

Sechi, Nicola; Cossu, Andrea (1985) *Fitoplancton, nutrienti algali e stato trofico del lago Bunnari (Sardegna settentrionale)*. Bollettino della Società sarda di scienze naturali, Vol. 24 (1985), p. 61-74. ISSN 0392-6710.

<http://eprints.uniss.it/3286/>

ISSN: 0392-6710

VOL. XXIV

S. S. S. N.

1985

BOLLETTINO

della

SOCIETÀ SARDA
DI SCIENZE NATURALI

GALLIZZI - SASSARI - 1985

La Società Sarda di Scienze Naturali ha lo scopo d'incoraggiare e stimolare l'interesse per gli studi naturalistici, promuovere e sostenere tutte le iniziative atte alla conservazione dell'ambiente e costituire infine un Museo Naturalistico Sardo.

S.S.S.N.
SOCIETÀ SARDA di SCIENZE NATURALI

Via Muroli, 25 - 07100 Sassari.

CONSIGLIO DIRETTIVO (1983-1985)

Presidente: Franca Valsecchi.

Segretario: Bruno Corrias.

Consiglieri: Giovanni Cordella, Franca Dalmasso, Paolo Roberto Federici,
Maria Pala.

Revisori dei Conti: Aurelia Castiglia, Enrico Pugliatti, Giovanni M. Testa.

Collegio Probiviri: Tullio Dolcher, Giovanni Manunta, Vico Mossa.

Consulenti editoriali per il XXIV Volume:

Prof. Pier Virgilio ARRIGONI (Firenze)
Prof. Paolo BALDACCINI (Sassari)
Prof. Daria BERTOLANI MARCHETTI (Modena)
Prof. Carlo BOTTEGHI (Venezia)
Prof. Antonello CROVETTI (Pisa)
Prof. Paolo Roberto FEDERICI (Pisa)
Prof. Anna FONTANA (Torino)
Prof. Anastasios KOTSAKIS (Roma)
Prof. Elena MENESINI (Pisa)
Prof. Rosario MOSELLO (Pallanza)
Prof. Enio NARDI (Firenze)
Prof. Umberto TOSCO (Torino)

Direttore Responsabile e Redattore
Prof. FRANCA VALSECCHI

Autorizzazione Tribunale di Sassari n. 70 del 29.V.1968

Fitoplancton, nutrienti algali e stato trofico del Lago Bunnari (Sardegna Settentrionale)*

NICOLA SECHI e ANDREA COSSU

Istituto di Botanica, Università di Sassari
Via Muroni, 25 - 07100 Sassari

Sechi N., Cossu A., 1985 - **Phytoplankton, nutrients and trophic status of Lake Bunnari**. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 24: 61-74.

Seasonal changes of nutrient concentrations, density and composition of phytoplankton and chlorophyll *a* contents in Bunnari Lake were investigated to assess limnological conditions and trophic status. Only 19 phytoplanktonic species are identified and only 2 species, during the seasonal succession, show high density and biomass; however seasonal succession is altered by a Copper treatment with purpose of algal control. The 100% dominance of some species allow a good evaluation of chlorophyll *a*/phytoplankton volume ratios. Since many of species found in the lake are typical of productive environments and the values of phytoplankton density and biomass, chlorophyll *a* and nutrient concentrations are very high, it has been argued a high eutrophic level of the lake.

KEY WORDS: Lake Bunnari, Phytoplankton, Eutrophication, Sardinia.

Il Lago Bunnari è un piccolo invaso creato nel 1928 sbarrando il corso del rio omonimo (Fig. 1). Le principali caratteristiche dell'invaso sono riportate nella Tabella 1. La variazione di livello del lago durante il ciclo annuale è di circa 10-15 metri ma nei mesi autunnali di anni siccitosi l'invaso può ridursi quasi a zero. Le acque del lago servono esclusivamente per l'approvvigionamento potabile. Nonostante questo importantissimo uso, le notizie sulla qualità dell'acqua e sullo stato trofico del lago sono minime (SECHI e COSSU, 1979; SECHI, 1981 e 1983). Questo lavoro presenta uno studio com-

* Lavoro eseguito con il contributo del M.P.I.

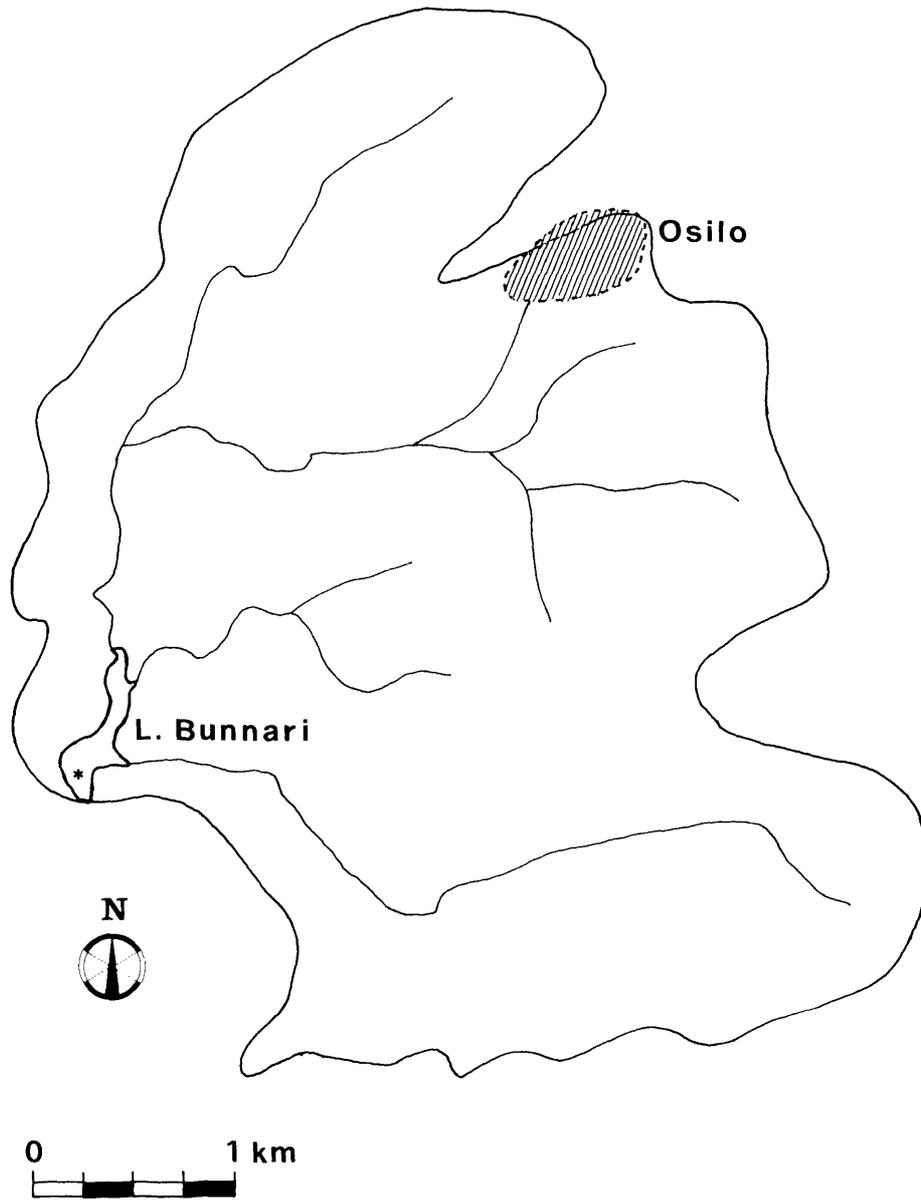


Fig. 1 - Lago Bunnari con la stazione di prelievo, bacino imbrifero e dislocazione dell'abitato di Osilo.

piuto nel 1979 sui principali aspetti chimici e fitoplanctonici del lago. La ricerca è stata condotta nell'ambito di un obiettivo più generale teso a classificare lo stato trofico ed identificare le alghe planctoniche dei laghi artificiali della Sardegna (SECHI, 1979; SECHI e MANCA, 1983).

Tab. 1 - Principali caratteristiche morfometriche del L. Bunnari

Altezza s.l.m.	m	315
Area	m ²	80.000
Volume	m ³	1.130.000
Profondità massima	m	17
Profondità media	m	14
Lunghezza massima	m	625
Larghezza massima	m	250
Perimetro	m	2400
Tempo di ricambio teorico	mesi	2
Tempo di svuotamento	mesi	5

Il bacino imbrifero del lago ha una estensione di 1700 ha e dal punto di vista geolitologico è caratterizzato da rocce laviche composte da andesiti, trachiandesiti e trachidaciti; sono presenti in zone limitate anche rocce sedimentarie quali calcari miocenici e pleistocenici. La vegetazione del bacino è costituita principalmente di formazioni prative e da pascoli arborati; sono presenti inoltre, nella zona circostante il lago, limitate estensioni di boschi più o meno radi residui della primitiva foresta a roverella che ricopriva l'intero bacino imbrifero e rimboschimenti misti di latifoglie e conifere.

Nel lago vengono talvolta effettuati trattamenti chimici per controllare la crescita vegetale; uno venne effettuato durante il periodo di questa indagine con la somministrazione di circa 60 Kg di solfato di rame che, riferiti allo strato epilimnico di quel periodo, sono pari a 100-150 mg Cu m⁻³.

METODI

I campionamenti nel lago sono stati compiuti dal marzo del 1979, periodo di totale invaso, all'agosto dello stesso anno, fase di minimo invaso prima dell'essiccamento totale in settembre. La stazione di prelievo distava 200 metri dalla diga. I campioni venivano prelevati con cadenza quindicinale alle profondità di 0; 1; 2,5; 5; 7,5; 10; fondo. Al momento del campionamento veniva misurata la tempe-

ratura mediante termistor e la trasparenza, sia con disco di Secchi sia con cellula fotoelettrica. In laboratorio venivano analizzati: pH, conducibilità, alcalinità totale, ossigeno disciolto, azoto nitrico, nitroso e ammoniacale, fosforo reattivo e totale, silice reattiva. Le tecniche di analisi sono quelle riportate in STRICKLAND and PARSONS (1972) e RODIER (1971), quest'ultimo limitatamente ai nitrati. Sono stati analizzati anche calcio, durezza e cloruri secondo GOLTERMAN and CLYMO (1978) ed occasionalmente i solfati secondo WIMBERLEY (1968).

L'esame del fitoplancton, il conteggio ed il calcolo delle biomasse veniva effettuato secondo le metodiche già descritte in SECHI (1978). La clorofilla veniva analizzata e calcolata secondo GOLTERMAN and CLYMO (1978).

RISULTATI

Termica

L'evoluzione termica del Lago Bunnari (Fig. 2) è condizionata dal deflusso delle acque dalla porzione profonda dello sbarramento; questo determina una progressiva riduzione dell'ipolimnio, tanto che in agosto esso è quasi del tutto rimosso. Solo in agosto è rilevabile una stratificazione ben definita: viene raggiunta la temperatura massima (27 °C) ed il salto termico di circa 8 gradi è situato tra 5 e 8 metri.

Aspetti chimici di base

Lo spettro ionico delle acque (Tab. 2) mostra un certo equilibrio

Tab. 2 - Bilancio ionico del L. Bunnari espresso in meq l.⁻¹

Bicarbonati	2,20
Cloruri	2,46
Solfati	1,87
Totale anioni	6,63
Calcio	2,66
Magnesio	1,17
Sodio e Potassio	2,70
Totale cationi	6,63
Totale ioni	13,36

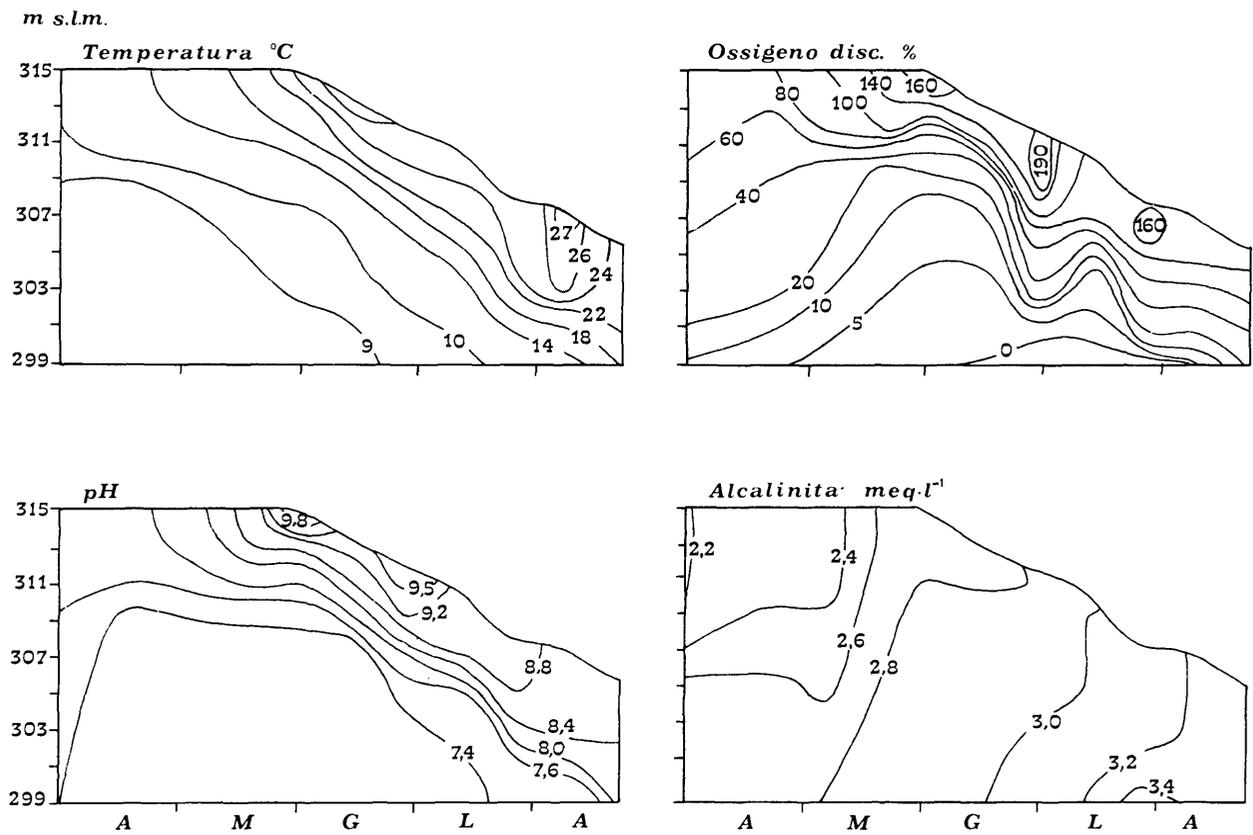


Fig. 2 - Isoplete della temperatura, dell'ossigeno disciolto, del pH e della alcalinità totale.

nella composizione percentuale; calcio, cloruri, sodio e potassio e bicarbonato appaiono gli ioni piú importanti mentre il magnesio costituisce la percentuale minore. Il comportamento temporale di questi ioni è caratterizzato da un progressivo aumento delle concentrazioni (Tab. 3): il calcio aumenta di circa 13 mg l^{-1} , la durezza di 58 mg l^{-1} , i cloruri di 33 mg l^{-1} e l'alcalinità (Fig. 2) di 1 meq l^{-1} . Questa dinamica è confermata dalla conducibilità che passa da 550 a $720 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tab. 3).

Tab. 3 - Concentrazioni del calcio (mg l^{-1}), della durezza (mg l^{-1} come CaCO_3), dei cloruri (mg l^{-1}) e della conducibilità ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Valori mediati della colonna d'acqua

	30/3	19/4	04/5	18/5	31/5	14/6	27/6	12/7	25/7	08/8	22/8
Calcio	51	52	52	58	59	63	63	63	73	70	66
Durezza	190	190	198	205	210	220	220	240	240	240	230
Cloruri	87	88	90	96	100	110	110	115	118	120	120
Conduc.	540	570	580	600	620	660	660	660	680	680	700

Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto (Fig. 2) appaiono notevolmente sottosature in marzo-aprile con valori intorno al 60% nelle acque superficiali e del 10% nelle acque profonde. Questa situazione è verosimilmente dovuta alla demolizione della sostanza organica prodotta dalle piante erbacee sviluppatasi durante il periodo di secca del lago e presenti ora nel sedimento ed anche derivata dagli scarichi del vicino paese. Nei successivi mesi l'ossigeno aumenta nelle acque superficiali fino ad un massimo del 190% e, per circa due mesi, mantiene sovrasaturazioni intorno al 140%. Nelle acque profonde le sottosaturazioni sono sempre cospicue con valori sempre inferiori al 10% e con condizioni di anossia in prossimità del sedimento.

Il pH (Fig. 2) nelle acque superficiali evolve da un valore di 7,6 in marzo fino a 9,8 in maggio e giugno e 9,5 tra giugno e luglio. Nelle acque profonde invece il pH si mantiene stabile con valori intorno a 7,4.

Nutrienti algali

Le dinamiche delle concentrazioni dei principali sali nutritivi sono molto simili con valori elevati in marzo e progressivamente decrescenti nei mesi successivi (Fig. 3). I nitrati passano da 1100 mg N

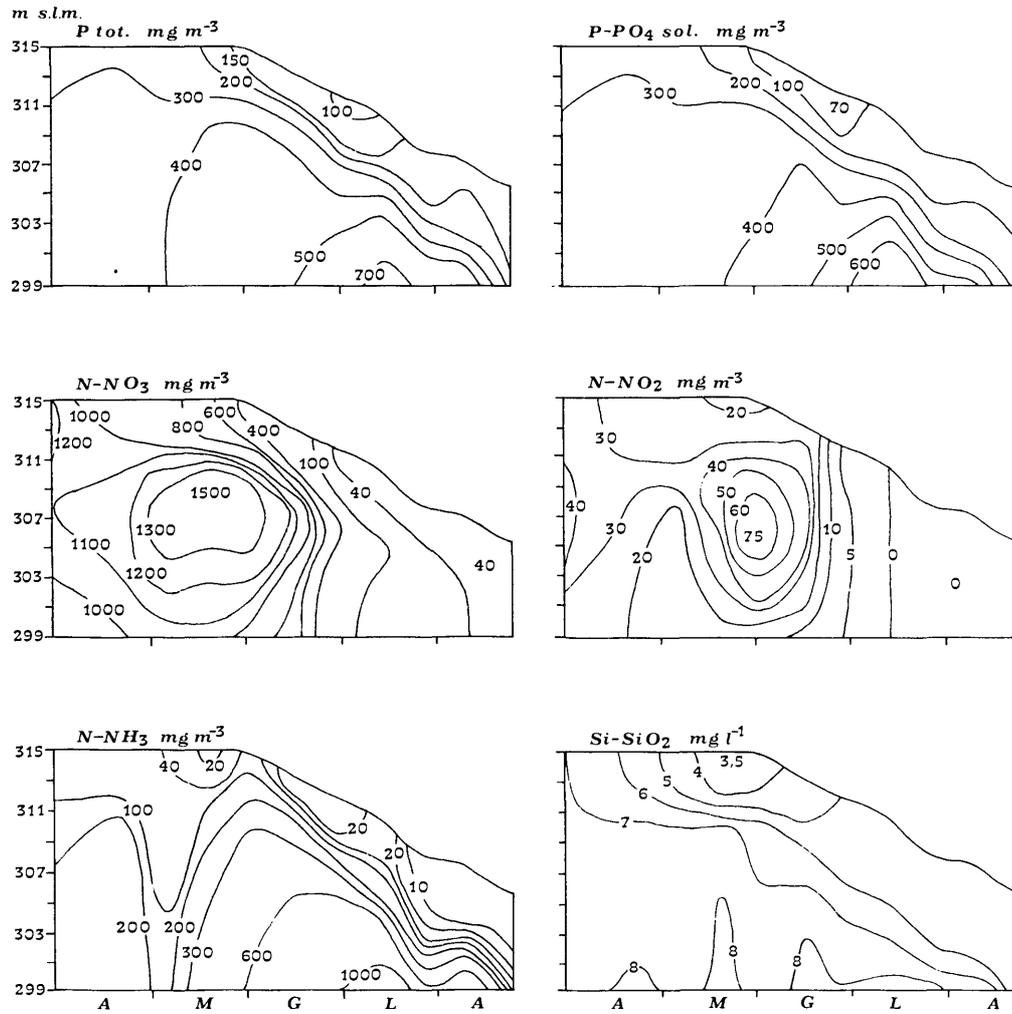


Fig. 3 - Isoplete del fosforo totale e reattivo, dell'azoto nitrico, nitroso ed ammoniacale, della silice reattiva.

m^3 a valori inferiori a 40 mg N m^{-3} . Nelle acque dei livelli intermedi di questo andamento si verifica piú tardi nel tempo e dopo un temporaneo innalzamento delle concentrazioni. L'azoto nitroso dai valori di circa 35 mg N m^{-3} in marzo si riduce a zero ed anche in questo caso con un innalzamento temporaneo negli strati intermedi fino ad un massimo di 75 mg N m^{-3} . Le concentrazioni dell'azoto ammoniacale in marzo sono comprese tra 100 e 200 mg N m^{-3} ; successivamente l'ammoniaca diminuisce nelle acque superficiali e si mantiene sempre intorno a $10-20 \text{ mg N m}^{-3}$, aumenta invece significativamente nelle acque profonde per raggiungere 1000 mg N m^{-3} in prossimità del sedimento. I contenuti del fosforo totale e reattivo sono a marzo dell'ordine di 350 e 300 mg P m^{-3} rispettivamente; successivamente essi diminuiscono notevolmente nella zona superficiale mentre aumentano negli strati profondi per raggiungere rispettivamente massimi di 700 e 600 mg P m^{-3} . I silicati reattivi presentano valori intorno a $6-8 \text{ mg Si l}^{-1}$ in marzo, poi diminuiscono dimezzandosi nelle acque superficiali a causa della crescita concomitante di *Cyclotella comta*.

Fitoplancton

Le specie algali identificate durante il ciclo annuale di esistenza del lago sono 19 (Tab. 4). Le specie piú importanti in termini di biomassa sono 13 e la loro successione (Fig. 4) avviene talvolta in termini monospecifici. Questa ad es. è la situazione in marzo ed aprile quando si succedono 2 *Clamidomonas* sp. ed *Ankistrodesmus falcatius*, e in giugno quando, in concomitanza alla somministrazione del solfato di rame, scompare improvvisamente *Anabaena flos-acquae* sostituita da *Chromulina* sp.; la presenza di questa specie è peraltro di breve durata perché viene sostituita quasi subito da *Microcystis aeruginosa* che, nell'ambito della zona fotica, esprime il valore massimo di biomassa; negli altri periodi si assiste alla presenza di piú specie contemporaneamente. Questa situazione caratterizzata dalla dominanza quasi totale di alcune specie permette una stima del reale contenuto di clorofilla *a* sulla biomassa: in *M. aeruginosa* è pari allo 0,14%, in *A. flos-aquae* allo 0,37%, in *A. falcatius* al 2,2%, in *Chromulina* sp. allo 0,65%, in *Chlamidomonas* sp. 1 allo 0,6% ed in *Chlamidomonas* sp. 2 allo 1,4%. Per le famiglie la percentuale è, come valore mediano, dello 0,3% nelle Diatomee e dello 0,25% nelle Cianoficee, valori questi molto simili a quelli riscontrati da Tolstoy

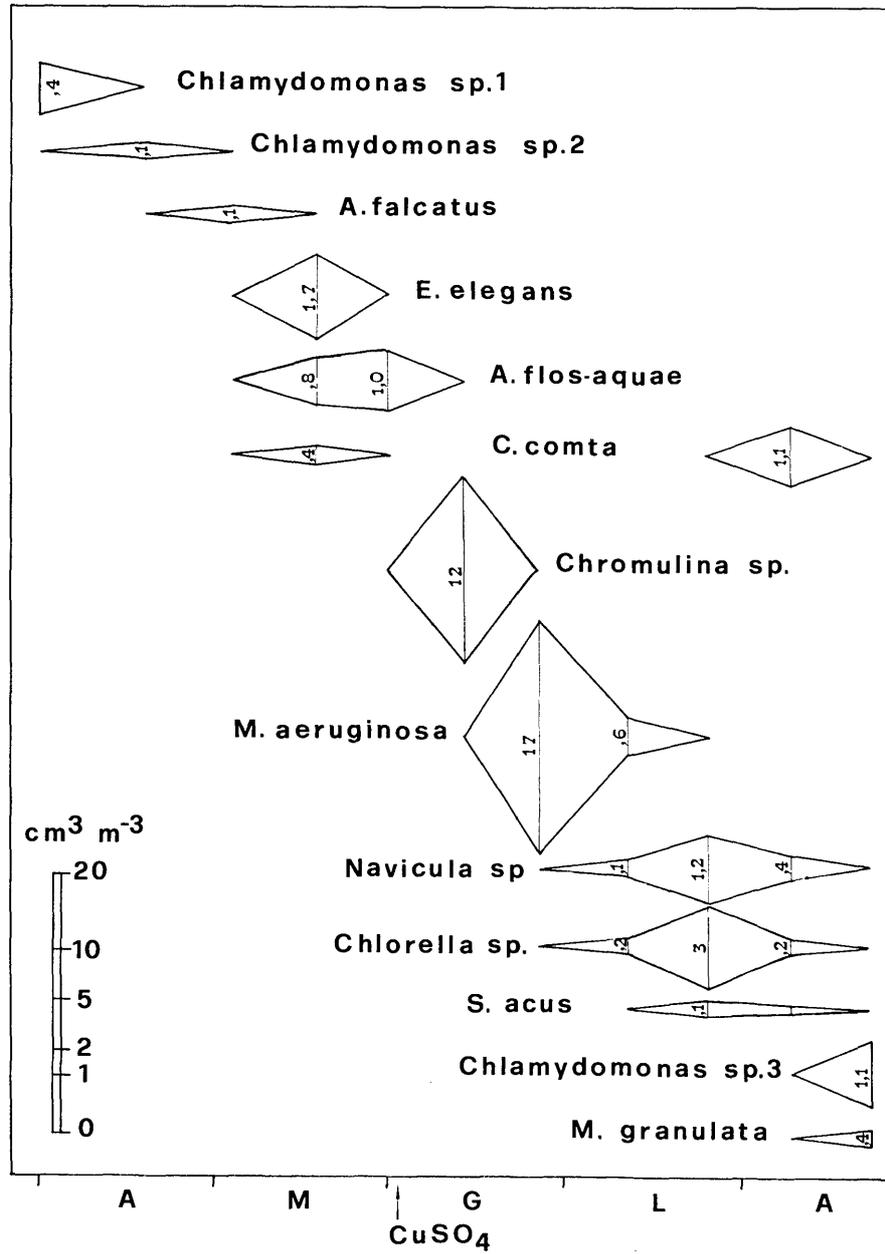


Fig. 4 - Successione stagionale delle specie fitoplanctoniche nel L. Bunnari da marzo ad agosto 1980.

(1979) in alcuni laghi scandinavi, ed infine del 2% nelle Cloroficee e dello 0,65% nelle Crisoficee.

Tab. 4 - Elenco delle specie fitoplanctoniche e relativi volumi cellulari (micron cubi) di alcune

Cloroficeae	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	—
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	1000
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	1400-1600
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3	55
<i>Chlorella</i> sp.	33
<i>Closterium aciculare</i> T. West	—
<i>Eudorina elegans</i> Ehrb.	270-350
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.	—
<i>Volvox aureus</i> Ehrb.	—
Cianoficeae	
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.	72-100
<i>Anabaena</i> sp.	—
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	—
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kg.	113-179
Diatomeae	
<i>Cyclotella comta</i> (R.) Kg.	1100-2100
<i>Melosira granulata</i> (E.) Ralfs	1130
<i>Navicula</i> sp.	300
<i>Synedra acus</i> Kg.	300
Crisoficeae	
<i>Chromulina</i> sp.	33
Euglenoficeae	
<i>Trachelomonas</i> sp.	—

La densità (Fig. 5) presenta valori particolarmente elevati da maggio a luglio quando è superiore a 20.000 Cell. ml⁻¹ e presenta un picco consistente a metà giugno con 400.000 Cell. ml⁻¹ nel primo metro d'acqua. In luglio e parte anche in agosto le densità rimangono più elevate negli strati d'acqua prossimi al limite della zona fotica. Questa distribuzione è presumibilmente legata alla possibilità di utilizzare i nutrienti della zona ipolimnica ed in particolare l'azoto nella forma ammoniacale. La biomassa fitoplanctonica (Fig. 5) presenta un quadro simile a quello della densità con i valori più elevati da maggio a luglio e con il picco massimo alla fine di giugno (18 cm³ m⁻³). La clorofilla *a* (Figg. 4 e 7) evidenzia meglio l'entità dei livelli produttivi del lago perché i contenuti sono superiori a 10 mg m⁻³ per tutta l'estate e parte della primavera ed i picchi mostrano valori

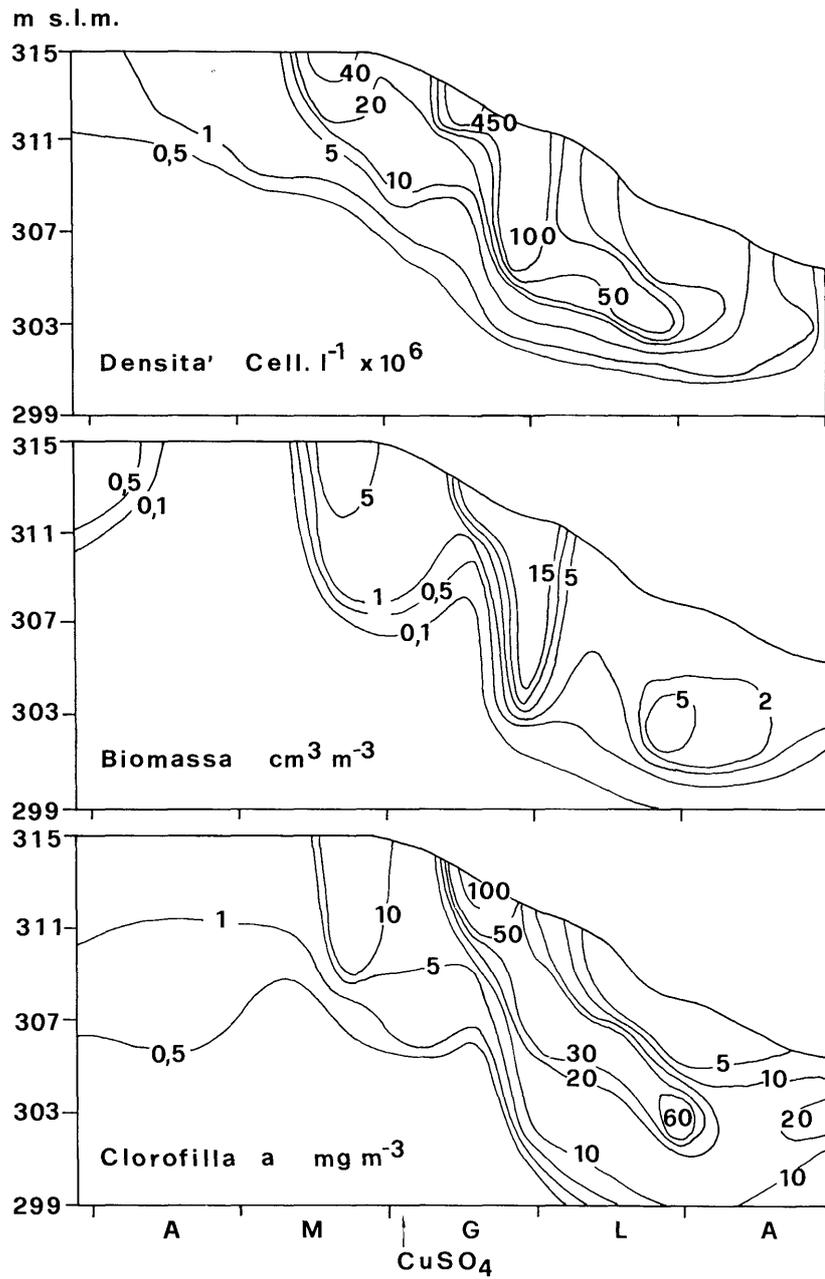


Fig. 5 - Isoplete della densità totale, della biomassa e della clorofilla *a*.

di 100 mg m⁻³ in giugno e 60 mg m⁻³ in luglio. La rappresentazione dei valori mediati della clorofilla *a* e della biomassa nella zona fotica (Fig. 6) mostra chiaramente la sfasatura dei valori massimi in giugno; il picco della clorofilla è determinato dalle Crisoficee, affermatesi immediatamente dopo il trattamento con il rame; il picco della biomassa è dovuto alle Cianoficee, reinsediatesi dopo la temporanea scomparsa provocata dal rame.

CONCLUSIONI

Dai risultati esposti appare evidente che il contenuto dei sali nutritivi nel Lago Bunnari è molto elevato; i valori primaverili del fosforo totale e dell'azoto inorganico sono di 200 mg P m⁻³ e 1000 mg N m⁻³ rispettivamente e sono più che sufficienti (VOLLENWEIDER, 1968; OCDE, 1983) per sostenere uno sviluppo del fitoplancton tipico di situazioni molto eutrofiche. La consistenza del fitoplancton è in effetti notevole perché i valori medi della biomassa e della clorofilla *a* sono di 4 cm⁻³ m⁻³ e 15 mg m⁻³ rispettivamente. La stessa composizione del fitoplancton è caratterizzata dalla presenza delle Cianoficee in particolare di *M. aeruginosa* ed *A. flos-aquae*, specie tipiche di ambienti eutrofici (RAWSON, 1956; HEINONEN, 1981; HORNSTROM, 1981; ROSEN, 1981). La presenza di *A. flos-aquae* è stata comunque limitata, essa infatti è scomparsa precocemente in concomitanza al trattamento col solfato di rame che come è noto (STEEMANN NIELSEN and LAURSEN, 1976) è un inibitore delle Cianoficee.

Sono marcate le variazioni stagionali delle concentrazioni superficiali dell'ossigeno disciolto (70-190%) e del pH (7,6-9,8); l'ossigeno subisce una notevole sottosaturazione già a 7 metri di profondità e la deplezione nelle acque più profonde.

L'alcalinità presenta un andamento opposto rispetto a quello riscontrabile in ambiente acquatico (HUTCHINSON, 1957; WETZEL, 1975); le cause che lo determinano sono presumibilmente le stesse riscontrate in altri laghi artificiali della Sardegna (SECHI e COSSU, 1983).

La situazione eutrofica del Lago Bunnari deriva dall'eccessivo apporto di nutrienti dal bacino imbrifero. La valutazione approssimativa del carico del fosforo, utilizzando indici appropriati (VOLLENWEIDER, 1968; PROVINI et al. 1979) per ogni fonte di generazione, è pari a circa 3,3 t a⁻¹ di cui 2,5 di origine urbana. Un lago come il Bunnari secondo OCDE (1982) può sopportare un carico di circa 0,1 t a⁻¹.

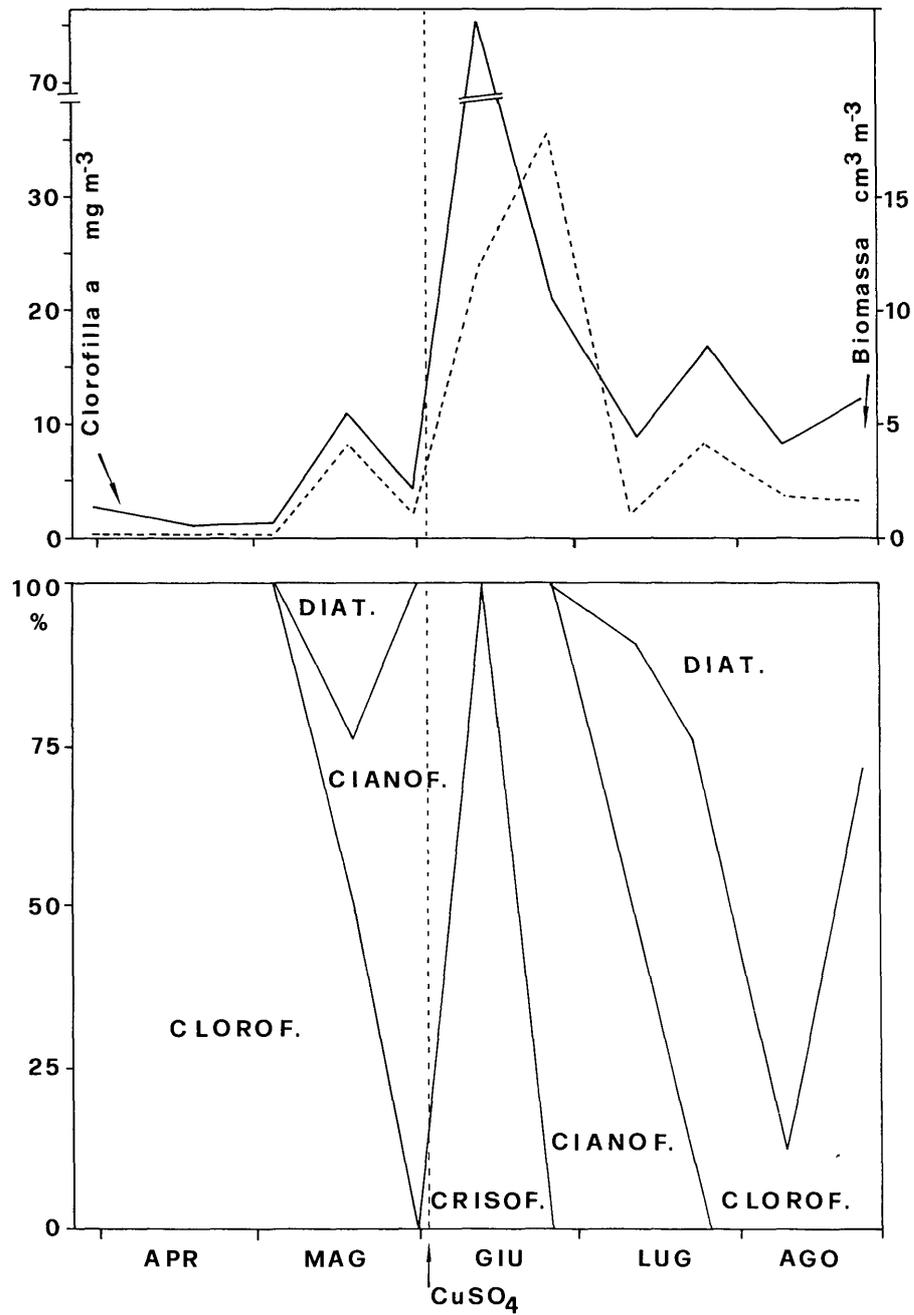


Fig. 6 - Variazioni stagionali del fitoplancton. In alto: biomassa totale e clorofilla *a*. In basso: composizione tassonomica percentuale.

L'eliminazione del carico urbano consentirebbe quindi un miglioramento notevole delle condizioni trofiche del lago mantenendo peraltro una condizione eutrofica.

RIASSUNTO

Questo lavoro descrive uno studio sul fitoplancton e su alcuni parametri chimici del Lago Bunnari. I nutrienti algali, le densità, le biomasse ed i contenuti di clorofilla *a* sono molto elevati e tipici di situazione di eutrofia. Anche le specie algali più importanti sono caratteristiche di ambienti eutrofici. La situazione di dominanza totale di alcune specie consente la stima del loro contenuto di clorofilla *a* sulla biomassa. Il trattamento del lago con solfato di rame, con l'intento di impedire un eccessivo sviluppo algale, sembra che abbia un effetto significativo sulla componente a Cianofitee ed in particolare su *A. flos-aquae*.

PAROLE CHIAVE: Lago Bunnari, Fitoplancton, Eutrofizzazione, Sardegna.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- HEINONEN P., 1980 - Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Publication of the Water Research Institute*. **34**. National Board of Waters. Finland.
- HORNSTROM E., 1981 - Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. *Limnologica*, **13**: 249-261.
- HUTCHINSON G.L., 1956 - *A Treatise on Limnology*. J. Wiley and Sons Inc. New York.
- GOLTERMAN H., CLYMO M., 1978 - *Methods for Chemical Analysis of Freshwaters*. I.B.P. Handbook 8. Blackwell. Oxford.
- O.C.D.E. 1982 - *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. O.C.D.E. Publication N. 42077. Paris. 154 pp.
- PROVINI A., MOSELLO R., PETTINE M., PUDDU A., ROLLE A. e SPAZIANI F.M., 1979 - *Metodi e problemi per la valutazione dei carichi di nutrienti*. *Atti del Convegno sulla eutrofizzazione in Italia. Roma 3-4 ottobre 1978*: 121-158.
- RAWSON D.S., 1956 - Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. Ocean.*, **1**: 18-25.
- ROSEN G., 1981 - Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica*, **13**: 263-290.
- SECHI N., 1978 - Struttura e biomassa dei popolamenti fitoplanctonici del Lago Omodeo (Sardegna centrale). *Giorn. Bot. Ital.*, **112**: 347-360.
- SECHI N., 1981 - Il fitoplancton del Lago Bunnari (Sardegna settentrionale). *Giorn. Bot. Ital.*, **115**: 136.
- SECHI N., 1983 - Il fitoplancton e lo stato trofico di alcuni laghi artificiali della Sardegna. *Atti 4° Congresso AIOL, Genova, 1-3 Dicembre 1980*; **23**: 1-11.
- SECHI N., COSSU A., 1979 - Prime valutazioni sui livelli trofici di alcuni bacini artificiali della Sardegna. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **37**: 259-276.
- SECHI N., MANCA R., 1983 - La comunità fitoplanctonica e lo stato trofico del Lago di Oschiri (Sardegna Settentrionale). *Atti 4° Congresso AIOL, Genova, 1-3 Dicembre 1980*; **25**: 1-9.
- STEMMANN NIELSEN E., LAURSEN BRUUN H., 1976 - Effect of CuSO_4 on the photosynthetic rate of phytoplankton in four Danish lakes. *Oikos* **27**: 239-242.
- STRIKLAND J.D.H., PARSON T.R., 1968 - A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167.
- TOLSTOY A., 1979 - Chlorophyll *a* in relation to phytoplankton volume in some Swedish lakes. *Arch. Hydrobiol.*, **85**: 133-151.
- VOLLENWEIDER R., 1968 - *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Rep. O.E.C.D., DAS/CSI/68.27., Paris.
- WINBERLEY J.W., 1968 - The turbidimetric determination of sulfate without the use of additives. *Anal. Chim. Acta*, **42**: 327-329.
- WETZEL G.R., 1975 - *Limnology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.