indagini, iniziate già dagli anni '70, finalizzate allo studio dell'ecologia della crisoficea *Prymnesium parvum* in relazione agli effetti tossici che questa alga provocava e alle conseguenti morie di fauna ittica. In questo ambito si rilevò la presenza di *Microcystis* sp.pl.. Limitatamente allo screening ambientale sull'attività di produzione della tossina da parte di *Microcystis aeruginosa*, sino al 2006 erano state ricercate le tossine disciolte in acqua senza considerarne il contenuto totale (disciolto + intracellulare = totale). Se ne riporta un sunto per gli anni 2004-2006 nella tabella sottostante per la stazione Centro Lago.

Massaciuccoli - microcistine disciolte 2004-5-6 a Centro Lago



Solo a far data dal 2007 si è iniziato a misurare la presenza totale (intra ed extracellulare) della tossina nelle acque del lago, attività che ha evidenziato l'estrema variabilità della sua concentrazione locale, dipendente da una serie cospicua di fattori.

Massaciuccoli - Centro Lago e Canale Burlamacca 2009 esempi di variabilità locale



Fra questi si ricordano *in primis* il vento, che sposta le fioriture superficiali nelle anse, la temperatura (il *bloom* appare massimo a temperature dell'acqua prossime a 25°C), e la disponibilità di nutrienti. Un esempio di tale variabilità è dato dalla variazione avvenuta nell'anno 2009 fra le stazioni di Centro Lago e del Canale Burlamacca riportata nel grafico precedente.

Sono frequenti le oscillazioni locali della concentrazione della tossina e della microalga negli anni, al punto che si ha la certezza di non riuscire a “cogliere” ed apprezzare situazioni locali di alte concentrazioni. Non sono infrequenti condizioni in cui è evidente la presenza della specie in localizzazioni dove il vento o gli spostamenti di masse d'acqua fanno accumulare le cellule. Un caso eclatante è quello del 5 luglio 2004 quando in seguito ad un piovasco estivo il lago scaricò nel Canale Burlamacca ingenti volumi d'acqua ricchi di colonie di cellule microalgali. La differenza di salinità (più alta nel canale Burlamacca, e ancor più nel recettore, il porto di Viareggio) fece sì che le colonie si addensassero a causa dell'estrazione dell'acqua interna ad esse, e si formassero delle vere e proprie “zolle” o “materassi” di microalghie galleggianti, dall'apparenza gelatinosa, che raggiunsero il mare e si distribuirono sulla costa a Nord di Viareggio, sino agli arenili di Marina di Pietrasanta.



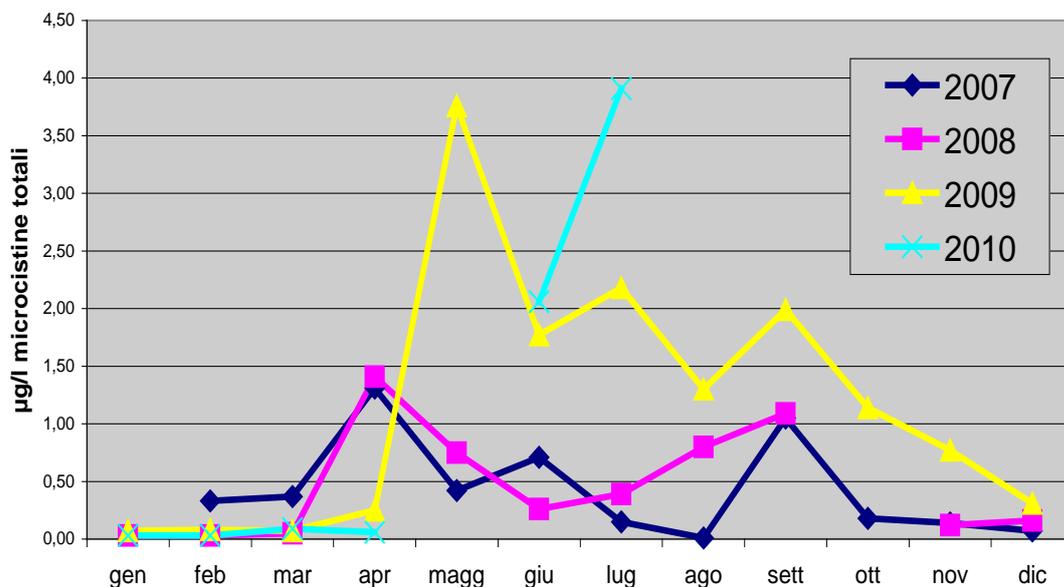
La concentrazione della tossina disciolta (all'epoca si misurava solo la disciolta) raggiunse il limite massimo sino ad oggi registrato di $10,33 \mu\text{g/l}$ il giorno 8 giugno 2004 di fronte al Canale Barra. Pur non avendo evidenze del rapporto esistente nelle concentrazioni fra disciolta e totale si segnala che la misura della disciolta è sempre inferiore alla totale.



Nondimeno anche nel 2012 si sono verificate fioriture straordinarie in alcuni punti di accantonamento della superficie del lago (vedi foto a lato).

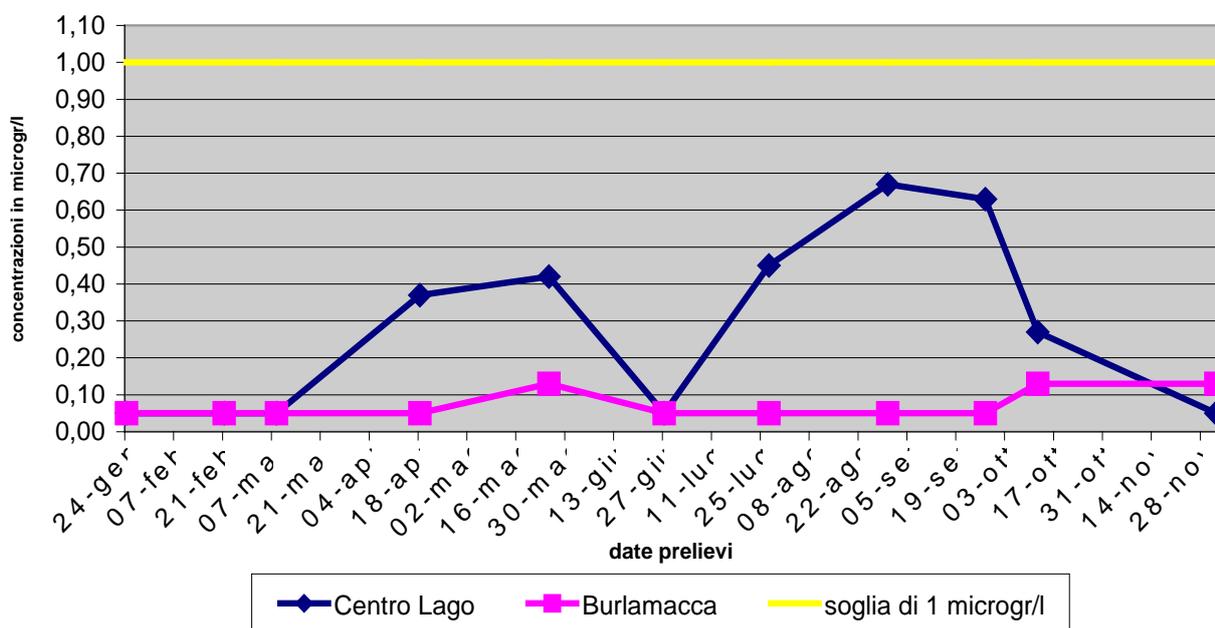
Una valutazione globale dell'evoluzione negli anni 2007-10 è fornita nel grafico successivo, riferito alla stazione Centro Lago. L'andamento conferma che la maggiore produzione di tossina avviene nei periodi primaverile e tardo estivo.

Massaciuccoli - Centro Lago. Concentrazione microcistine totali anni 2007-2010



Nel 2011 si evidenziò una inconsueta bassa presenza di tossina, probabilmente dovuta all'andamento stagionale che non ha consentito un sufficiente irradiazione solare, tale da permettere alla colonna d'acqua di raggiungere la temperatura critica superficiale di 25°C. La presenza microalgale e la produzione della tossina, come detto, avvengono infatti nella tarda primavera e all'inizio dell'autunno in concomitanza con il raggiungimento di tali temperature.

Concentrazioni microcistine totali a Massaciuccoli 2011



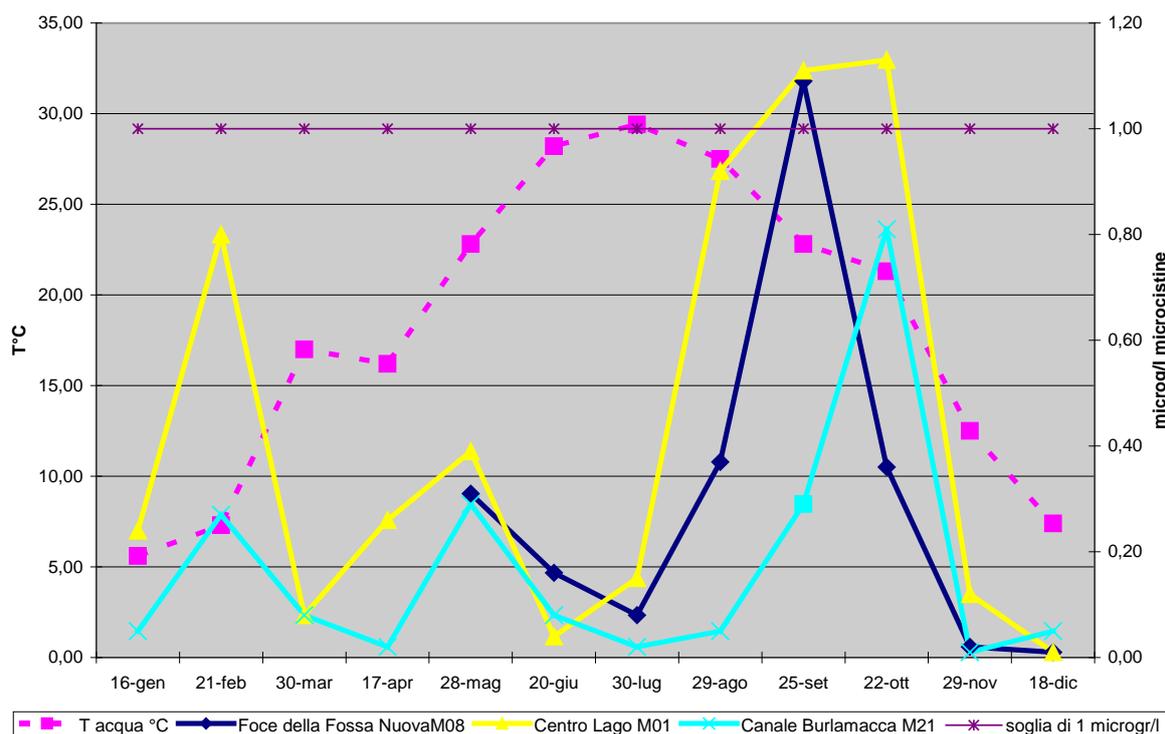
Nel grafico precedente è possibile individuare per il 2011 i due picchi primaverile ed autunnale con facilità. Allo stesso modo il grafico evidenzia la forte discrepanza fra le concentrazioni raggiunte nelle due stazioni, risultando quella sul canale Burlamacca costantemente al di sotto dei valori del Centro Lago. La scelta della stazione Burlamacca discende da preoccupazioni di ordine sanitario, a suo tempo presentate ad ARPAT, di cui furono latori alcuni operatori turistici della zona. In realtà la stazione riveste scarso interesse ecologico e fornisce basse informazioni ambientali in quanto costantemente influenzata dall'apporto di acque marine dal Canale Burlamacca stesso.

Anno 2012

Nel 2012 l'andamento delle concentrazioni di microcistine totali è stato il seguente:

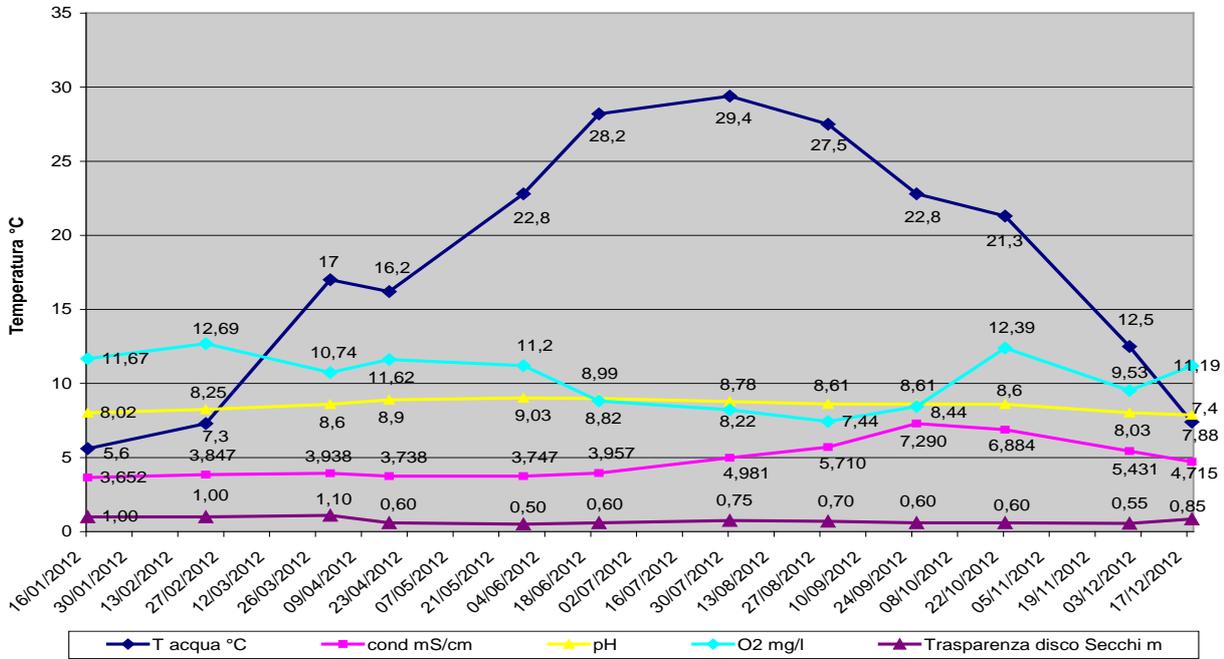
Data	16/gen	21/feb	30/mar	17/apr	28/mag	20/giu	30/lug	29/ago	25/set	22/ott	29/nov	18/dic
Stazione												
Centro Lago (M01)	0,24	0,8	0,08	0,26	0,39	0,04	0,15	0,92	1,11	1,13	0,12	0,01
Canale Burlamacca c/o Ecotour (M21)	0,05	0,27	0,08	0,02	0,29	0,08	0,02	0,05	0,29	0,81	0,01	0,05
Foce della Fossa Nuova (M08)					0,31	0,16	0,08	0,37	1,09	0,36	0,02	0,01

2012 - Coerenza fra T°C e [microcistine]



Si noti la notevole coerenza fra la concentrazione di microcistine e l'andamento stagionale delle temperature e, presumibilmente, del livello di irraggiamento solare, ovvero una spiccata stagionalità delle fioriture, che sembrano confermare il massimo sviluppo nei valori di T compresi fra i 20 e i 25°C. Risulta del tutto anomalo, e da verificare, il picco registrato nel mese di febbraio 2012 dato che le temperature non hanno superato i 10°C.

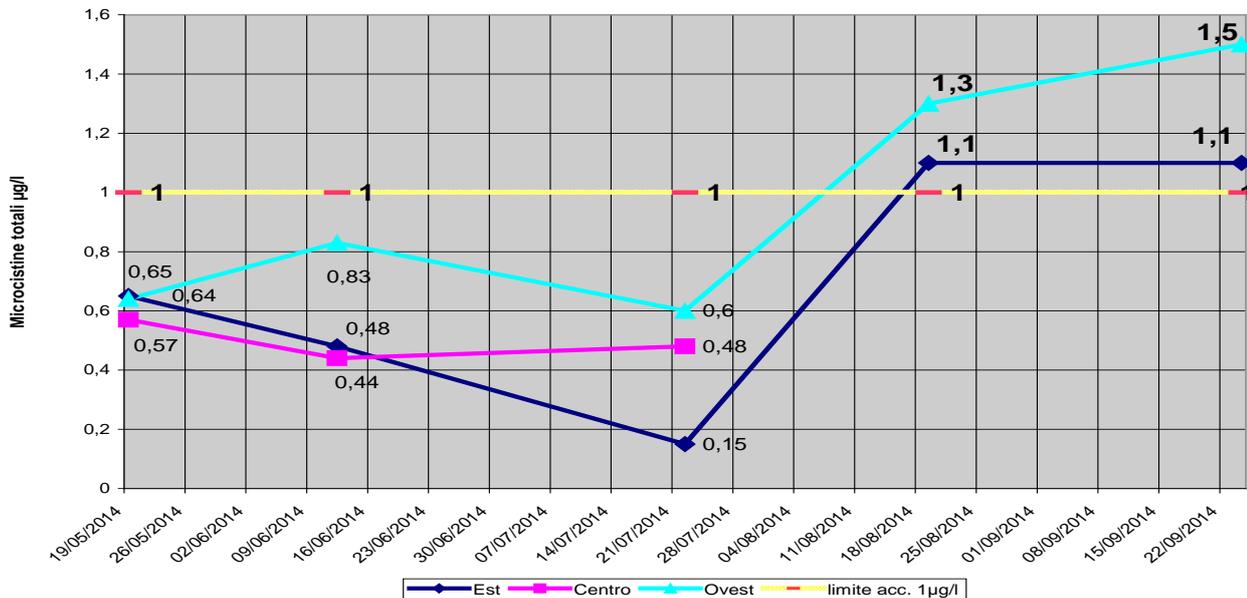
Andamento parametri fisico chimici Centro Lago 2012



Gli altri dati chimico fisico appaiono in linea con l'andamento che il lago presenta ormai da decenni. Sola notazione, l'aumento di ossigeno disciolto durante i picchi di presenza della tossina, a testimoniare i bloom microalgali e la conseguente elevata attività fotosintetica.

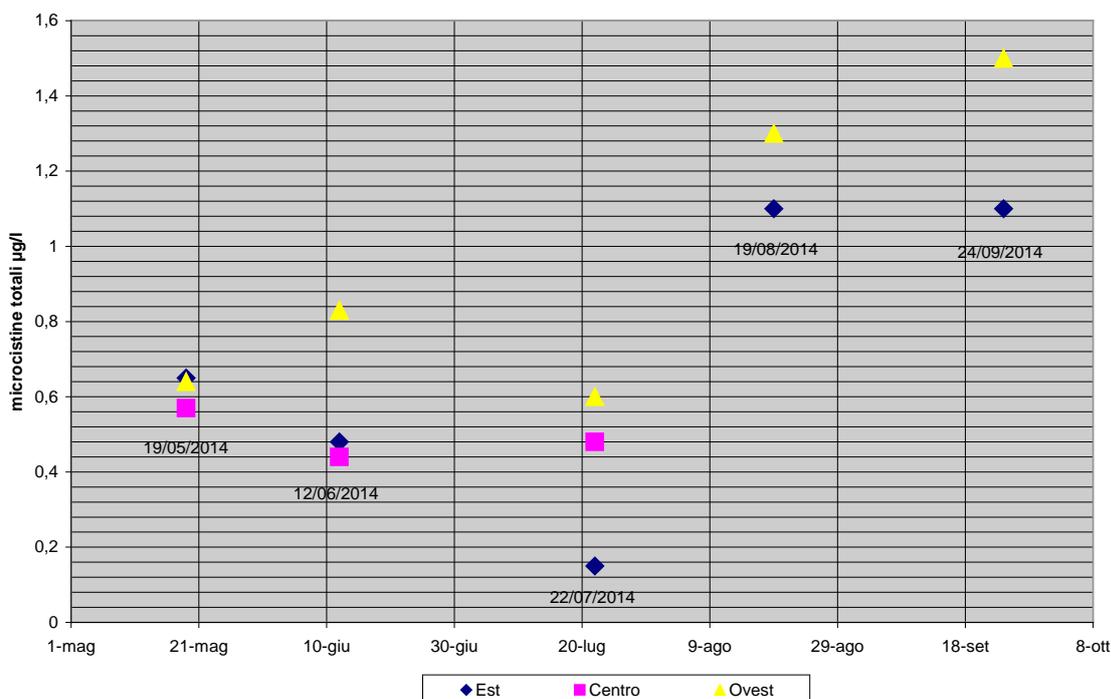
Anno 2014

Massaciuccoli 2014 - Variazione concentrazioni locali di microcistine totali



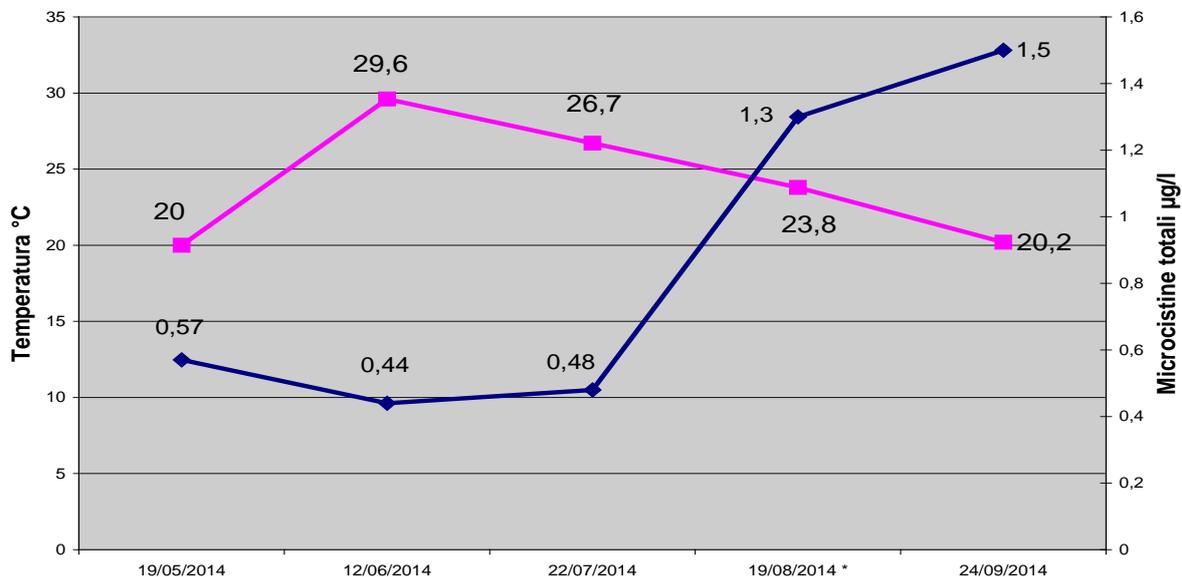
I cinque campioni mensili eseguiti hanno evidenziato concentrazioni di microcistine totali di poco superiori al limite di accettabilità (1,00 µg/l) nel periodo tardo estivo ed autunnale, che se confrontato con alcuni risultati degli anni 2004-2005 e 2009-10 appare contenuto. Le variazioni locali di presenza della tossina confermano che la fioritura non è stata consistente, almeno nelle zone controllate (vedi grafico sottostante).

Massaciuccoli 2014 - microcistine, valori locali ad Est, Centro ed Ovest



Le fioriture si sono manifestate, come previsto, principalmente con temperature dell'acqua prossime ma inferiori ai 25°C anche se altri parametri stagionali possono influenzare il periodo di massimo bloom. Nel grafico sottostante si evidenziano le relazioni con le temperature dell'acqua.

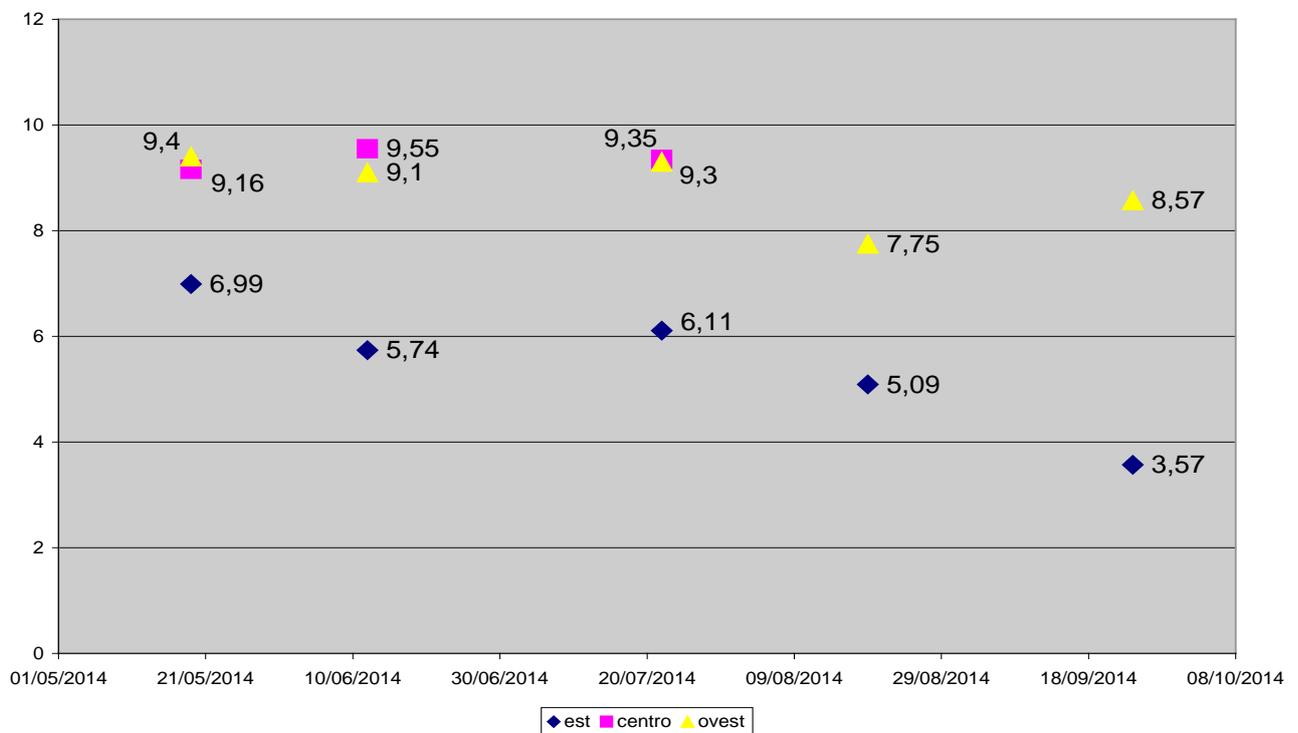
Massaciuccoli 2014 - Microcistine e temperature



data	19/05/2014			12/06/2014			22/07/2014			19/08/2014		24/09/2014	
dislocazione	est	centro	ovest	est	centro	ovest	est	centro	ovest	est	ovest	est	ovest
microcistine totali µg/l	0,65	0,57	0,64	0,48	0,44	0,83	0,15	0,48	0,6	1,1	1,3	1,1	1,5
temperatura dell'acqua °C	22	20	22	30	29,6	30,2	22,5	26,7	26,8	25	23,8	20,7	20,2
pH	7,87	8,66	8,54	8,35	8,6	7,76	7,59	8,5	8,5	7,82	8,29	7,5	8,3
conducibilità µS/cm	1891	1913	1945	2144	2128	2123	644	2092	2040	2055	2119	1724	2116
ossigeno mg/l	6,99	9,16	9,4	5,74	9,55	9,1	6,11	9,35	9,3	5,09	7,75	3,57	8,57
trasparenza m	0,50	0,40	0,45	0,40	0,45	0,35	0,40	0,38	0,38	0,55	0,50	0,60	0,70

Altre misure 2014

Variazioni locali di O2 disciolto mg/l



Si evidenzia inoltre la costante minore attività fotosintetica, misurabile dal tenore di O₂ in mg/l, presente fra Est, Centro ed Ovest all'interno del lago. Le condizioni trofiche ed i bloom algali sono più intensi ad Ovest, ed al Centro, che ad Est. Le stazioni ad Est sono storicamente meno eutrofiche delle altre in quanto investite in misura minore dagli apporti di nutrienti che provengono dal Canale Barra Barretta, posto a Sud, che investe gran parte del bacino lacustre.

Prymnesium parvum

La ricerca della specie è concomitante alle letture della compagine fitoplanctonica che viene eseguita ad ogni prelievo MAS. La specie è stata rilevata solo nel dicembre 2014 in bassa misura (3 cell/ml) ad Est, in controtendenza rispetto alle concentrazioni di fitoplancton nel bacino (2056 cell/ml ad Est e 3057 ad Ovest). Non sono state trovate cellule negli altri periodi.

In generale possiamo affermare che il lago Massaciuccoli presenta due fasi principali di composizione del popolamento fitoplanctonico in cui si alternano *Microcystis* e *Prymnesium parvum* (figura sottostante)

Fase invernale – inizio primaverile.

Questa fase è caratterizzata dalla presenza di *Prymnesium parvum*, favorite da aumenti della concentrazione salina all'interno del lago; la tossina primnesina, un glicoside ad alto peso molecolare, ha attività emolitica e ittiotossica in grado di alterare la permeabilità delle membrane cellulari a livello dei tessuti branchiali e può causare morie di pesci e di fauna acquatica minore.

Fase tardo primaverile – autunnale.

Questa fase è dominata dal genere *Microcystis*, che pare condizionare tutti gli altri popolamenti presenti; la tossina prodotta, la microcistina, un eptapeptide monosidico, determina danni istologici a carico del fegato, polmoni e reni ed è un potente promotore tumorale.

In generale il lago di Massaciuccoli presenta una situazione di distrofia tale da avere un popolamento di cianobatteri quasi esclusivo che nei mesi tardo primaverili e autunnali si arricchisce della presenza di *Microcystis*. In particolare si può osservare un aumento della densità cellulare di questo taxon dal 2008 ad oggi: da notare però che nella quasi totalità dei campioni del 2012 si è trattato di *M. wesembergei*, una specie con minori caratteristiche tossiche.

Lago di Chiusi

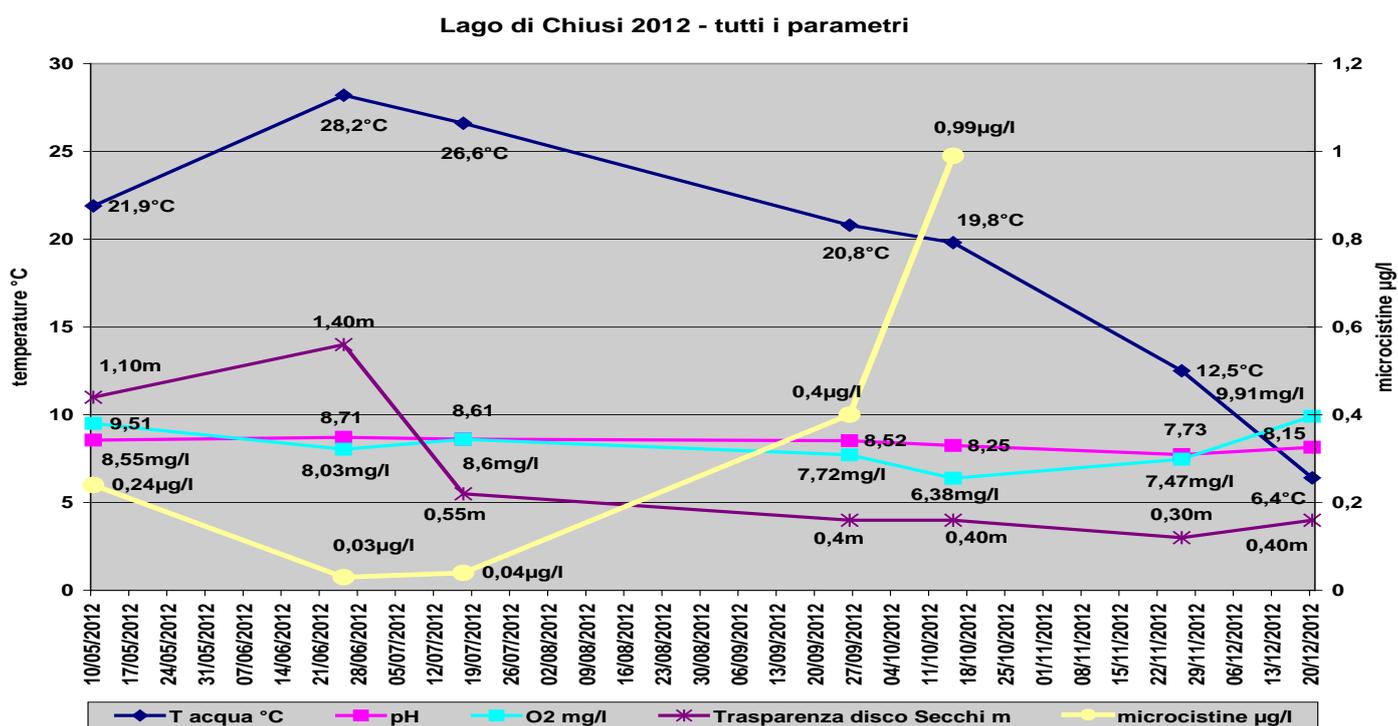
Il Lago di Chiusi è andato incontro, negli ultimi anni, ad un cospicuo incremento del livello trofico dovuto all'apporto di nutrienti, principalmente P (fosforo) e N (azoto). Tale arricchimento, che ha generalmente origine agricola, domestica o proviene dalla depurazione delle acque reflue domestiche ed industriali, sfocia inevitabilmente in un aumento del livello trofico (eutrofizzazione) con conseguente opacizzazione delle acque. Tale fenomeno è stato monitorato negli anni, non solo sotto il profilo chimico fisico, ma anche più genericamente ambientale, evidenziato dal semplice controllo della trasparenza del Disco di Secchi nelle acque. Di rilievo le conseguenze sulle comunità rivierasche locali che trovano nella ricchezza ittica e nell'amenità dei luoghi una insostituibile fonte di sostentamento nella salubrità del lago e nella risorsa ittica che solo in tale salubrità può prosperare.

ARPAT si dichiara disponibile ad una verifica delle iniziative che si vorranno mettere in atto per invertire il processo di eutrofizzazione e riportare il lago a livelli trofici più consoni ad un'area collinare di pregio come quella che accoglie tale corpo idrico.

Di tutto rilievo i risultati dei controlli del 2011 che mostrarono un picco poderoso di microcistine nell'ottobre di quell'anno. La concentrazione in un punto non distante dalla presa di potabilizzazione superava di nove volte il limite TDI di 1 µg/l, ponendo un serio problema di sanità pubblica e di opportuni trattamenti che rendessero possibile la potabilizzazione.

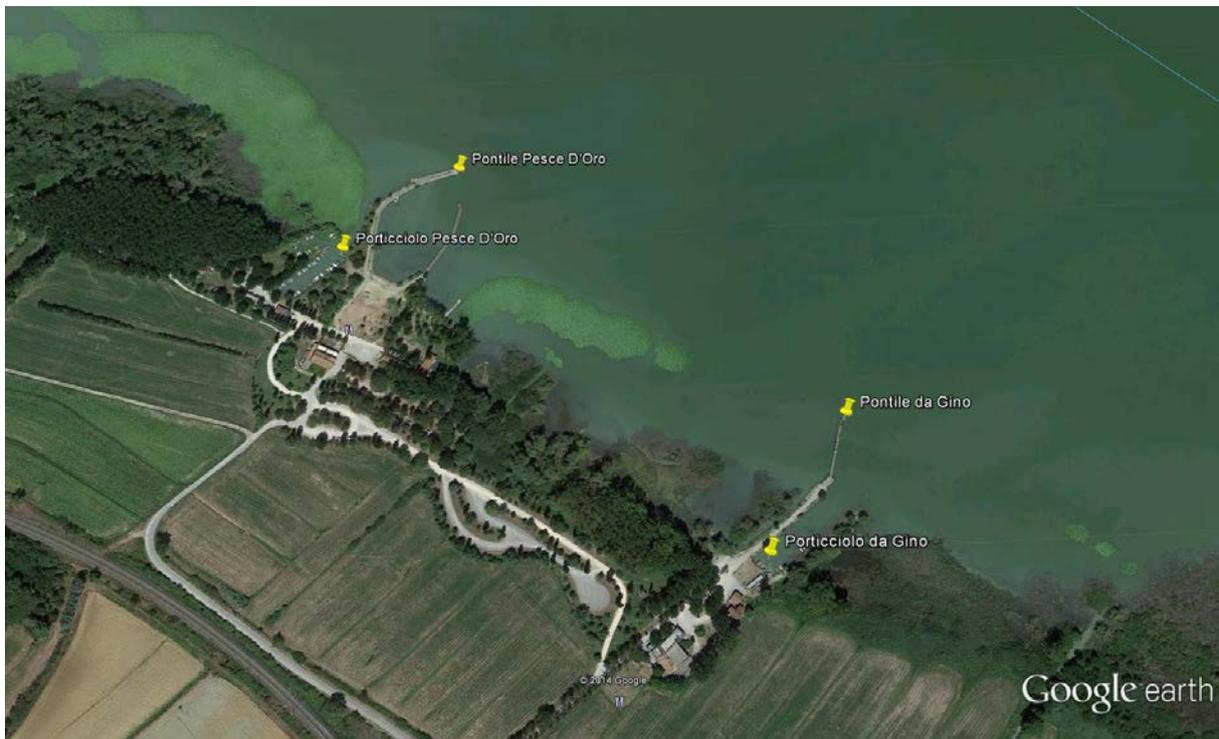
Stazione	data	clorofilla a µg/l	microcistine tot. µg/l
Centro Lago	23/6/2010	0,286	0,05
Centro Lago	17/5/2011	0,299	0,14
Centro Lago	15/10/2011	0,410	0,99
Sponda Nord	13/10/2011	0,520	0,94
Ansa pontile Sud (film superficiale)	15/10/2011		8,09

Nel 2012 i controlli sono stati limitati al periodo primaverile estivo autunnale e si è potuto evidenziare un solo picco di presenza della tossina nell'ottobre 2012. Non si escludono picchi di concentrazione maggiore nelle anse ove il vento deposita il materiale galleggiante al quale appartengono le colonie di *Microcystis*.



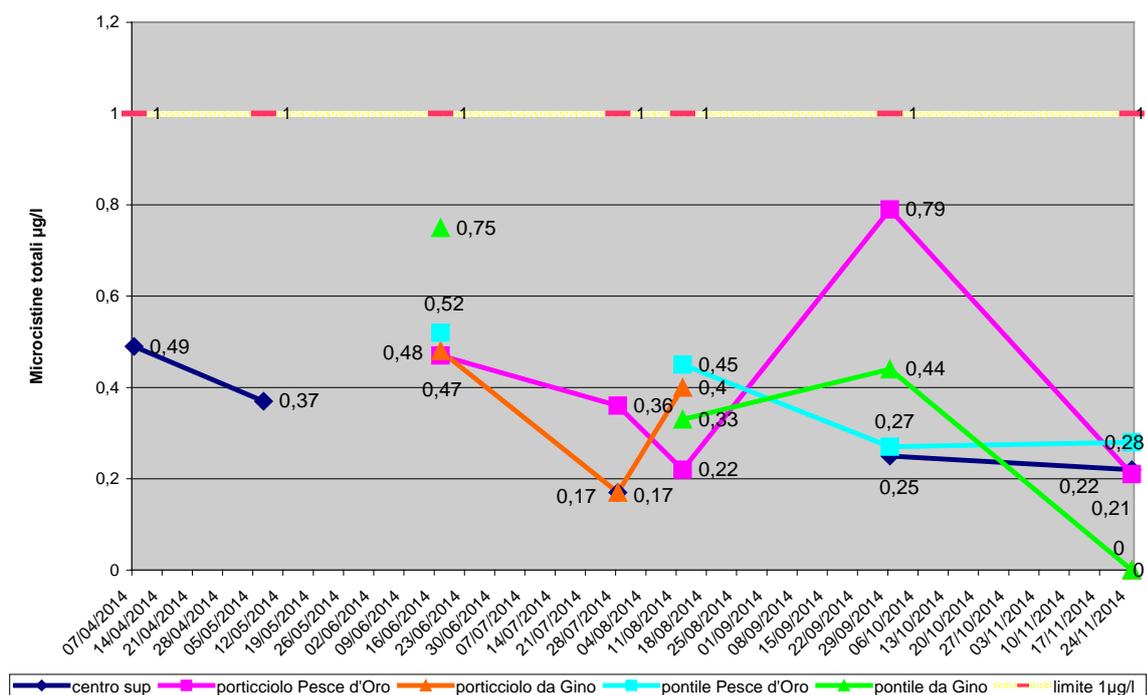
Nel 2013 non sono stati eseguiti controlli in assenza di specifico incarico regionale.

Risultati 2014

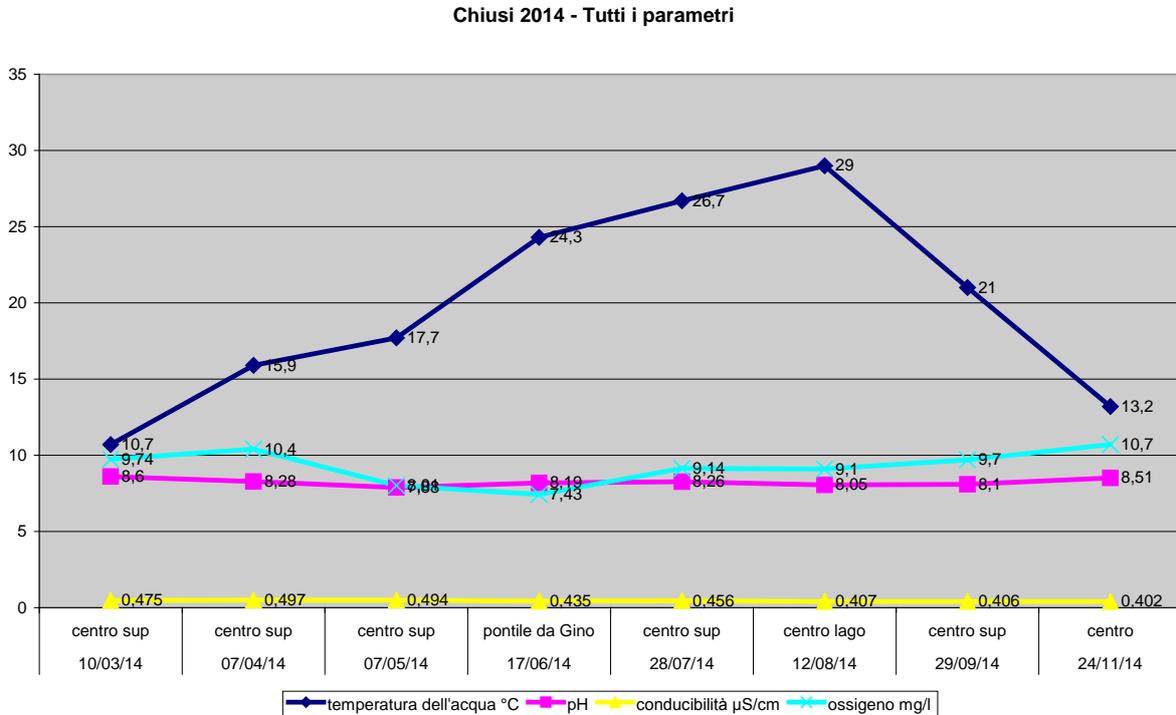


Allo scopo di verificare l'accantonamento da parte del vento delle colonie, e per rendere più mirati i campioni e lo sforzo analitico, si è scelto di eseguire i campioni in prossimità della riva (porticcioli) ed alla sommità dei due pontili "Da Gino" e "Pesce d'Oro" per evidenziare differenze significative di concentrazione.

Chiusi 2014 - Variazioni locali di microcistine totali



Le analisi con kit Elisa su microcistine totali sono state condotte quindi su cinque punti, considerando anche il centro lago. Nel 2014 le concentrazioni di microcistine si sono mantenute costantemente sotto il limite soglia di 1 µg/l (vedi grafico precedente).



E' importante sottolineare che sebbene le concentrazioni rilevate nei punti di campione siano risultate costantemente al di sotto di 1µg/l non si può escludere che in altri punti del lago le colonie di *Microcystis* abbiano prosperato, sospinte dal vento in parti del bacino non monitorate

Lago di Montepulciano

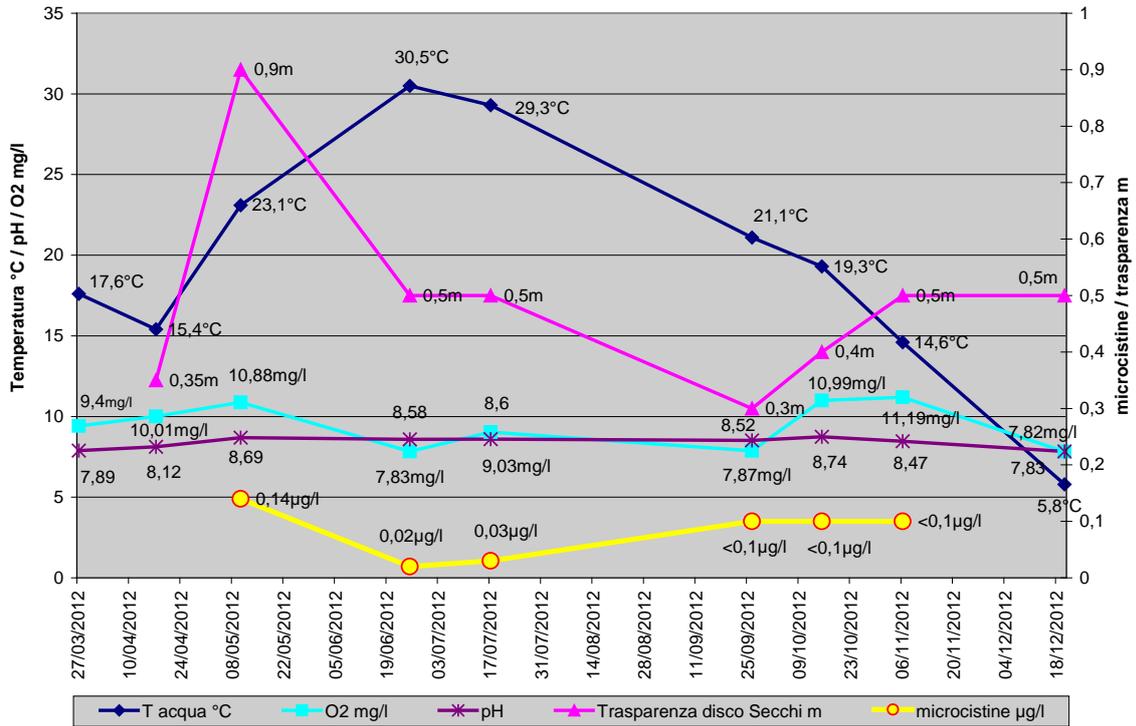
Il lago è stato sottoposto a prelievi nelle stazioni sotto indicate nel periodo maggio-novembre 2014.



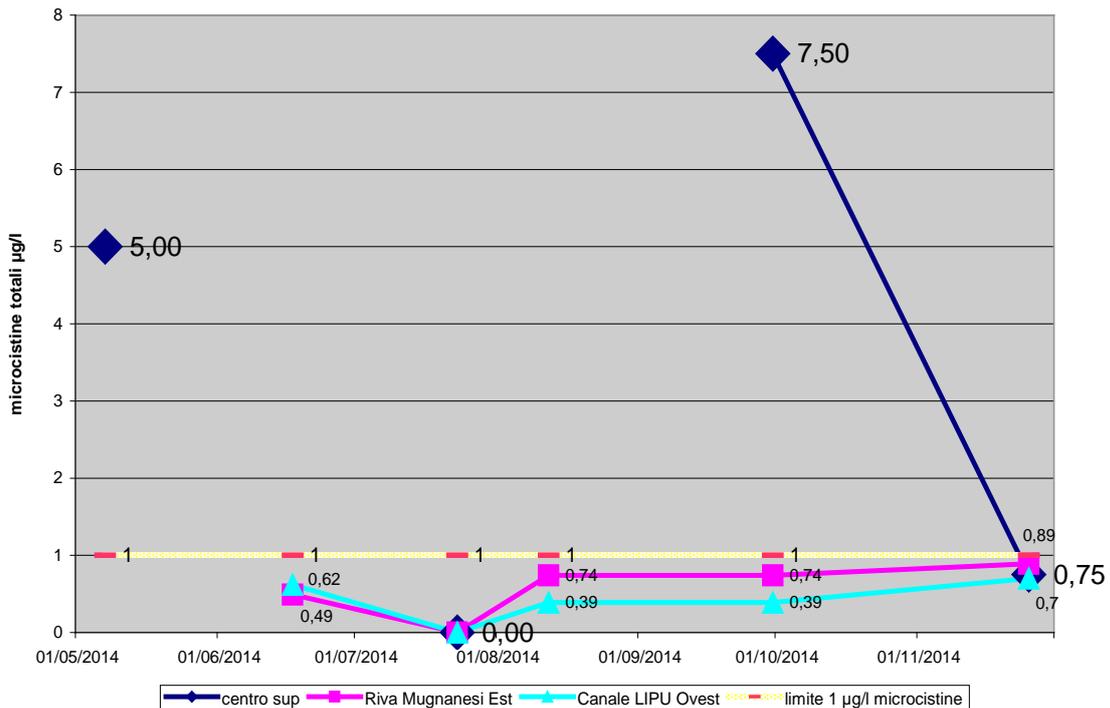
Sono stati rilevati **due picchi notevolissimi di concentrazione della tossina al centro lago nei mesi di maggio e ottobre 2014 (7 volte il limite di accettabilità di 1 µg/l)**. E' difficile stabilire quali possano essere state le cause di fioriture tanto intense, ma si può certamente affermare che sono collegate ad un aumento esponenziale del trofismo, responsabile di estese fioriture non solo di *Microcystis* ma anche di tutta la compagine fitoplanctonica. Sicuramente la minore profondità rispetto a Chiusi (2,5 m contro 5-6 di Chiusi) determina una maggiore disponibilità di nutrienti nella colonna d'acqua rilasciati dal fondale, in occasione di venti forti ma non solo, e quindi una minore segregazione degli stessi nel sedimento.

Anche il ricambio del lago appare scarso e condizionato dalla qualità di Chiusi che ne è immissario. Il dragaggio effettuato negli anni scorsi non pare aver risollevato le sorti del lago, quantomeno sotto il profilo trofico, pur avendo aumentato il bacino di invaso e quindi la sua sopravvivenza in termini di interrimento. Sotto il profilo della disponibilità di nutrienti accantonati nel fondale l'operazione di dragaggio non è mai in grado di diminuire il trofismo in questo genere di laghi bassi ed estesi in quanto sono sufficienti 10 cm di layer organico indecomposto, che si ricostituiscono con estrema rapidità anche solo come effetto delle operazioni di dragaggio, per rilasciare nella colonna d'acqua nutrienti (P, N) in quantità tale da sostenere importanti fioriture fitoplanctoniche.

Lago di Montepulciano 2012 - tutti i parametri



Montepulciano 2014 - Variazioni locali di microcistine totali



I risultati conseguiti durante il campionamento di settembre hanno indotto ad una verifica delle concentrazioni anche nel mese di novembre, verifica che ha fatto rilevare il rientro dei valori al di sotto del limite di 1 µg/L, ma comunque ancora elevati dato il mese di riferimento. E' evidente la necessità di provvedere ad un esame approfondito delle cause di apporto di nutrienti al bacino per la qual cosa è necessario redigere un piano di indagine specifico in accordo con le istituzioni locali ed il gestore delle acque, al fine incidere sulle condizioni che favoriscono lo sviluppo di questo particolare gruppo di cianobatteri.

Composizione del popolamento fitoplanctonico nel Lago Montepulciano

Il raggruppamento più rappresentato in questo lago è quello delle Chlorophyta che aumentano gradualmente fino a raggiungere il loro picco massimo in luglio-settembre (75% del popolamento): si tratta di elementi coloniali come *Pediastrum simplex*, *Oocystis sp.* e unicellulari come *Phacotus lenticularis*; sono abbondanti in questo stesso periodo piccoli organismi con dimensioni inferiori a 5 µm, indicate genericamente come Ultraplancton indet.

Le crisoficee sono presenti solo a maggio rappresentando circa il 68% della totalità fitoplanctonica sono state rinvenute individui appartenenti alla genere *Chrysococcus* (*Chrysococcus sp.* e *C. rufescens*) e alla specie *Dynobryon divergens*.

I mesi autunnali sono invece caratterizzati dalla comparsa della dinoficea *Gymnodinium uberrimum*: la sua concentrazione media in questo periodo a centro lago è intorno alle 1.200 cell/mL divenendo però a novembre la specie dominante. Da notare che a settembre nel punto di campionamento denominato "lago Montepulciano – zona Mugnanesi riva est" a seguito di segnalazione di acque di colorazione rossa è stata rinvenuta una concentrazione di 4.110 cell/mL di questa specie.

Le cianoficee del genere *Anabaena* sono poco presenti e il picco maggiore si ha nel mese di luglio con 67 cell/mL .

6. CONCLUSIONI

Si riepilogano, di seguito le considerazioni finali relative ai singoli acquiferi:

Lago di Massaciuccoli

Il lago è in condizioni di salute pessime. Le concentrazioni di microcistine hanno leggere mutazioni annue ma rappresentano solo la punta dell'iceberg di una situazione ambientale molto grave. La maggior parte delle ricchissime cenosi vegetali e animali sono totalmente scomparse gradualmente negli ultimi 50-60 anni. Si attende la realizzazione della condotta di adduzione dal Serchio come possibile fonte di risanamento unitamente alla riconversione delle attività agricole delle aree bonificate circostanti. Dovrebbe essere presa in considerazione, come segnalato in sede di Commissione di Controllo sulle Opere previste dall'Accordo Di Programma, la possibilità di svuotare dalle acque salate il comprensorio Nord, di San Rocchino, totalmente invaso da acque marine anossiche (al di sotto dei 4 m dalla superficie).

Lago di Chiusi

Questo lago è andato incontro, negli ultimi anni, ad un poderoso incremento del livello trofico dovuto all'apporto di nutrienti, principalmente P (fosforo) e N (azoto). Tale arricchimento ha

generalmente origine agricola, domestica o proviene dalla depurazione delle acque reflue domestiche ed industriali. Le conseguenze sono inevitabilmente un aumento del livello trofico (eutrofizzazione) con conseguente opacizzazione delle acque. Importanti sono le conseguenze negative sulle comunità locali, che trovano nella ricchezza ittica e nell'amenità dei luoghi, una insostituibile fonte di sostentamento. Come segnale del degrado si cita l'avvenuta scomparsa delle macrofite acquatiche (generi *Myriophyllum* e *Ceratophyllum*) dovuta presumibilmente alla forte riduzione della trasparenza delle acque.

Le tossine microalgali mostrarono un picco poderoso nell'ottobre 2011. La concentrazione, in un punto non distante dalla presa di potabilizzazione, superò di nove volte il limite TDI di 1 µg/l, ponendo un serio problema di sanità pubblica e di opportuni trattamenti che rendessero sicura la potabilizzazione. Nel 2012 si mantengono costantemente basse ad eccezione dei mesi di settembre e novembre 2012, quando sfiorano la soglia limite di 1 µg/l. Nel 2014 non si è superata la soglia di 1µg/l ma l'esperienza degli anni scorsi dimostra che non necessariamente si sia riusciti ad "intercettare" il momento del bloom di *Microcystis*.

Lago di Montepulciano

La situazione del lago è fortemente peggiorata sia in senso assoluto che con riferimento al 2012. I due picchi di concentrazione della tossina a maggio e ottobre 2014 sono la dimostrazione della perdita di qualità verificatasi negli ultimi due anni. Si ribadisce che sebbene sia difficoltoso teorizzare sulle reali cause di tali fioriture, è certo che queste sono espressione di un'alterazione permanente dello stato trofico del lago e che si verificano in concomitanza con la fioritura di tutta la compagine fitoplanctonica, e non come evento separato o avente cause diverse. Questo grazie ad un evidente aumento della disponibilità di nutrienti nell'invaso. Qualsiasi azione tesa alla riduzione dell'apporto di nutrienti (P,N) al lago andrà in direzione di una riduzione dello stato trofico.

Nell'anno 2013 ARPAT non ha ricevuto incarico dalla RT per la ricerca di tossine algali.

Nel 2014 sono stati esclusi dalla ricerca gli invasi di Bilancino e Montedoglio non avendovi mai riscontrata la presenza di microcistine negli anni 2011 e 2012.