

---

## IT10-A ECOSISTEMI LACUSTRI DELLA SARDEGNA

### **Autori**

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

### **Affiliazione**

<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Referente Macrosito:** Bachisio Mario Padedda

### **Siti di ricerca:**

Lago Bidighinzu, IT10-001-A

Lago Cedrino, IT10-002-A

Lago Cuga, IT10-003-A

Lago Monte Lerno, IT10-004-A

Lago Sos Canales, IT10-005-A

Lago Temo, IT10-006-A

**Tipologia di ecosistema:** acque interne

**DEIMS-ID:** <https://deims.org/67757ba9-c40c-4e2c-bdad-bc26905a738e>

---

Citare questo capitolo come segue: Padedda B.M., Buscarinu P., Caddeo T. *et al.* (2021). IT10-A Ecosistemi lacustri della Sardegna, p. 331-369. DOI: 10.5281/zenodo.5584747. In: Capotondi L., Ravaioli M., Acosta A., Chiarini F., Lami A., Stanisci A., Tarozzi L., Mazzocchi M.G. (a cura di) (2021). La Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine. Lo studio della biodiversità e dei cambiamenti, pp. 806. DOI: 10.5281/zenodo.5570272.

## Descrizione del macrosito e delle sue finalità:

Il sito n° 10 – *Ecosistemi lacustri della Sardegna* è costituito da sei laghi artificiali e fa parte della rete LTER-Italia sin dalla sua costituzione (Fig. 1). Il sito è sempre stato gestito dall'Università di Sassari, in

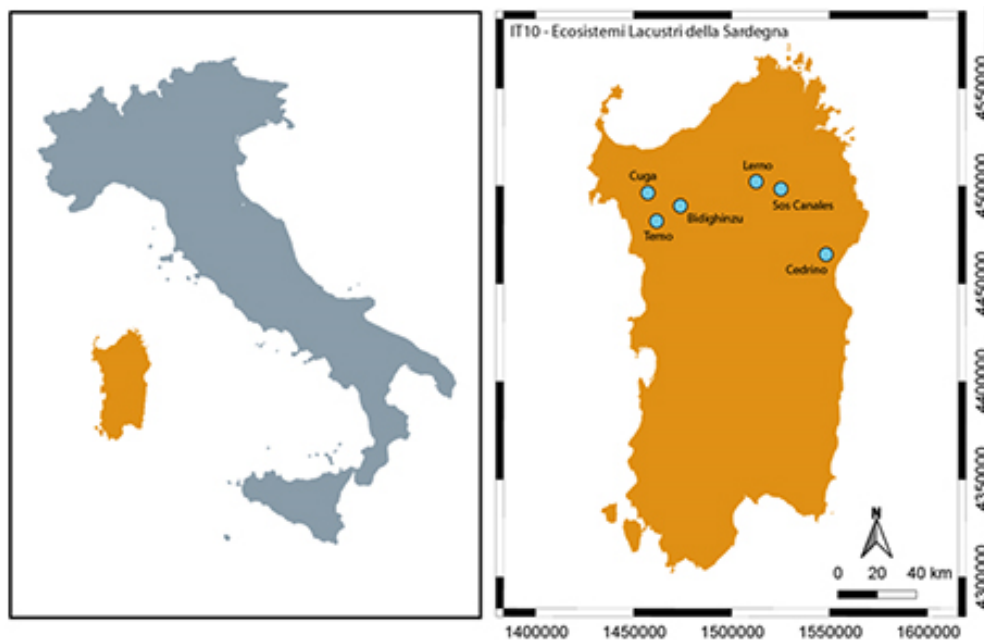


Fig. 1 - Il Macrosito IT10, con indicate tutte le stazioni di ricerca

stretta collaborazione con l'ente regionale gestore dei laghi (Ente Acque della Sardegna, ENAS). I sei laghi (Bidighinzu, Cedrino, Cuga, Monte Lerno, Sos Canales e Temo), sono localizzati nella parte centro-settentrionale dell'Isola e sono oggetto di studio da oltre trent'anni. Dal 2006, i laghi artificiali sardi, tranne poche eccezioni, tra cui l'unico naturale (Lago di Baratz), sono

passati sotto la gestione diretta dell'ENAS nei sei laghi del macrosito, sin dal 2006, è stato installato un Sistema Remoto di Monitoraggio in Tempo Reale (RTRM), dotando l'ENAS di uno strumento per l'ottimizzazione della gestione della risorsa idrica lacustre. Il sistema consente infatti di individuare lungo il profilo verticale lo strato d'acqua con la migliore qualità per il processo di potabilizzazione. La valutazione della qualità viene svolta sulla base di dati acquisiti mediante una sonda multiparametrica, dotata di sensori per la temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e clorofilla *a*, installata su una zattera ancorata nell'area di maggiore profondità del lago e programmata per effettuare profilature verticali secondo cadenze definite e "on-demand". Questi dati sono costantemente verificati con quelli ottenuti con metodi di indagine standard condotti sui laghi da lungo tempo.

Nel decennio di appartenenza alla rete LTER sono state prodotte 14 pubblicazioni scientifiche presenti su Scopus/WoS, sulle principali tematiche di ricerca sviluppate nei laghi del sito. Altre ricerche sono state pubblicate su riviste nazionali e internazionali, in atti di convegno e in capitoli di libri. Le attività di ricerca principali sono orientate verso lo studio dell'eutrofizzazione, del fitoplancton e i loro cambiamenti in rapporto alla presenza e agli effetti delle diverse attività antropiche nei bacini, ai diversi approcci gestionali, ai possibili disturbi e al cambiamento climatico globale. Il problema principale dei laghi artificiali del macrosito è, infatti, l'eutrofizzazione con conseguenti massicci sviluppi di fitoplancton e carenza di ossigeno nell'ipolimnio, fino a condizioni di anossia.

Nei siti non sono attualmente disponibili strutture ricettive o logistiche di supporto. Su richiesta ed in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (disco Secchi, bottiglie Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), di laboratorio (Laboratorio di Ecologia acquatica, DADU; spettrofotometri, fluorimetri, incubatori, cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia, DADU; microscopi rovesciati in contrasto di fase, epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per effettuare i prelievi (imbarcazione a

---

motore) non sono disponibili *in situ*. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione dell'ENAS.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, dell'eutrofizzazione, della biodiversità algale, delle specie algali nocive (Harmful Algal Species) e delle loro fioriture (Harmful Algal Blooms), con particolare riferimento ai Cianobatteri.

Per i laghi del macrosito sono disponibili lunghe serie temporali di dati: a partire dal 1978 per i laghi Bidighinzu, Cuga e Sos Canales; dal 1987 per il Monte Lerno e Temo; dal 1994 per il Cedrino. La raccolta dati è tuttora in corso con il solo monitoraggio di routine svolto dall'ENAS. Le serie storiche mostrano alcune lacune di varie ampiezze temporali. Il campionamento è generalmente mensile in un'unica stazione in prossimità dello sbarramento, ovvero nell'area di massima profondità, ed interessa più profondità lungo la colonna d'acqua, dalla superficie al fondo. In alcuni siti e per brevi periodi sono state eseguite osservazioni di maggiore dettaglio con approfondimenti temporali (settimanali) e spaziali (più punti). I dati sono organizzati in fogli elettronici. Nel complesso i principali parametri limnologici riguardano:

- dati morfologici e fisici (temperatura, pH, conducibilità, area, perimetro, profondità massima e media, volumi e livello d'invaso, bilancio idrologico);
- dati chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo reattivo e totale, silice reattiva, ferro, manganese);
- dati biotici (clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, microcistine, composizione in specie del fitoplancton, composizione dello zooplancton);
- dati sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle condizioni fisiche di stratificazione termica e circolazione lacustre, ai diversi livelli d'impatto antropico, di disponibilità dei principali nutrienti e delle condizioni ambientali di base).

L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile scientifico che ne autorizza qualsiasi utilizzo.

## Attività di divulgazione

Le stazioni di ricerca del macrosito sono oggetto di attività didattiche nell'ambito delle esercitazioni in campo previste per l'insegnamento di Ecologia Applicata per il Corso di Laurea in Gestione dell'Ambiente e del Territorio dell'Università di Sassari. Negli anni sono state redatte numerosi tesi di laurea e relazioni di tirocinio per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari.

## Prospettive future

La convenzione con l'Ente Acque Sardegna, principale fonte di finanziamento delle attività di routine nelle stazioni di ricerca del macrosito non è più attiva. La raccolta dati è ancora in essere da parte dell'ente gestore dell'invaso che, in virtù degli accordi di collaborazione scientifica, rende disponibili i dati per le attività della rete. Nel 2018 è stato avviato un progetto multidisciplinare, inserito nell'ambito di un dottorato di ricerca internazionale in Architettura e Ambiente attivo presso il Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Sassari. Il progetto è focalizzato sulla valutazione del legame tra cianotossine, in particolare le BMAA, e l'insorgenza di malattie neurodegenerative quali la Sclerosi Laterale Amiotrofica (SLA) e il morbo di Parkinson. La popolazione sarda rappresenta infatti un isolato genetico, caratterizzato da un alto tasso di mutazione TDP-43 A382T, che si trova in più del 30% dei pazienti familiari e sporadici affetti da SLA, e da una frequenza elevata di SLA familiare. Il progetto prevede di esaminare la varietà di cianotossine prodotte da Cianobatteri presenti negli invasi della Sardegna, tra cui alcuni siti LTER, di studiare i meccanismi e gli effetti degli estratti cellulari di colture di Cianobatteri ottenuti da isolati sardi sui modelli cellulari e animali della SLA, concentrandosi su modelli genetici portatori di mutazione TDP43 e di eseguire

---

un'analisi geostatistica per studiare l'incidenza della SLA e del morbo di Parkinson in Sardegna, in relazione al consumo di acqua proveniente dagli invasi dominati dai Cianobatteri. Le conoscenze acquisite con questo progetto contribuiranno a mitigare i rischi per la salute umana derivanti dalle cianotossine nell'acqua potabile. Inoltre, fornirà informazioni sul ruolo patologico di TDP-43 e altri meccanismi molecolari della SLA.

## **Abstract**

The Parent Site IT10-Lake ecosystems of Sardinia – Italy consists of six artificial lakes. It has been part of the LTER-Italy since its foundation. The site has been always managed by the University of Sassari, in close collaboration with the Regional Water Authority for lakes in Sardinia (ENAS – Ente Acque della Sardegna). The lakes are located in the north-central part of the Island being Lake Bidighinzu (IT10-001-A), Lake Cedrino (IT10-002-A), Lake Cuga (IT10-003-A), Lake Monte Lerno (IT10-004-A), Lake Sos Canales (IT10-005-A), Lake Temo (IT10-006-A). They have been studied for over thirty years.

Since 2006, a Real Time Remote Monitoring System has been operating in each lake. The project aims to provide a tool to optimize the management of the water resource, giving the chance to choose the water layer along the vertical profile from which withdraw the water with the relative best quality for potabilization. Data on water temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen and chlorophyll *a* are acquired by a probe. These data are compared and combined with those obtained in laboratory using standard analysis methods.

Long-term series of ecological data are available for each lake, with high-frequency measurements and samplings regarding some of the more important environmental and biological variables.

Regarding the LTER Sardinian artificial lakes, their major environmental issue is eutrophication and the related massive growth of phytoplankton. Phytoplankton blooms extensively in summer, largely composed by potentially toxic Cyanobacteria.

# Lago Bidighinzu

## **Autori**

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

## **Affiliazione**

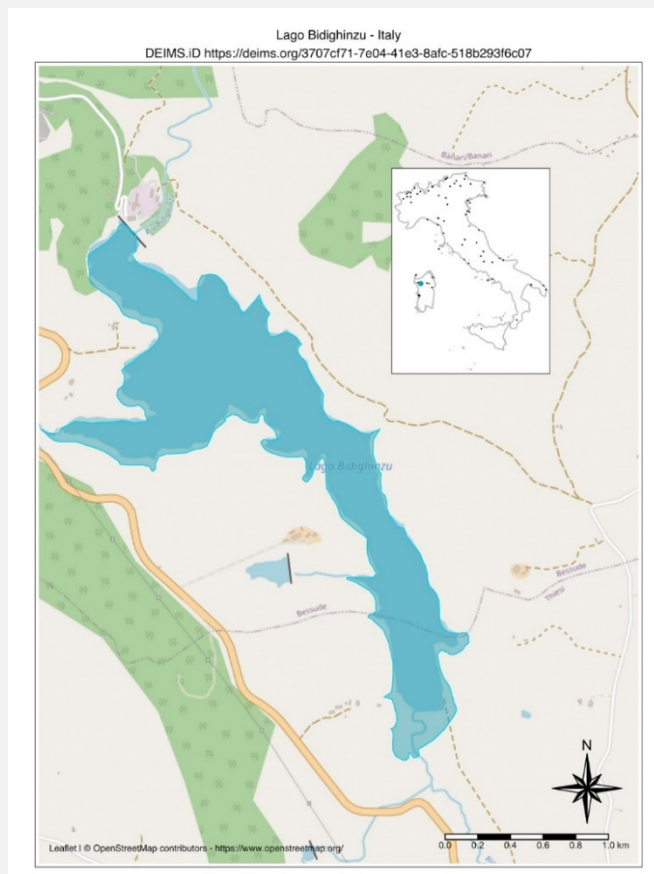
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-001-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/3707cf71-7e04-41e3-8afc-518b293f6c07>



## Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Bidighinzu (IT10-001-A) è localizzato nella parte nord-ovest della Sardegna, a circa 318 m s.l.m., all'interno dei territori comunali di Thiesi e Bessude (Sassari) (Lat. 40.556104, Lon. 8.661203. UTM WGS84). La diga è stata completata nel 1956 ed il lago è stato invasato nel 1958. Il suo volume totale (corrispondente al limite di sfioramento della diga) è di circa  $12,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . L'invaso ha una superficie di circa  $1,5 \text{ km}^2$ , con una profondità massima di circa 30 m ed una media di circa 7 m.

Il bacino lacustre ha una forma allungata (Fig. 2), con un unico braccio dendritico che si apre nel lato ovest. Nel suo asse principale, si estende per circa 3,3 km con un orientamento NO-SE, con una larghezza massima di circa 1,4 km. Il bacino idrografico si estende per circa  $514 \text{ km}^2$ .



Fig. 2 - Lago Bidighinzu

Le acque sono usate esclusivamente a fini potabili. L'input d'acqua dal bacino idrografico non è sufficiente a far fronte alle richieste. Per questo motivo, sono pompate nel lago acque dal Rio Santa Lucia e dal Rio Calambro (entrambi nell'adiacente bacino idrografico del Lago Coghinas) e dal Lago Temo. Nel sito non sono presenti particolari status di protezione.

Il Lago Bidighinzu, sin dall'inizio, ha mostrato seri problemi ecologici e gestionali che hanno fortemente condizionato la qualità della

risorsa idrica invasata. In particolare, la problematica più importante è data dall'alto grado di eutrofizzazione del lago con massiva crescita di fitoplancton e anossia ipolimnica.

Tutte le indagini condotte sin dal 1979, indicano uno stato altamente eutrofico del sistema, con oscillazioni abbastanza significative anno dopo anno, in termini di concentrazioni di nutrienti, clorofilla *a*, densità del fitoplancton, e la presenza di specie potenzialmente tossiche. Per porre rimedio, sono stati proposti e implementati diversi interventi (rilascio di sostanze algicide, microfiltri per pre-filtrare le acque grezze in ingresso all'impianto di potabilizzazione, ossigenazione ipolimnetica per mezzo di pompe ed aeratori), ma tutti di dubbia o limitata efficacia, in quanto diretti a mitigare i soli effetti dell'eutrofizzazione e non a risolverne le cause. L'eutrofizzazione del lago è attribuibile in larga misura agli input dal bacino idrografico, ormai quasi completamente privo di vegetazione (deforestato); per cui l'apporto di nutrienti per dilavamento si aggiunge in termini importanti agli scarichi civili e industriali, già eccessivamente elevati rispetto alle capacità di recepimento del lago. Per questo motivo, nel 1987 è stato costruito un by-pass per divergere a valle dell'invaso gli scarichi civili e industriali dell'abitato di Thiesi, che erano considerati la causa principale, in termini di fonti puntuali, della pesante condizione eutrofica del lago. Ad oggi tutti gli studi condotti dopo questo intervento, pur segnalando una significativa diminuzione dei nutrienti nel tempo (Pulina *et al.* 2019), indicano il permanere del lago in una condizione eutrofica, tale da far dubitare che la diversione avvenga realmente e/o continuamente.



---

## Risultati

L'insieme delle indagini condotte nel Lago Bidighinzu, dalle più datate (Sechi and Lugliè 1996; Lugliè *et al.* 2001), fino alle più recenti (Mariani *et al.* 2015a, 2015b; Morabito *et al.* 2018; Pulina *et al.* 2019), indicano una conclamata condizione di forte eutrofizzazione del sistema. Le serie pluriennali mostrano oltre ad una elevata variabilità interannuale anche alcune tendenze delle variabili ambientali indagate e del fitoplancton estremamente interessanti, soprattutto durante la stagione estiva in cui gli effetti dell'eutrofizzazione sono più gravi e manifesti. Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi:

- il lago è interessato, come la maggior parte dei laghi artificiali del clima mediterraneo (Naselli-Flores e Lugliè 2014), da ampie variazioni di livello dell'acqua sia sulla scala stagionale (variazione intrannuale) che pluriennale (variazione interannuale). Le variazioni sono legate all'utilizzo delle acque e alle dinamiche di riempimento e svuotamento che si verificano, rispettivamente, nel semestre umido e in quello secco, in aggiunta alla naturale variabilità sulla scala pluriennale delle disponibilità idriche legate al clima;

- nonostante le variazioni di livello delle acque, il lago ha manifestato un tipico comportamento monomittico caldo, con stratificazione termica estiva permanente. Questa è stata garantita dalla presenza nel lago, sino alla fine del semestre secco, di volumi d'acqua e relative profondità tali da mantenere la condizione di stratificazione termica (Marchetto *et al.* 2009). Mariani *et al.* (2015a) hanno segnalato un allungamento del periodo di stratificazione termica negli anni 1988-2011 interpretandolo come un probabile segnale del riscaldamento globale e del cambiamento climatico in atto. Pulina *et al.* (2019) hanno inoltre segnalato un significativo trend in crescita, soprattutto in estate, del rapporto tra la profondità di mescolamento delle acque ( $Z_{mix}$ ) e la zona eufotica ( $Z_{eu}$ ). Il rapporto  $Z_{mix}/Z_{eu}$  è un indicatore delle condizioni d'illuminazione nell'ambiente subacqueo e può essere di grande aiuto nell'interpretazione delle variazioni dello sviluppo del fitoplancton. Gli stessi autori hanno riportato un'influenza statisticamente significativa della temperatura dell'acqua sulla dimensione cellulare del fitoplancton (all'aumentare della temperatura, diminuisce la taglia) e sulla sua composizione, favorendo l'affermazione di specie di taglia più piccola. Questi risultati sono trattati in maggior dettaglio nei punti successivi;

- nel bacino idrografico del Lago Bidighinzu, è stata osservata una generale tendenza decrescente dei valori medi annuali delle precipitazioni. Sulla scala stagionale il trend è stato significativo in autunno e in inverno nel periodo 1978-2012 (Mariani *et al.* 2015a) ed è stato attribuito al cambiamento climatico. Questo aspetto, sommato alla gestione delle acque e all'effetto delle attività antropiche nel bacino idrografico, ha determinato importanti variazioni strutturali e funzionali nel corpo idrico (Pulina *et al.* 2019);

- le elaborazioni statistiche delle serie pluriennali svolte da Mariani *et al.* (2015a) e Pulina *et al.* (2019), hanno accertato significative diminuzioni del fosforo totale e reattivo, particolarmente marcate in estate. Mariani *et al.* (2015a) hanno anche segnalato un aumento del rapporto tra le forme totali dell'azoto e del fosforo (TN:TP) attribuendolo in particolare alla riduzione del fosforo poiché nessuna tendenza significativa era stata riscontrata per l'azoto nell'arco temporale analizzato (1978-2012). Tuttavia, Pulina *et al.* (2019), elaborando i dati di un decennio più recente (2006-2015) hanno evidenziato significative riduzioni per l'azoto ammoniacale e per l'azoto inorganico disciolto. Anche per la silice reattiva, è stata accertata una tendenza significativa in diminuzione su base pluriennale che Mariani *et al.* (2015) hanno indicato come correlabile con la riduzione delle precipitazioni nel bacino idrografico. Nonostante la tendenza ad una generale riduzione delle concentrazioni di alcuni nutrienti, queste hanno continuato ad essere tanto elevate da mantenere il Lago Bidighinzu in una condizione di ipereutrofia, già riconosciuta negli studi precedenti (Marchetto *et al.* 2009), rimarcando l'urgenza del completamento nell'ambito del territorio versante, degli apparati di depurazione e l'adozione di tecniche agricole e zootecniche meno impattanti;

- la clorofilla *a* e la biomassa totale del fitoplancton non hanno mostrato tendenze pluriennali significative nel Lago Bidighinzu (Mariani *et al.* 2015a; Pulina *et al.* 2019). Diversamente, la densità totale

estiva ed il volume medio cellulare estivo sono significativamente aumentati e diminuiti, rispettivamente, nell'ultimo decennio (Pulina *et al.* 2019), evidenziando quindi la necessità di considerare diversi descrittori fitoplanctonici negli studi ecologici. Il passaggio verso un fitoplancton caratterizzato da specie di minore taglia cellulare può essere stato alla base del decremento del volume cellulare medio del fitoplancton osservato (vedi punto successivo). Mariani *et al.* (2015a) hanno evidenziato che sebbene sia stata riscontrata una riduzione significativa del fosforo nel periodo 1978-2012, le sue concentrazioni sono rimaste tali da non essere limitanti per lo sviluppo del fitoplancton, controllandone più la composizione in classi e in specie che la densità e biomassa totale. Invece, considerando il decennio più recente (2006-2015), i nutrienti, la temperatura e il rapporto  $Z_{mix}/Z_{eu}$  sono risultate le variabili, tra quelle considerate, statisticamente più significative per lo sviluppo estivo del fitoplancton, capaci di influenzarne la densità totale, la composizione in classi e specie algali ed il volume medio cellulare (Pulina *et al.* 2019);

- significative tendenze pluriennali sono state riconosciute per diverse classi e ordini fitoplanctonici, per cui sussistono differenze significative nella composizione delle specie considerando diversi archi temporali (Fig. 3). In particolare, sono state individuate tendenze incrementali significative, sempre in estate, per le Bacillariophyceae e le Chlorophyceae (Mariani *et al.* 2015a). Queste classi, insieme ai Cianobatteri, sono state quelle più abbondanti in termini di densità cellulare in tutti gli anni di studio. Per la biomassa hanno invece prevalso, nel decennio 2006-2015, Dinophyceae, Euglenophyceae e Conjugatophyceae (Pulina *et al.* 2019), diversamente da quanto riscontrato nei periodi precedenti, durante i quali i Cianobatteri erano stati decisamente importanti anche per la biomassa (Mariani *et al.* 2015a);

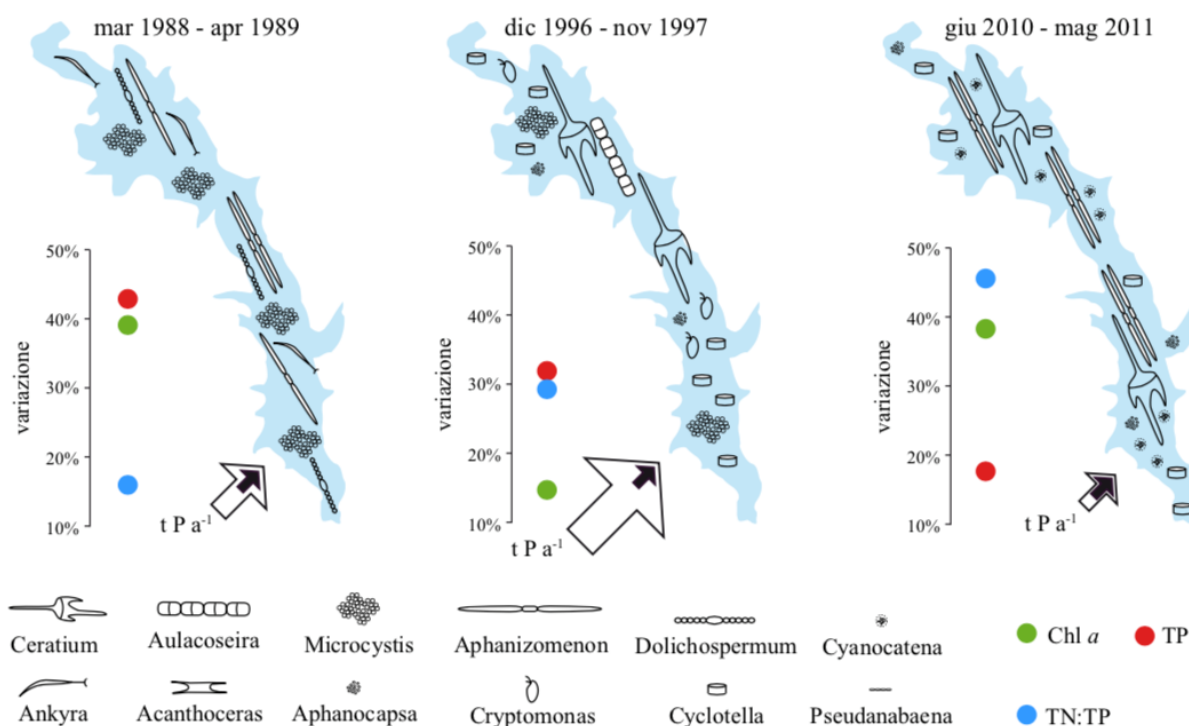


Fig. 3 - Modello concettuale della successione di specie di fitoplancton che ha interessato il Lago Bidighinzu subito dopo la diversione (1988-1989), un quinquennio dopo la diversione (5-8 anni) e molto tempo dopo la diversione (16-22 anni).

La percentuale di variazioni di clorofilla a (Cbl-a), fosforo totale (TP) e il rapporto azoto totale/fosforo totale (TN: TP), sono state riportate nell'asse a sinistra

I Cianobatteri hanno sempre dominato la densità cellulare del fitoplancton con tendenze temporali significative a livello di ordine (Mariani *et al.* 2015a) e, nel decennio 2006-2015 (Fig. 4), anche di classe (Pulina *et al.* 2019). I segnali più evidenti possono essere riassunti in cambiamenti nella composizione in



specie, con un maggior sviluppo delle Chroococcales e una riduzione delle Nostocales, e con la maggiore affermazione di specie con minore taglia cellulare: da un'iniziale maggiore abbondanza dei generi *Microcystis*, *Aphanocapsa* e *Chroococcus* si è passati ad una successiva maggiore affermazione dei generi *Cyanocatena* e *Aphanothece* (Aktan *et al.* 2009; Mariani *et al.* 2015a; Pulina *et al.* 2019). Il significativo incremento estivo della densità cellulare potrebbe essere stato legato all'allungamento del periodo di stratificazione termica e al contemporaneo modificarsi di altre variabili ambientali, per esempio,  $Z_{mix}/Z_{eu}$ , i nutrienti e i loro rapporti. Di fatto una stratificazione termica più lunga seleziona le specie favorendo i taxa più adatti a una maggiore stabilità della colonna d'acqua;

- la riduzione della taglia cellulare ha interessato anche altre classi algali oltre ai Cianobatteri (per esempio, Chlorophyceae e Bacillariophyceae) seppure con una risposta ritardata rispetto ai Cianobatteri (Pulina *et al.* 2019). Per le Bacillariophyceae è stata osservata una maggiore affermazione delle Centrales ed un calo delle Pennales (Pulina *et al.* 2019), con una minore abbondanza di specie più grandi e più pesanti (come ad esempio, *Anlucoseira* spp.) e una maggiore abbondanza di specie più piccole (come *Cyclotella* spp.), specialmente quando la stratificazione è stata più prolungata (Mariani *et al.* 2015a);

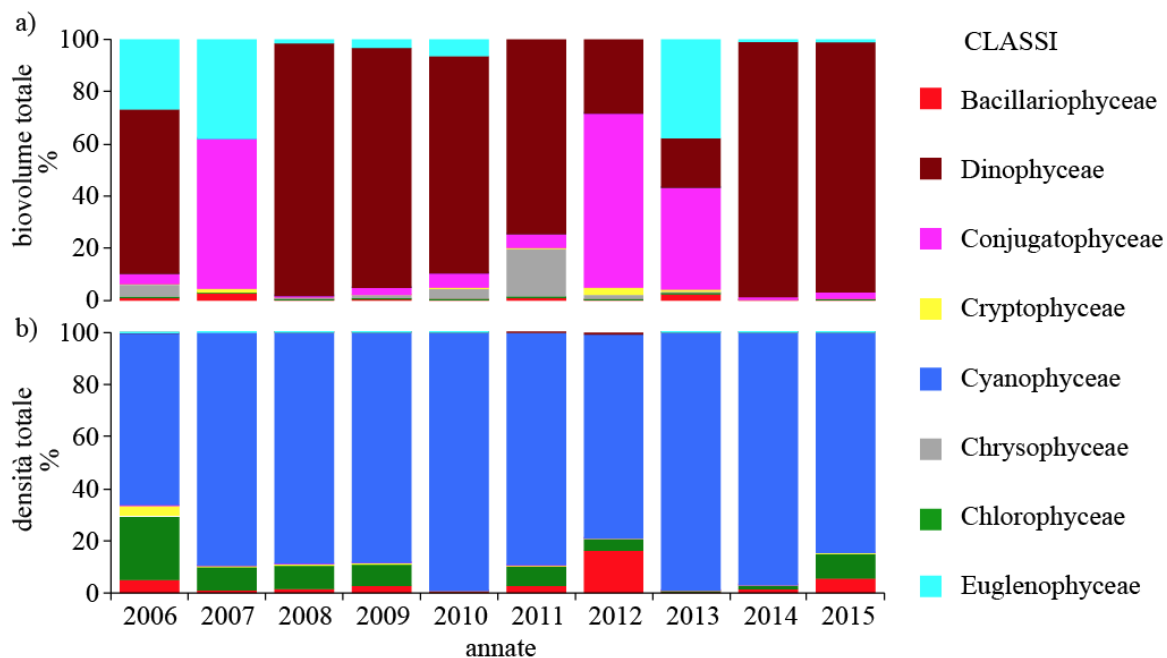


Fig. 4 - Variazione pluriennale (2006-2015) del contributo percentuale delle classi fitoplanctoniche a) al biovolume cellulare totale e b) alla densità cellulare totale nel Lago Bidighinzu

- la presenza di cianotossine extracellulari (microcistine) nelle acque del lago è stata segnalata per la prima volta da Messineo *et al.* (2009). Tenendo conto dell'uso potabile delle acque e della dominanza dei Cianobatteri nel fitoplancton, Mariani *et al.* (2015b) hanno approfondito questo tema in uno studio comparativo svolto su quattro laghi artificiali della Sardegna, uno dei quali era il Lago Bidighinzu, caratterizzati da diversi livelli di trofia lacustre. Nei 18 mesi di studio la densità cellulare del fitoplancton del Lago Bidighinzu è risultata dominata, in ordine gerarchico, da *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Cyanocatena imperfecta* (Cronberg & Weibull) Joosten e *Aphanocapsa* spp.. Lo studio ha riportato anche la presenza di *Aphanizomenon klebahnii* (Elenkin) Pechar e Kalina, *Dolichospermum macrosporum* (Klebahn) Wacklin, Hoffmann e Komárek (= *Anabaena macrospora* Klebahn) e *Dolichospermum vignieri* (Denis e Frémy) Wacklin, Hoffmann e Komárek (= *Anabaena vignieri* Denis e Frémy), specie potenzialmente tossiche non ancora segnalate nel fitoplancton del lago e, in generale, dei laghi artificiali della Sardegna. Questo risultato ha enfatizzato l'importanza degli studi LTER per la precoce rilevazione di cambiamenti nella comunità, specialmente importanti quando le specie coinvolte sono potenzialmente nocive. Nel 75% dei campioni analizzati è stata rilevata la presenza di microcistine e in circa il 25% dei campioni analizzati le concentrazioni hanno superato il valore soglia indicato

---

dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per le acque potabili, pari a 1 µg l<sup>-1</sup>. Le maggiori concentrazioni di microcistine sono state rilevate nei mesi estivi e autunnali in coincidenza con le maggiori densità cellulari di *Aphanocapsa* spp. e *A. flosaquae*. Lugliè *et al.* (2017) hanno riportato ulteriori informazioni sulla presenza e sulla dinamica stagionale delle cianotossine nel Lago Bidighinzu, con nuovi dati sulle microcistine e i primi sulla neurotossina β-N-methylamino-L-alanina (BMAA), probabilmente coinvolta nell'insorgenza di gravi patologie neurodegenerative. La presenza di entrambe le tossine è stata accertata in tutti i campioni naturali analizzati e in colture cellulari di *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet e Flahault) Wacklin, Hoffmann e Komárek e *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, ottenute a partire da isolati cellulari da campioni del lago. Le microcistine hanno raggiunto il massimo in autunno, un mese dopo il massimo di densità cellulare dei Cianobatteri, risultati dominati da Chroococcales dei generi *Cyanocataena*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece* e *Coelosphaerium* ma non *Microcystis*, confermando i risultati ottenuti da Mariani *et al.* (2015b). *Microcystis* è il genere maggiormente coinvolto a livello planetario nei CyanoHABs dovuti alle microcistine. Le BMAA hanno mostrato più picchi stagionali nel corso dell'anno d'indagine, in coincidenza con composizioni di specie di Cianobatteri variabili. Questo risultato è in accordo con il fatto che le BMAA siano prodotte da numerose specie di Cianobatteri. La co-presenza sia di BMAA e microcistine sottolinea una maggiore pericolosità che potrebbe essere dovuta a una loro potenziale azione sinergica.

Altre ricerche sono state svolte sul lago, considerando specifiche tematiche e utilizzando le robuste informazioni di base raccolte come riferimento per i risultati ottenuti (per esempio, Fadda *et al.* 2011), anche con approcci sperimentali e l'applicazione di diverse manipolazioni. Un esempio è la sperimentazione svolta tra il 2013 e il 2015 con l'installazione nel lago di un sistema di aerazione con microbolle d'aria (Ø≈2,2 mm), quale possibile rimedio sintomatico per le condizioni di anossia ipolimnica che limita di fatto l'utilizzo della risorsa idrica per la potabilizzazione. I risultati ottenuti con queste attività sperimentali sono ancora in fase di elaborazione.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di numerosi progetti di ricerca tra cui i più importanti: 2003-2004: progetto PARSE “Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti” “U.O. 7 – Valutazione dell'efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri”, finanziato nell'ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

2005-2009: convenzione “Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l'attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales”, su incarico dell'Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

2009-2012: progetto europeo WISER (Water bodies in Europe: Integrative Systems to assess Ecological status and Recovery), finanziato nell'ambito del 7° Programma Quadro, Tema 6, (Environment including Climate Change) (Contract No. 226273).

2010-2012: progetto di ricerca “Cianobatteri: conoscenza e possibilità di predizione e gestione di fioriture potenzialmente tossiche in ambienti lacustri” della Dottoressa Maria Antonietta Mariani, Regione Autonoma della Sardegna, Borse di Studio per Giovani Ricercatori, Assessorato della Programmazione, Bilancio, Credito e Assetto del Territorio.

2010-2013: convenzione “Contratto per l'affidamento di supervisione scientifica sulle attività gestionali del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque in alcuni laghi artificiali della Sardegna, progetto boe (lotto funzionale I e II)”, su incarico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS).

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: “Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring” per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+ Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

2010-2013: INHABIT – LIFE08 ENV/IT/000413 (Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes), CNR-ISE

---

2014-2016: progetto di ricerca “Sperimentazione di trattamenti sintomatici per superare fasi critiche della qualità dell’acqua provocate dall’eutrofizzazione negli invasi della Sardegna” finanziato nell’ambito dei Progetti Legge Regionale 7/2007, Tender 9 – Sintomi eutrofici degli invasi.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell’Università di Sassari”, focalizzando in particolare l’attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

Dal 2018: progetto europeo “European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure – eLTER H2020” (Project ID: 654359), finanziato nell’ambito del programma H2020-EU.1.4.1.2. – Integrating and opening existing national and regional research infrastructures of European interest.

## **Abstract**

Lake Bidighinzu (IT10-001-A) is located in the north-west part of Sardinia, at about 318 m a.s.l. The reservoir was completed in 1956 and it has a total volume of about  $12.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Lake Bidighinzu has a surface area of about  $1.5 \text{ km}^2$ , with a maximum depth of 30 m and a mean depth of about 7 m. The catchment extends for about  $514 \text{ km}^2$ . It has been classified as hypereutrophic. Currently the site is under the management of the Ente Acque della Sardegna – ENAS which deals with the quality control of water mainly used for drinking purposes. The collected data refer to various research topics, mainly regarding the study of eutrophication, biodiversity, phytoplankton ecology, harmful algal species and harmful algal blooms. Data collection began in 1978 and has been still ongoing; the historical series show some gaps of various temporal amplitudes. The time interval of the observations is generally monthly, performed at a sampling station located near the dam at the point of maximum depth. Data access is restricted and subject to policy agreement. Any use of the data must be authorized by the scientific site manager.

### **Autori**

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

### **Affiliazione**

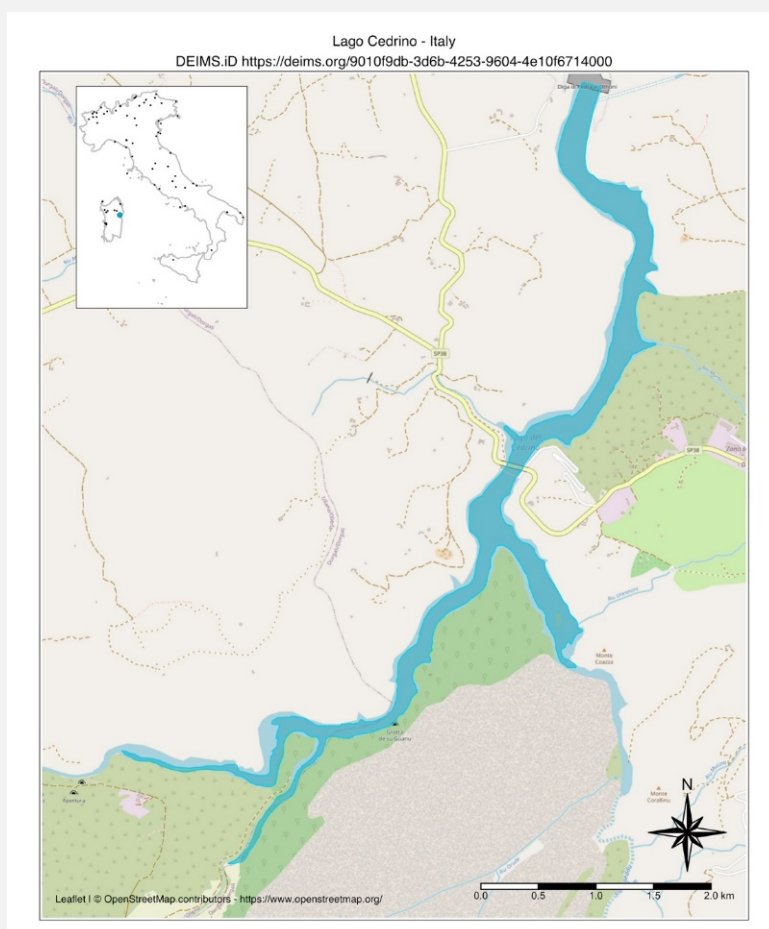
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-002-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/9010f9db-3d6b-4253-9604-4e10f6714000>



## Descrizione del sito e delle sue finalità:

Il Lago Cedrino (IT10-002-A) è il risultato dello sbarramento del Fiume Cedrino, ottenuto con una diga a gravità costruita nel 1984 (Fig. 5). Il lago è situato nella Sardegna centro orientale, nel comune di Dorgali in provincia di Nuoro (Lat. 40.327488, Lon. 9.545020, UTM WGS84). Ha una superficie di 1,5 km<sup>2</sup>, un volume di 20 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> alla sua massima quota di riempimento (103 m s.l.m.) ed una profondità media di 26,5 m. Il lago presenta una forma dendritica e si estende per circa 8,5 km nel vecchio letto del



Fig. 5 - Lago Cedrino

Fiume Cedrino (principale affluente) e per circa 2,4 km lungo il Fiume Flumineddu, nella sua parte orientale. Nel complesso il bacino imbrifero si estende per circa 627 km<sup>2</sup>. Le acque sono utilizzate prevalentemente a scopi irrigui oltre che per la produzione di energia elettrica e per l'uso potabile. Il sito ricade in parte nel Sito di Importanza Comunitaria e Zona di Protezione Speciale Supramonte di Oliena, Orgosolo e Urzulei – Su Sercone (ITB022212).

Sin dai suoi primi anni d'invaso, il

lago ha mostrato condizioni abbastanza problematiche dal punto di vista della qualità delle acque a causa dell'eutrofizzazione provocata da reflui urbani ed industriali, non adeguatamente depurati, provenienti dai centri all'interno del bacino imbrifero. Tale valutazione ha trovato riscontro anche nell'abbondanza e nella struttura dei popolamenti fitoplanctonici e nella loro dinamica stagionale, tipica di elevata eutrofia. Il fitoplancton è sempre stato infatti dominato da Cianobatteri nel periodo estivo, con affermazioni importanti delle specie *Dolichospermum planctonicum* (Brunnthaler) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek (= *Anabaena planctonica* Brunnthaler), *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing e *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, tutte potenzialmente tossiche, e dalle Bacillariophyceae in inverno, con predominanza di *Stephanodiscus hantzschii* Grunow e *Cyclotella* spp.. La qualità dell'acqua grezza da inviare alla potabilizzazione e all'irrigazione è spesso critica per l'eccessiva presenza di microalghe nella zona fotica e per l'ipossia sino all'anossia delle acque ipolimniche. Nell'ipolimnio, conseguentemente, si possono rilevare concentrazioni elevate di ammoniaca ed acido solfidrico.

## Risultati

La sintesi degli studi sinora condotti nel Lago Cedrino mostra come il lago continui a trovarsi in una condizione di forte eutrofia (Marchetto *et al.* 2009), già riscontrata alla fine degli anni '80 (Sechi and Lugliè 1996; Padedda & Sechi 2008), la cui causa principale, secondo le più recenti valutazioni, è da ricercarsi in una gestione non adeguata del vasto bacino idrografico. In particolare, il carico nutrizionale veicolato al lago è oltremodo elevato, superando le soglie stabilite scientificamente che segnano il manifestarsi dell'eutrofizzazione (Padedda *et al.* 2015, 2017). Le principali fonti inquinanti sono state infatti attribuite ai rilasci dai sistemi di depurazione comunali e alla intensa attività agricola condotta nel bacino versante. Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi dagli studi ecologici svolti negli ultimi dieci anni:

- le lunghe serie temporali dei biovolumi delle specie fitoplanctoniche sono state utilizzate, insieme a quelle di numerosi altri laghi artificiali sardi, per lo sviluppo del Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (MedPTI; Marchetto *et al.* 2009), un indice che si basa sul fitoplancton quale elemento



biotico per la valutazione della qualità ambientale ed è utile per definire gli effetti dell'eutrofizzazione nei laghi artificiali profondi del Mediterraneo. L'indice è basato sull'assunto che i valori del fosforo totale, considerato l'indicatore più importante nella valutazione dei livelli trofici lacustri, sia ben correlato con due variabili che, a loro volta, sono diretta espressione dell'intensità dello sviluppo fitoplanctonico: biovolume e clorofilla *a*. La preliminare applicazione dell'indice ha evidenziato una buona rispondenza tra lo stato trofico e l'indice stesso. Il valore calcolato per il Lago Cedrino ha infatti collocato il bacino all'interno della classe "bad-poor", quindi in uno stato di qualità ambientale fortemente compromesso e comunque inferiore alla condizione "good", che secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE necessariamente si sarebbe dovuto raggiungere entro il 2015, termine procrastinato alle nuove scadenze del 2021 e 2027;

- anche in considerazione della necessità di trovare strumenti gestionali utili per il miglioramento dello stato trofico lacustre e del relativo stato di qualità ambientale, è stato condotto uno studio teso a verificare l'effetto dei carichi nutrizionali provenienti dal bacino idrografico sul sistema lacustre (Padedda *et al.* 2015), considerando i dati raccolti nel biennio 2011-2012. In questo studio, è stato adottato un approccio territoriale che sulla base delle forme d'uso del suolo ha permesso di identificare e stimare i quantitativi teorici di nutrienti esterni originati dal bacino di drenaggio e determinanti nel definire la trofia del sistema. In aggiunta sono state definite a livello predittivo, le variazioni dello stato trofico relative alla manipolazione teorica dei suddetti input nutrizionali. Lo studio ha mostrato che il carico di nutrienti proveniente da attività antropiche nel bacino di drenaggio era coerente con lo stato trofico raggiunto dal sistema. Le stime hanno portato a valutare tali input in 42,6 t P a<sup>-1</sup> per il fosforo totale e 531 t N a<sup>-1</sup> per l'azoto totale, quindi in aumento rispetto ad una precedente valutazione condotta nel 2002. L'applicazione di modelli predittivi di stato trofico, sulla base dei carichi stimati, ha di fatto condotto ad una previsione della concentrazione di fosforo nel lago molto simile a quella misurata sperimentalmente (101 mg P m<sup>-3</sup> stimati a livello modellistico, a fronte di 99 mg P m<sup>-3</sup> accertati sperimentalmente). I diversi scenari relativi alle possibili azioni per ridurre i carichi hanno mostrato come sia possibile nel tempo arrivare a portare il lago in condizioni di mesotrofia, abbattendo approssimativamente il 62% di fosforo e il 43% di azoto (Fig. 6);

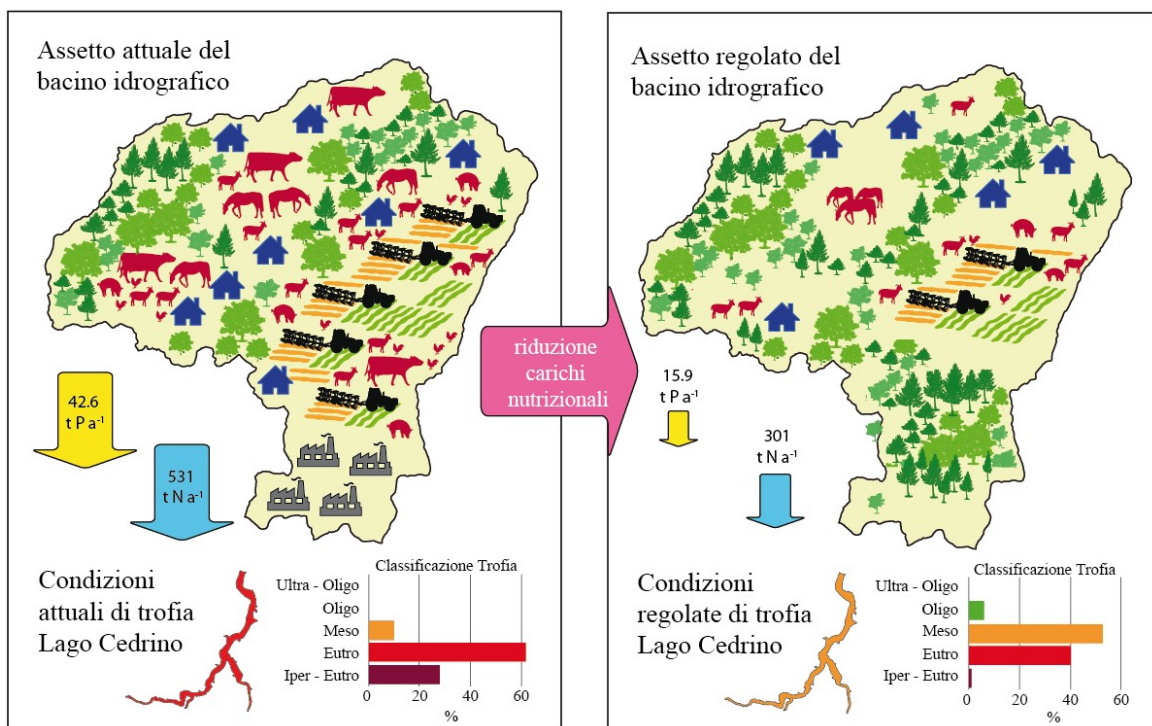


Fig. 6 - Identificazione e stima attuale dei quantitativi teorici dei carichi nutrizionali esterni originati dal bacino di drenaggio e condizioni di stato trofico del Lago Cedrino (pannello a sinistra); valutazione del possibile contingentamento dei carichi e conseguente previsione di riduzione dello stato trofico (pannello a destra)

- le indagini svolte sul lago hanno evidenziato la presenza di specie del fitoplancton potenzialmente capaci di influenzare l'uso delle acque, in particolare capaci di interferire con il processo di potabilizzazione (Padedda *et al.* 2017), e di svilupparsi con elevate densità tanto da produrre delle vere e proprie “maree rosse”. È stato questo il caso del dinoflagellato *Unrubidium penardii* (Lemmermann) Gottschling (ex *Peridiniopsis penardii*) che si sviluppa nei mesi invernali e che, in particolare nel febbraio del 2012, ha determinato la colorazione anomala delle acque del lago (Satta *et al.* 2014);
- ancora una volta tra gli effetti dell'eutrofizzazione è stata confermata l'affermazione massiva (in termini di densità e biomassa) di specie potenzialmente tossiche appartenenti ai Cianobatteri. In particolar modo, è stata rilevata la netta dominanza estiva di *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, le cui fioriture monospecifiche hanno rappresentato oltre il 90% della densità cellulare totale nel biennio 2011-2012, evidenziando l'urgenza della definizione di piani di gestione di fioriture potenzialmente tossiche (Fig. 7). L'urgenza deriva anche da precedenti rilevazioni di cianotossine nelle acque del lago, avvenuta in coincidenza con fioriture di *Microcystis* spp. (Messineo *et al.* 2009).

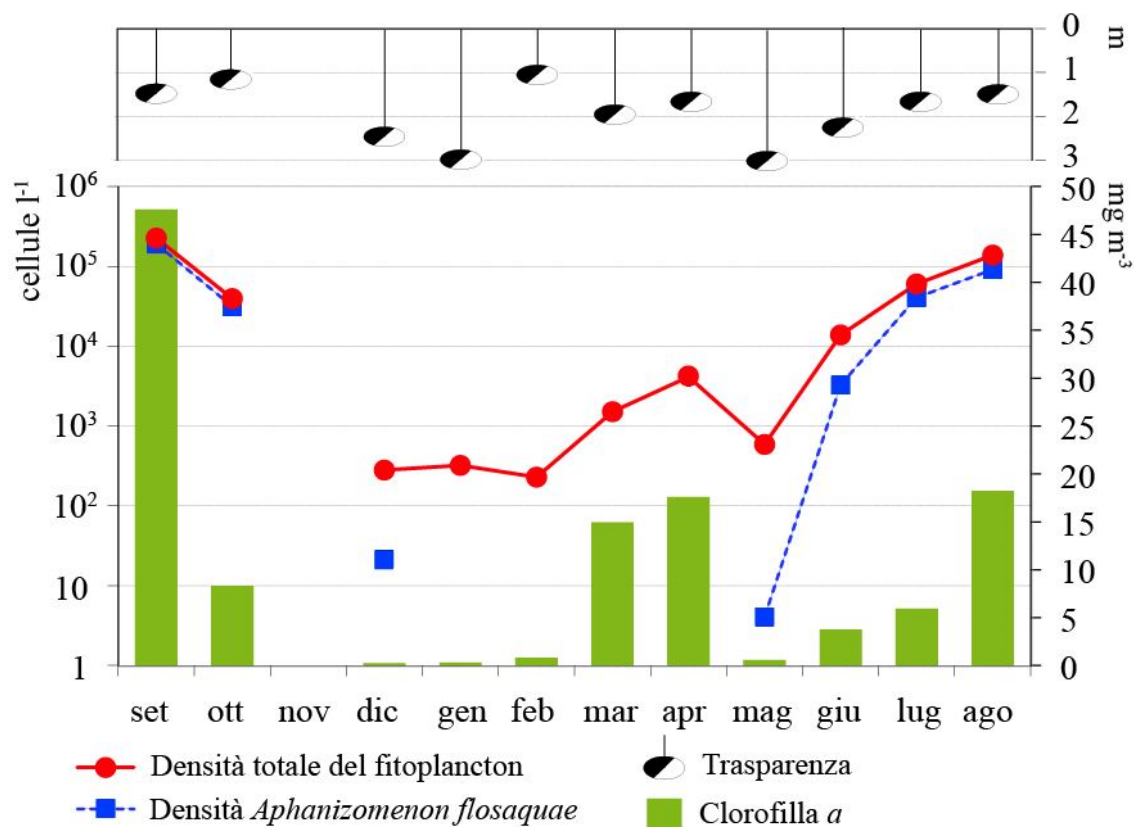


Fig. 7 - Densità totale del fitoplancton e di *Aphanizomenon flosaquae* (asse sinistro), concentrazione della clorofilla a e trasparenza del disco di Secchi (asse destro) nel Lago Cedrino

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di numerosi progetti di ricerca tra cui i più importanti:

2003-2004: progetto PARSE “Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti” “U.O. 7 – Valutazione dell'efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri”, finanziato nell'ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

2005-2009: convenzione “Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l'attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales”, su incarico dell'Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

---

2010-2012: studio “Convenzione per l’affidamento di un incarico di monitoraggio della qualità delle acque e degli ambienti della Valle del Cedrino” su incarico dell’Amministrazione Provinciale di Nuoro (contratto N° 2063 del 20-05-2010).

2010-2013: convenzione “Contratto per l’affidamento di supervisione scientifica sulle attività gestionali del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque in alcuni laghi artificiali della Sardegna, progetto boe (lotto funzionale I e II)”, su incarico dell’Ente Acque della Sardegna (ENAS).

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: “Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring” per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell’Università di Sassari”, focalizzando in particolare l’attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

Dal 2018: progetto europeo “European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure – eLTER H2020” (Project ID: 654359), finanziato nell’ambito del programma H2020-EU.1.4.1.2. – Integrating and opening existing national and regional research infrastructures of European interest.

## **Attività di divulgazione**

Il sito di ricerca è stato oggetto di diverse iniziative che hanno riguardato importanti incontri pubblici con le amministrazioni locali, le associazioni di categoria e i diversi portatori di interesse, tesi alla sensibilizzazione e valorizzazione del sito. In particolare, il sito è stato ricompreso nell’ambito delle attività per la definizione del Contratto di fiume della Valle del Cedrino e nell’ambito delle attività inerenti al monitoraggio della qualità delle acque e degli ambienti della Valle del Cedrino su incarico dell’Amministrazione Provinciale di Nuoro nella definizione di piani d’azione territoriale di recupero del sito.

## **Abstract**

Lake Cedrino (IT10-002-A) results from the damming of the Cedrino River, since 1984. The lake is located in the eastern centre of Sardinia. When it is filled to its maximum (103 m a.s.l.), it has a surface area of 1.5 km<sup>2</sup>, a volume of 20 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, and a mean depth of 26.5 m. The catchment covers about 627 km<sup>2</sup>. The lake is eutrophic. Currently the site is under the management of the Ente Acque della Sardegna – ENAS which deals with the quality control of water mainly used for irrigation and drinking uses. The collected data refer to various research topics, mainly regarding the study of phytoplankton ecology, eutrophication, biodiversity, harmful algal species and harmful algal blooms. For this lake, data collection began in 1994 and has been still ongoing; the historical series show some gaps of various temporal amplitudes. Sampling has been carried out generally monthly, at different depths along the vertical profile at a sampling station located at the maximum depth point of the lake. Data access is restricted and subject to a policy agreement, any use of the data must be authorized by the site manager.

## **Autori**

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

## **Affiliazione**

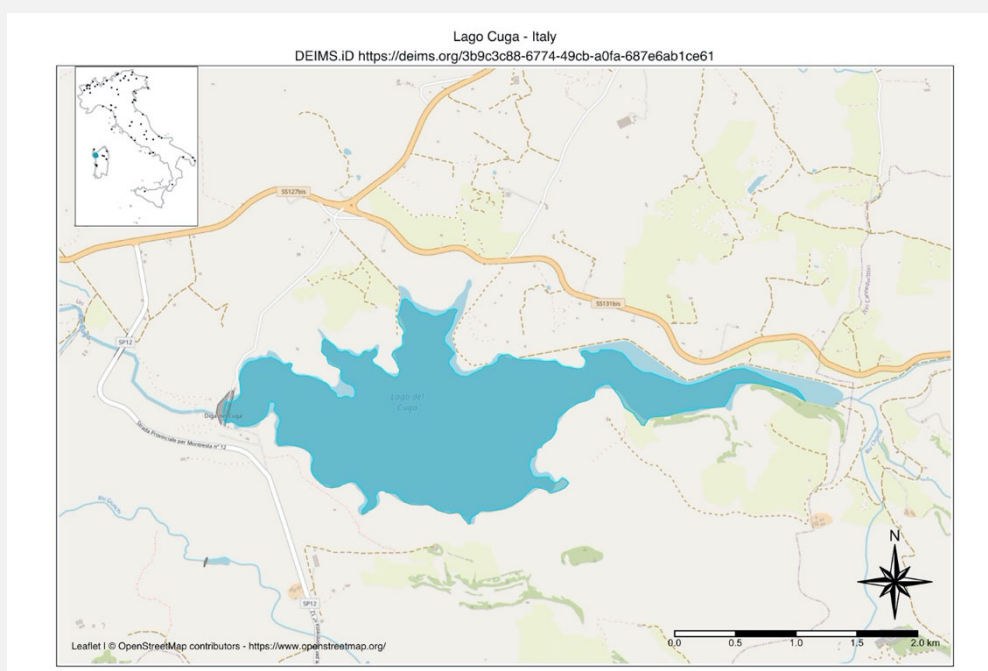
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-003-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/3b9c3c88-6774-49cb-a0fa-687e6ab1ce61>





## Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Cuga (IT10-003-A) si trova nella parte nord-occidentale della Sardegna (Lat. 40.610430, Lon. 8.462634. UTM WGS84). Il lago è stato realizzato mediante sbarramento dell'omonimo fiume nel 1965 (Fig. 8). Il suo primo riempimento è stato completato solo nel 1975. Si trova ad un'altitudine di 114 m s.l.m. e si estende per circa  $58 \times 10^6 \text{ m}^2$ ; ha una profondità massima e media rispettivamente di 45 m e 11 m, e un volume di circa  $34 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Le acque vengono drenate verso il lago principalmente dal Rio Cuga e risultano essere insufficienti per portare il lago al massimo riempimento. Esiste infatti uno squilibrio tra la domanda (utenze servite)



Fig. 8 - Lago Cuga

e la quantità di risorsa proveniente dal bacino imbrifero del lago. La maggiore richiesta rispetto al deflusso medio annuo è soddisfatta grazie ai volumi d'acqua che vengono trasferiti al Lago Cuga dal Lago Temo, attraverso una condotta. Le acque sono utilizzate principalmente per l'irrigazione e a fini potabile. Nel sito non sono presenti particolari status di protezione.

Il Lago Cuga è stato classificato come eutrofico con dati sperimentali sin dai primi anni del suo

riempimento, confermando la stima valutata sul carico in ingresso calcolato per via teorica. Tale situazione è da ricondurre all'eccessivo apporto di elementi nutrizionali dal bacino imbrifero (principalmente del fosforo). Nel periodo estivo per le acque ipolimniche viene rilevata talvolta la totale assenza di ossigeno disciolto, anche se quest'effetto dell'eutrofizzazione è spesso attenuato dalla rottura della stratificazione termica dovuta all'azione del vento che, per la geomorfologia dell'area e la morfometria lacustre, agisce sul lago con incisività, consentendo una parziale ri-ossigenazione anche di strati relativamente profondi (Fig. 9).

Coerentemente, anche lo sviluppo algale risulta consistente. La qualità dell'acqua rilevata appare condizionata dalle notevoli proliferazioni estive del fitoplancton, composto per la maggior parte da specie di Cianobatteri con caratteristiche anche potenzialmente tossiche, tra le quali *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek (= *Anabaena flosaquae* Brébisson ex Bornet & Flahault), *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault e *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing.

## Risultati

La sintesi degli studi sinora condotti nel Lago Cuga mostra come il lago continui a trovarsi in una condizione di forte eutrofia (Marchetto *et al.* 2009), già riscontrata nei decenni precedenti (Sechi and Lugliè 1996). Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti sul Lago Cuga dalla costituzione della rete LTER-Italia:

l'eutrofia del Lago Cuga, già riscontrata nei decenni precedenti (Sechi and Lugliè 1996), è stata confermata da Marchetto *et al.* (2009). Nello stesso lavoro, le lunghe serie temporali dei biovolumi delle



specie fitoplanctoniche del lago sono state utilizzate, insieme a quelle di numerosi altri laghi artificiali sardi, per lo sviluppo del Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (MedPTI), un indice che si basa sul fitoplancton quale elemento biotico per la valutazione di qualità dell'ambiente. L'indice è utile per definire gli effetti dell'eutrofizzazione nei laghi artificiali profondi del Mediterraneo ed è basato sull'assunto che i valori del fosforo totale, considerato l'indicatore più importante nella valutazione dei livelli trofici lacustri, sia ben correlato con due variabili che, a loro volta, sono diretta espressione dell'intensità dello sviluppo del fitoplancton: biovolume e clorofilla *a*. La preliminare applicazione dell'indice e la sua comparazione ha evidenziato la buona corrispondenza tra lo stato trofico e l'indice stesso. Il valore calcolato per il Lago Cuga ha infatti collocato il lago all'interno della classe "bad-poor", quindi in uno stato di qualità ambientale fortemente compromesso e comunque inferiore alla condizione "good", che secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE necessariamente si sarebbe dovuta raggiungere entro il 2015, termine successivamente procrastinato alle nuove scadenze del 2021 e 2027.

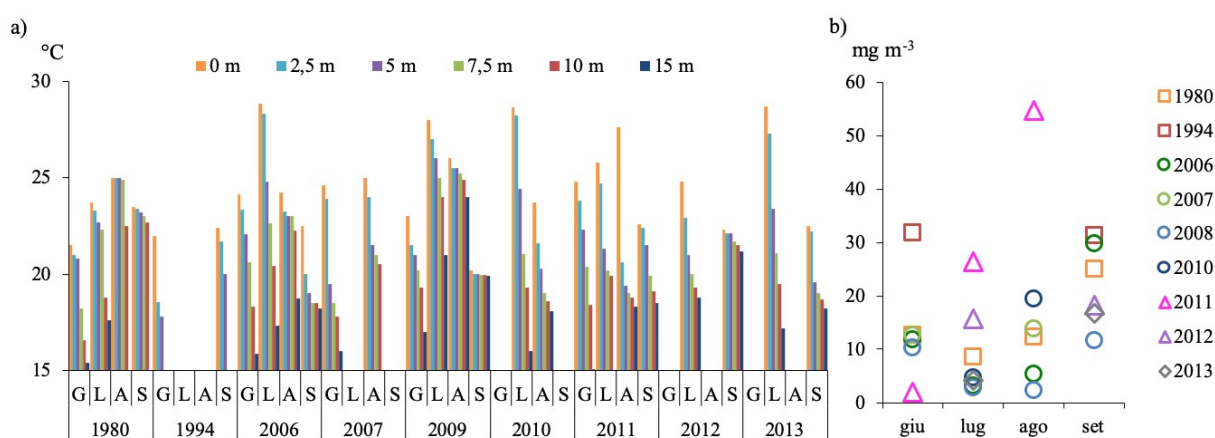


Fig. 9 - Dinamica estiva della temperatura (a) e della clorofilla *a* (b) nel Lago Cuga

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di diversi progetti tra cui i più importanti sono stati:

2003-2004: progetto PARSE "Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti" "U.O. 7 – Valutazione dell'efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri", finanziato nell'ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

2005-2009: convenzione "Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l'attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales", su incarico dell'Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: "Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring" per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+ Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

2010-2013: convenzione "Contratto per l'affidamento di supervisione scientifica sulle attività gestionali del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque in alcuni laghi artificiali della Sardegna, progetto boe (lotto funzionale I e II)", su incarico dell'Ente Acque della Sardegna (ENAS).

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo "Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell'Università di Sassari", focalizzando in particolare l'attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

---

## **Abstract**

Lake Cuga (IT10-003-A) is an artificial lake located in the north-west part of Sardinia. The dam was built in 1965 and the first filling of the reservoir was in 1975. The lake lies at an altitude of 114 m a.s.l. and is extended for about  $58 \times 10^6 \text{ m}^2$ , with a maximum and average depth of 45 m and 11 m, respectively. It has a volume of  $34 \times 10^6 \text{ m}^3$ . The waters are used mainly for irrigation and drinking supplies. Lake Cuga is classified as eutrophic since the early years of its filling.

# Lago Monte Lerno

## Autori

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Pasqualina Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

## Affiliazione

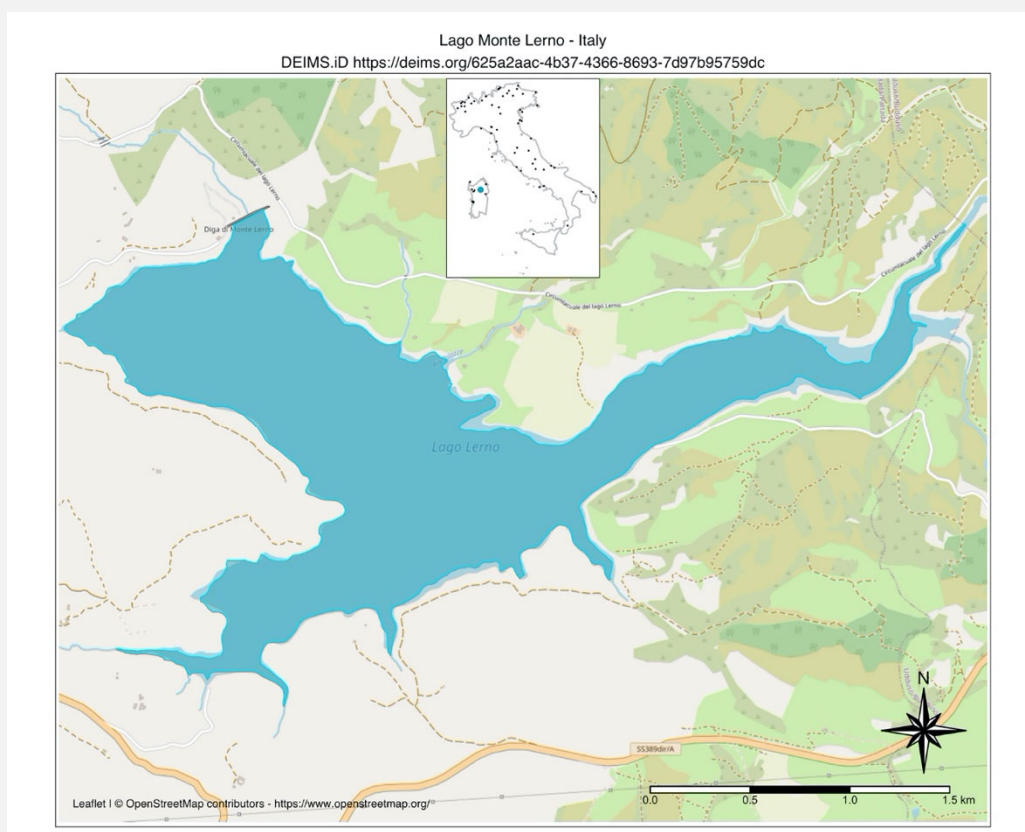
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-004-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/625a2aac-4b37-4366-8693-7d97b95759dc>



## Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Monte Lerno (IT-004-A), chiamato anche Lago Pattada, si trova nella parte nord-orientale della Sardegna (Lat. 40.585604, Lon. 9.151818, UTM WGS84) nel territorio del comune di Pattada (SS) (Fig. 10). Si tratta di un lago artificiale costruito nel 1984, drenante un bacino idrografico di circa 160 km<sup>2</sup>. Il lago si trova a 561 m a.s.l. e ha una superficie massima di 4,4 km<sup>2</sup>, una profondità media di 14,9 m, ed un volume stimato di 65,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> di acqua. Le sue acque sono utilizzate per fini potabili e per l'irrigazione. Il Lago Monte Lerno rappresenta anche il primo salto di un complesso sistema di invasi interconnessi, alimentando col suo emissario il vasto Lago del Coghinas, a sua volta a monte del sistema terminale del Lago Casteldoria.



Fig. 10 - Lago Monte Lerno di Pattada

Nauman & Huber-Pestalozzi). Nel periodo estivo le acque ipolimniche subiscono una deplezione dell'ossigeno disciolto pressoché totale, dovuta all'intenso consumo per la decomposizione dell'abbondante sostanza organica prodotta dal fitoplancton nelle acque superficiali e successivamente sedimentata sul fondo del lago. Alla carenza di ossigeno conseguono condizioni riducenti e diminuzione dei valori di pH, incrementi del fosforo, del ferro, del manganese e dell'ammoniaca. Il pH è invece spostato verso una chiara basicità, sino ad oltre le 9,5-10 unità, nella zona fotica, in coincidenza con eventi di intensa proliferazione algale.

## Risultati

La sintesi degli studi sinora condotti nel Lago Monte Lerno evidenzia come il lago continui a trovarsi in una condizione di forte eutrofia (Marchetto *et al.* 2009; Mariani *et al.* 2015; Fadda *et al.* 2011), con un peggioramento nelle caratteristiche del fitoplancton per il verificarsi di prolungate fioriture di Cianobatteri tossici (Messineo *et al.* 2009; Mariani *et al.* 2015). Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti sul Lago Monte Lerno negli ultimi dieci anni:

- le lunghe serie temporali dei biovolumi delle specie fitoplanctoniche sono state utilizzate, insieme a quelle di numerosi altri laghi artificiali sardi, per lo sviluppo del Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (MedPTI; Marchetto *et al.* 2009), un indice che si basa sul fitoplancton quale elemento biotico per la valutazione di qualità dell'ambiente ed è utile per definire gli effetti dell'eutrofizzazione nei laghi artificiali profondi del Mediterraneo. L'indice è basato sull'assunto che i valori del fosforo totale, considerato l'indicatore più importante nella valutazione dei livelli trofici lacustri, sia ben

Il Lago Monte Lerno è classificato come eutrofico (Lugliè *et al.* 1994; Sechi e Lugliè 1996; Mameli *et al.* 2002), con estese proliferazioni estive di fitoplancton, composto in gran parte da specie di Cianobatteri

potenzialmente tossiche, tra le quali *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *M. flosaquae* (Wittrock) Kirchner e *Pseudanabaena mucicola* (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe (= *Phormidium mucicola*

correlato con due variabili che, a loro volta, sono diretta espressione dell'intensità dello sviluppo fitoplanctonico: biovolume e clorofilla *a*. La preliminare applicazione dell'indice e la sua comparazione con i descrittori trofici (fosforo totale, clorofilla *a*, disco di Secchi) hanno evidenziato, nel caso del Lago Monte Lerno, delle divergenze tra lo stato trofico e l'indice, probabilmente legate alle diverse condizioni che si sono verificate nel lago durante le diverse fasi di maturità. Infatti, è verosimile che i primi due cicli d'indagine svolti solo pochi anni dopo il primo invaso del lago (1988-89 e 1997), abbiano risentito dell'innalzamento trofico attribuito al normale effetto di mineralizzazione dei materiali provenienti dai territori sommersi. In corrispondenza, i valori del MedPTI sono ricaduti all'interno della classe "moderate-poor". Sulle base delle minori concentrazioni di fosforo totale e di clorofilla *a* osservate nel 2006, al lago è stata attribuita una condizione di mesotrofia, a cui ha invece corrisposto un valore del MedPTI che rivelava un leggero peggioramento della classe di qualità ambientale (bad-poor). Diverse cause possono essere responsabili della diminuzione delle concentrazioni di fosforo totale e di clorofilla *a* oltre che la progressiva maturazione del lago, sia naturali (es., variabilità climatica) che antropogeniche (gestione del lago ed attività nel bacino imbrifero). In questo caso, l'indice ha classificato correttamente il lago sulla base della sua composizione in specie, sottolineando il vantaggio di un indice basato sulla composizione delle specie capace di stimare meglio la qualità ecologica dei corpi idrici che siano soggetti a forti variazioni ambientali da un anno all'altro. Successivamente, Fadda *et al.* (2011) e Mariani *et al.* (2015), hanno infatti classificato il lago ancora una volta come eutrofico in base ai dati rilevati. Entrambe le valutazioni ottenute con il MedPTI hanno in ogni caso evidenziato uno stato di qualità ambientale fortemente compromesso e comunque inferiore alla condizione "good", che secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE necessariamente si sarebbe dovuto raggiungere entro il 2015, termine successivamente procrastinato alle nuove scadenze del 2021 e 2027;

- il Lago Monte Lerno è stato successivamente inserito in una ricerca che aveva l'obiettivo di valutare l'effetto dello stato trofico sulla produzione di microcistine e sulla dominanza di Cianobatteri nell'assemblaggio fitoplancton di alcuni invasi mediterranei (Mariani *et al.* 2015). I principali risultati hanno mostrato, a conferma di quanto riportato nel precedente punto, un sostanziale incremento dei nutrienti nelle acque del lago rispetto agli studi precedenti, soprattutto per quanto riguarda il fosforo totale e la clorofilla *a* (Marchetto *et al.* 2009). Mariani *et al.* (2015) hanno perciò attribuito al Lago Monte Lerno un'elevata eutrofia.

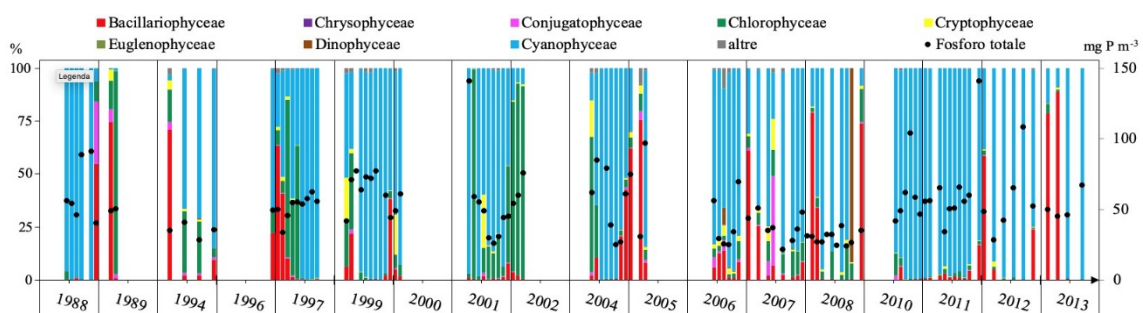


Fig. 11 - Dinamica del fosforo totale e della composizione percentuale in classi del fitoplancton nel Lago Monte Lerno

Le densità maggiori del fitoplancton sono state rilevate nel periodo estivo-autunnale e le biomasse maggiori nel periodo primaverile. Dal punto di vista strutturale il fitoplancton è risultato dominato per la densità e la biomassa dai Cianobatteri (Fig. 11), presenti con 31 taxa. Le specie più abbondanti sono state *Planktothrix agardhii-rubescens* group, *Aphanocapsa* spp. e *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault. Accanto alle specie già menzionate sono state rilevate anche altre specie potenzialmente tossiche, tra cui le prime segnalazioni in Sardegna per *Dolichospermum macrosporum* (Klebahn) Wacklin, Hoffmann and Komárek (= *Anabaena macrospora* Klebahn) e *D. viguieri* (Denis and Frémy) Wacklin, Hoffmann and Komárek (= *Anabaena viguieri* Denis and Frémy). Le microcistine (MC) sono state rilevate nella totalità dei campioni analizzati e in circa l'88% dei campioni analizzati le concentrazioni



---

hanno superato il valore soglia indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per le acque potabili, pari a  $1 \mu\text{g l}^{-1}$ . Le più alte concentrazioni di MC sono state rilevate in inverno-primavera in coincidenza con le più elevate abbondanze cellulari di Cianobatteri (da gennaio ad aprile, densità  $> 181 \times 10^6$  cellule  $\text{l}^{-1}$  e concentrazione di MC  $> 4 \mu\text{g l}^{-1}$ ), a causa dell'affermazione del gruppo *P. agardhii-rubescens*, confermando la possibilità d'insorgenza di ceppi tossici di questo gruppo anche nei laghi artificiali del Mediterraneo. Questo quadro è risultato diverso da quanto riportato in precedenza da Messineo *et al.* (2009) che non avevano segnalato la presenza di cianotossine nei campioni analizzati, seppure in questi fosse stata riscontrata la presenza di Cianobatteri. Nel complesso i risultati ottenuti da Mariani *et al.* (2015) hanno fornito prove importanti circa le relazioni tra stato trofico, abbondanza di Cianobatteri e concentrazioni di MC, indicando un ruolo chiave dei nutrienti nel determinare la loro affermazione, e confermando come la temperatura e il rapporto  $Z_{\text{eu}}/Z_{\text{mix}}$  risultino fattori importanti nello sviluppo dei Cianobatteri, da tenere in stretta considerazione in relazione al riscaldamento globale e al cambiamento climatico in atto.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di numerosi progetti di ricerca tra cui i più importanti:

2003-2004: progetto PARSE “Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti” “U.O. 7 – Valutazione dell'efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri”, finanziato nell'ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

2006-2009: convenzione “Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l'attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales”, su incarico dell'Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

2010-2012: progetto di ricerca “Cianobatteri: conoscenza e possibilità di predizione e gestione di fioriture potenzialmente tossiche in ambienti lacustri” della Dottoressa Maria Antonietta Mariani, Regione Autonoma della Sardegna, Borse di Studio per Giovani Ricercatori, Assessorato della Programmazione, Bilancio, Credito e Assetto del Territorio, Centro Regionale di Programmazione.

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: “Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring” per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+ Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

2010-2013: INHABIT – LIFE08 ENV/IT/000413 (Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes), CNR-ISE.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell'Università di Sassari”, focalizzando in particolare l'attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

## Abstract

Lake Monte Lerno (IT10-004-A) is an artificial lake located in the north-east part of Sardinia. It was built in 1984, draining a catchment area of  $160 \text{ km}^2$ . The reservoir lies at 561 m a.s.l. and has a maximum area of  $4.4 \text{ km}^2$ , a mean depth of 14.9 m and a volume of  $65.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  of water. Its waters are used for drinking and irrigation. Lake Monte Lerno is classified as eutrophic.

## Lago Sos Canales

### Autori

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

### Affiliazione

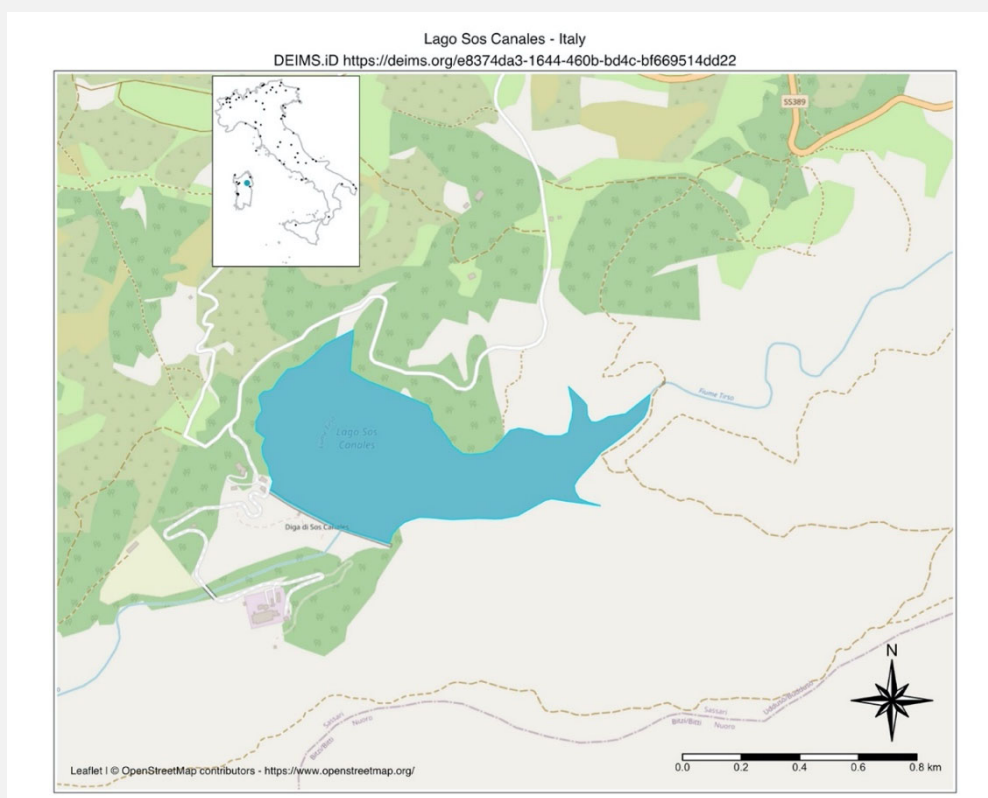
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-005-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/e8374da3-1644-460b-bd4c-bf669514dd22>



## Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Sos Canales (IT-005-A) si trova nella parte nord-orientale della Sardegna (Lat. 40.554374, Lon. 9.314449, UTM WGS84), nel comune di Buddusò (SS) (Fig. 12). Si tratta di un lago artificiale, costruito nel 1956, ottenuto con lo sbarramento del Fiume Tirso per mezzo di una diga a gravità di 47 m di altezza. Il lago si trova a 714 m s.l.m., ha una superficie massima di 0,33 km<sup>2</sup>, una profondità nominale media di 13,2 m, un volume massimo nominale di 4,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e un volume utile di circa 3,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Il bacino idrografico (esteso per circa 16 km<sup>2</sup>) risulta quasi interamente forestato ed è di notevole pregio paesaggistico; al suo interno non insistono centri abitati ma, piuttosto, vi è un ampio uso del territorio per l'allevamento brado, difficilmente quantificabile. Le sue acque vengono utilizzate per l'approvvigionamento potabile dei vicini centri abitati di Buddusò e Alà dei Sardi.



Fig. 12 - Lago Sos Canales

sua composizione in specie, solo una parziale presenza di elementi che dominano i laghi eutrofici sardi sebbene nel tempo, in specifici anni, sia stata riscontrata una maggiore affermazione di Cianobatteri, in particolare del genere *Dolichospermum* (dominante nel periodo estivo-autunnale) e tipici di una condizione di maggiore trofia.

Le indagini svolte sul Lago Sos Canales hanno evidenziato nel tempo, la difficoltà nell'attribuire al lago uno stato trofico ben preciso. Basandosi infatti sugli aspetti quantitativi del fitoplancton (in particolare della clorofilla *a*) il Lago Sos Canales risulta essere eutrofico; considerando la disponibilità di fosforo nelle acque, secondo il modello OECD, il lago invece si configura, a seconda dell'anno considerato, come

mesotrofico. In generale il fitoplancton evidenzia, nella

## Risultati

La sintesi degli studi sinora condotti nel Lago Sos Canales evidenzia come il lago sia stato oggetto di diverse indagini. Un aspetto caratteristico è il ripetersi nel tempo dell'alternanza di anni di manifesta eutrofia ed altri di mesotrofia (Marchetto *et al.* 2009; Mariani *et al.* 2015; Morabito *et al.* 2018). Anche l'abbondanza del fitoplancton e la sua composizione in specie hanno mostrato cambiamenti nel tempo, con il verificarsi di prolungate fioriture di Cianobatteri tossici (Messineo *et al.* 2009; Mariani *et al.* 2015). Si tratta inoltre dell'unico lago artificiale della Sardegna in cui sia stata indagata la rete trofica pelagica attraverso l'analisi degli isotopi stabili (Stable Isotope Analysis, SIA) di carbonio e azoto, assumendo il Lago Sos Canales come esempio di lago artificiale mediterraneo. Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare quanto la trofia lacustre potesse essere gestita, in termini vantaggiosi, con un approccio top-down in aggiunta e/o in alternativa ad un controllo bottom-up, basato principalmente sulle disponibilità delle risorse nutritive. Con questo obiettivo dal 2008 al 2011 sono state svolte, in successione, diverse attività di ricerca finalizzate alla valutazione dell'importanza relativa della produzione autoctona fitoplanctonica rispetto all'apporto alloctono per il sostegno alla produzione dei

---

popolamenti zooplanctonici e il contributo di questi ultimi nell'alimentazione ittica (Fadda *et al.* 2011; Fadda *et al.* 2014; Fadda *et al.* 2016a; 2016b). Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti sul Lago Sos Canales negli ultimi dieci anni:

- le lunghe serie temporali dei biovolumi delle specie fitoplanctoniche sono state utilizzate, insieme a quelle di numerosi altri laghi artificiali sardi, per lo sviluppo del Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (MedPTI; Marchetto *et al.* 2009), un indice che si basa sul fitoplancton quale elemento biotico per la valutazione di qualità dell'ambiente ed è utile per definire gli effetti dell'eutrofizzazione nei laghi artificiali profondi del Mediterraneo. L'indice è basato sull'assunto che i valori del fosforo totale, considerato l'indicatore più importante nella valutazione dei livelli trofici lacustri, sia ben correlato con due variabili che, a loro volta, sono diretta espressione dell'intensità dello sviluppo fitoplanctonico: biovolume e clorofilla *a*. La preliminare applicazione dell'indice e la sua comparazione con i descrittori trofici (fosforo totale, clorofilla *a*, disco di Secchi) hanno evidenziato, nel caso del Lago Sos Canales, divergenze tra lo stato trofico e l'indice, confermando la difficoltà nell'attribuire questo lago a una definita categoria trofica e la necessità di una sua valutazione anno per anno. Diverse cause, naturali (es., variabilità climatica) e antropogeniche (es., gestione del lago ed attività nel bacino imbrifero), possono essere responsabili della variazione delle concentrazioni di fosforo totale e di clorofilla *a* nel tempo. Per esempio, in base ai dati del 2006, l'ultimo anno considerato nel lavoro di Marchetto *et al.* (2009), il valore del MedPTI è ricaduto all'interno della classe "moderate-poor", con un corrispondente valore del fosforo tipico della mesotrofia e della clorofilla *a* dell'eutrofia, rispetto ad un quadro del 2005 i cui i valori del fosforo sono ricaduti nell'eutrofia e quelli della clorofilla *a* nella mesotrofia, con un peggioramento della classe di qualità ambientale del MedPTI a "poor-bad". Anche Fadda *et al.* (2011) hanno classificato il lago ancora una volta come eutrofico in base ai dati rilevati nel 2008, mentre Mariani *et al.* (2015) hanno segnalato ancora una volta una condizione intermedia tra mesotrofia ed eutrofia accertata tra il 2010 e il 2011. Le valutazioni ottenute con il MedPTI hanno in ogni caso evidenziato uno stato di qualità ambientale problematico e inferiore alla condizione "good" che secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE necessariamente si sarebbe dovuto raggiungere entro il 2015, termine successivamente procrastinato alle nuove scadenze del 2021 e 2027;

- le attività preliminari per lo studio della rete trofica dei laghi artificiali mediterranei sono iniziati nel 2008, con uno screening sullo zooplancton di 15 laghi artificiali, considerando una componente biotica non ancora indagata nei laghi sardi, lo zooplancton. Il Lago Sos Canales ha evidenziato la maggiore diversità della componente a crostacei zooplanctonici tra i laghi considerati (Fadda *et al.* 2011). I risultati hanno mostrato che il livello trofico dei laghi, la profondità, il tempo di ricambio idraulico e l'altitudine spiegavano una proporzione significativa della varianza totale osservata nella composizione tassonomica e nella struttura dei popolamenti zooplanctonici. Nel Lago Sos Canales, nel complesso, sono stati rilevati otto taxa, tra cui *Daphnia pulex* (L., 1758), il gruppo della *Daphnia longispina* (Müller O.F. 1776), l'ubiquitaria *Ceriodaphnia pulchella* (G.O. Sars 1862), i più rari *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine, 1820), *Bosmina longirostris* (Müller O.F. 1785), *Diaphanosoma* sp., e tra i copepodi *Copidodiaptomus numidicus* (Gurney 1909), *Macrocyclus albidus* (Jurine 1820) e una specie del gruppo *Cyclops abyssorum* (Sars 1863), presente in maniera specifica in profondità. I Cladoceri sono risultati particolarmente ben rappresentati, con *B. longirostris* e *C. pulchella* coesistenti sia con *D. pulex* che con *D. longispina*. In particolare, *C. pulchella* è risultata presente in tutte le stagioni diventando dominante in giugno-agosto e sostituendo *B. longirostris*, dominante invece tra settembre e marzo. *C. numidicus* è stato presente durante tutto l'anno, verosimilmente sostenuto dalla formazione di uova subitane. Questo risultato è derivato dalla valutazione della banca delle uova presente nei sedimenti in aggiunta allo studio sulla biodiversità espressa. Un risultato interessante è stato inoltre ottenuto con l'analisi filogenetica delle sequenze del gene ND5 degli isolati di *D. pulex* del Lago Sos Canales con la loro inequivocabile appartenenza all'ibrido invasivo di origine americana, chiaramente distinto dal *D. pulex* europeo, e considerato una minaccia per le popolazioni native europee;



- dal 2010 al settembre 2011 sono state svolte le attività per l'applicazione della SIA allo zooplancton, ai pesci e agli organismi di riferimento per l'ambiente litorale (decapodi trituratori, *Atyaephyra desmaresti* Millet 1831), del perifiton (gasteropodi raschiatori, *Ancylus fluviatilis* Müller O.F. 1774), dei sedimenti lacustri (oligocheti bentonici), oltre che alla materia organica sospesa (Suspended Particulate Material, SPM). Si è voluto indagare la natura e l'origine dell'SPM del lago per un intero anno idrologico sul profilo verticale in due stazioni (lacustre e fluviale) (Fadda *et al.* 2016a). La quantità e la composizione dell'SPM sono risultate correlate alla dinamica idrologica annuale. Nel Lago Sos Canales, così come avviene nei laghi mediterranei, le fluttuazioni del livello dell'acqua sono uno dei più importanti fattori di stress, in gran parte dipendenti dalla forte stagionalità del clima e dallo sfruttamento idrico per usi umani. Il lago ha mostrato diverse fasi durante l'anno idrologico, alternando un periodo di svuotamento (estate-autunno) e uno di riempimento (inverno-primavera). I rapporti isotopici di C e N sono risultati simili sul profilo verticale e nelle due stazioni durante la fase di svuotamento, ma hanno differito durante le fasi di riempimento. Correlazioni significative sono state trovate tra  $\delta^{15}\text{N}$  e il livello dell'acqua e tra  $\delta^{13}\text{C}$  e la temperatura nello strato superficiale della stazione lacustre. Un'insolita distribuzione di  $\delta^{13}\text{C}$  lungo la colonna d'acqua durante la fase di riempimento è stata interpretata sulla base della particolare composizione fitoplanctonica, caratterizzata dalla dominanza del dinoflagellato mixotrofo *Gymnodinium uberrimum* (G.J. Allman) Kofoid e Swezy, capace di utilizzare diverse fonti di carbonio rispetto ad un fitoplanctonte tipicamente fotoautotrofo (Fig. 13). L'anomalia del segnale isotopico riscontrata nell'SPM si è riflessa, in successione, anche sugli altri livelli trofici;

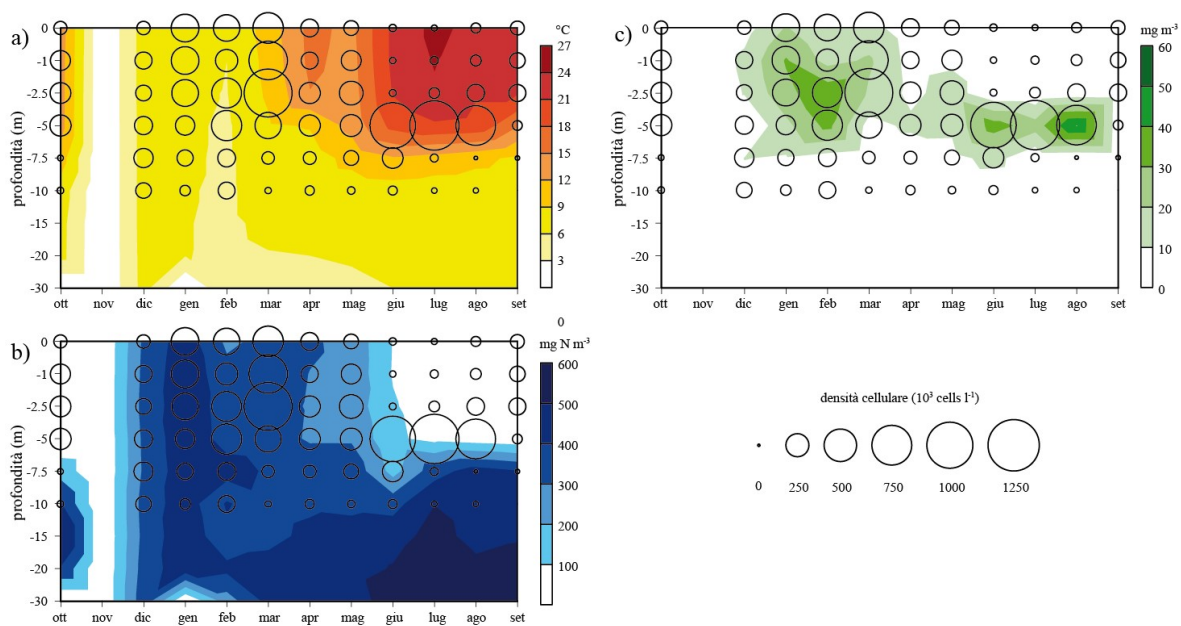


Fig. 13 - Dinamica temporale ed in colonna d'acqua di *Gymnodinium uberrimum* rispetto alla temperatura (a), ai nitrati (b) e alla clorofilla a (c)

- L'importanza dello zooplancton all'interno della rete trofica nel trasferimento della materia e dell'energia nel Lago Sos Canales è stata studiata su scala stagionale con l'applicazione della SIA ai crostacei zooplanctonici (Fadda *et al.* 2014). Lo studio ha dimostrato come i cambiamenti stagionali della firma isotopica dell'SPM si evidenziassero nei cladoceri erbivori. Le firme di  $\delta^{15}\text{N}$  dei copepodi calanoidi e ciclopoidi sono risultate maggiori di circa il 3‰ di quelle per i cladoceri erbivori, suggerendo il potenziale uso di questi ultimi come risorsa alimentare. Le firme  $\delta^{13}\text{C}$  nei copepodi predatori sono risultate altresì coerenti con le fluttuazioni stagionali nella linea di base  $\delta^{13}\text{C}$  dell'SPM, tranne durante le forti piogge all'inizio della primavera, quando erano presenti individui ricchi di lipidi con un rapporto C/N più alto, suggerendo in questo caso la loro entrata in dormienza per cui non venivano più ad



---

alimentarsi nella colonna d'acqua. Lo studio ha dimostrato l'importanza della valutazione della firma isotopica su base stagionale negli ambienti mediterranei, oltre che le dinamiche delle comunità e il livello trofico dei taxa zooplanctonici quando si interpretano studi sugli isotopi stabili;

- sempre con l'applicazione della SIA di C e N durante un ciclo idrologico annuale, è stata valutata l'origine delle risorse alimentari sfruttate dalla componente ittica del Lago Sos Canales (Fadda *et al.* 2016b). L'obiettivo è stato quello di delineare un quadro del comportamento trofico stagionale delle specie ittiche che abitano un lago artificiale mediterraneo sottoposto a notevoli stress a causa delle elevate fluttuazioni del livello dell'acqua. Metodologicamente i pesci sono stati catturati all'incirca a cadenza bimestrale e i livelli basali isotopici di C e N nell'area pelagica e littorale sono stati analizzati per stabilire l'origine delle fonti di cibo per i pesci, considerando il particolato sospeso, i crostacei planctonici e i macroinvertebrati littorali. Per valutare il contributo relativo delle diverse fonti è stato applicato il Dynamic Baseline Mixing Model (DBMM) e i risultati sono stati confrontati con il contenuto stomacale dei pesci. Le firme isotopiche hanno mostrato un andamento stagionale con livelli di  $^{13}\text{C}$  maggiormente impoveriti in autunno-inverno e meno in primavera-estate mentre una tendenza inversa è stata registrata per  $^{15}\text{N}$ , sia nei valori di base isotopici che nei pesci. I risultati isotopici e l'analisi del contenuto stomacale hanno evidenziato una rigida dipendenza per tutto l'anno dalle fonti alimentari littorali solo per la trota fario, mentre la gambusia ha modificato il suo comportamento trofico stagionalmente, passando dall'alimentazione littorale (periodo di maggiore livello dell'acqua) alle fonti pelagiche (periodo di basso livello dell'acqua), rispecchiando le condizioni idrologiche del lago;

- visto l'uso potabile delle acque e la dominanza dei Cianobatteri nel fitoplancton del Lago Sos Canales in alcuni anni di studio, Mariani *et al.* (2015b) hanno inserito il lago in uno studio comparativo svolto su quattro laghi artificiali della Sardegna caratterizzati da diversi livelli di trofia lacustre teso a valutare l'effetto dello stato trofico sulla produzione di microcistine (MCs) e la dominanza di Cianobatteri nell'assemblaggio fitoplancton. Nei 18 mesi di studio la massima densità cellulare del fitoplancton è stata osservata in estate-autunno ed il picco massimo di biomassa in primavera. Rispetto agli altri laghi indagati, i Cianobatteri sono stati meno abbondanti e importanti in termini di contributo percentuale al fitoplancton totale. Nonostante ciò, nel 63% dei campioni analizzati (16) sono state rilevate MCs sebbene mai con concentrazioni  $> 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , il valore soglia indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per le acque potabili. Tra le specie di Cianobatteri potenzialmente tossici sono state rilevate *Anathece* sp., *Planktothrix agardhii-rubescens* group e *Dolichospermum viguieri* (Denis and Frémy) Wacklin, Hoffmann and Komárek (= *Anabaena viguieri* Denis and Frémy), una specie non ancora segnalata nel fitoplancton del lago e dei laghi artificiali della Sardegna. Le maggiori concentrazioni di MCs hanno principalmente coinciso con fioriture estive di *D. viguieri*, sottolineando l'importanza degli studi a lungo termine per la precoce segnalazione di cambiamenti della comunità dovuti alla comparsa di specie in precedenza non segnalate, particolarmente importante quando i cambiamenti coinvolgono specie potenzialmente nocive.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di numerosi progetti di ricerca tra cui i più importanti:

2003-2004: progetto PARSE "Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti" "U.O. 7 – Valutazione dell'efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri", finanziato nell'ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l'Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

2005-2009: convenzione "Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l'attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales", su incarico dell'Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

2010-2012: progetto di ricerca "Cianobatteri: conoscenza e possibilità di predizione e gestione di fioriture potenzialmente tossiche in ambienti lacustri" della Dottoressa Maria Antonietta Mariani, Regione Autonoma della Sardegna, Borse di Studio per Giovani Ricercatori, Assessorato della Programmazione, Bilancio, Credito e Assetto del Territorio.

---

2010-2013: convenzione “Contratto per l’affidamento di supervisione scientifica sulle attività gestionali del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque in alcuni laghi artificiali della Sardegna, progetto boe (lotto funzionale I e II)”, su incarico dell’Ente Acque della Sardegna (ENAS).

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: “Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring” per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+ Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

2010-2013: INHABIT – LIFE08 ENV/IT/000413 (Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes), CNR-ISE.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell’Università di Sassari”, focalizzando in particolare l’attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

## **Abstract**

Lake Sos Canales (IT10-005-A) is located in the north-eastern Sardinia. The reservoir was built in 1956 with a dam in the first stretch of the Tirso River. The reservoir lies at 714 m a.s.l. and has a maximum area of 0.33 km<sup>2</sup>, a mean depth of 13.2 m and a maximum nominal volume of 4.3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. The catchment is extended for about 16 km<sup>2</sup>. The lake is classified as meso-eutrophic.

## Autori

Bachisio Mario Padedda<sup>1</sup>, Paola Buscarinu<sup>2</sup>, Tiziana Caddeo<sup>1</sup>, Paola Casiddu<sup>1</sup>, Giuseppina Grazia Lai<sup>1</sup>, Pasqualina Farina<sup>1</sup>, Bastianina Manca<sup>1</sup>, Silvia Pulina<sup>1</sup>, Cecilia Teodora Satta<sup>1</sup>, Marco Sarria<sup>1</sup>, Tomasa Viridis<sup>2</sup>, Antonella Lugliè<sup>1</sup>

## Affiliazione

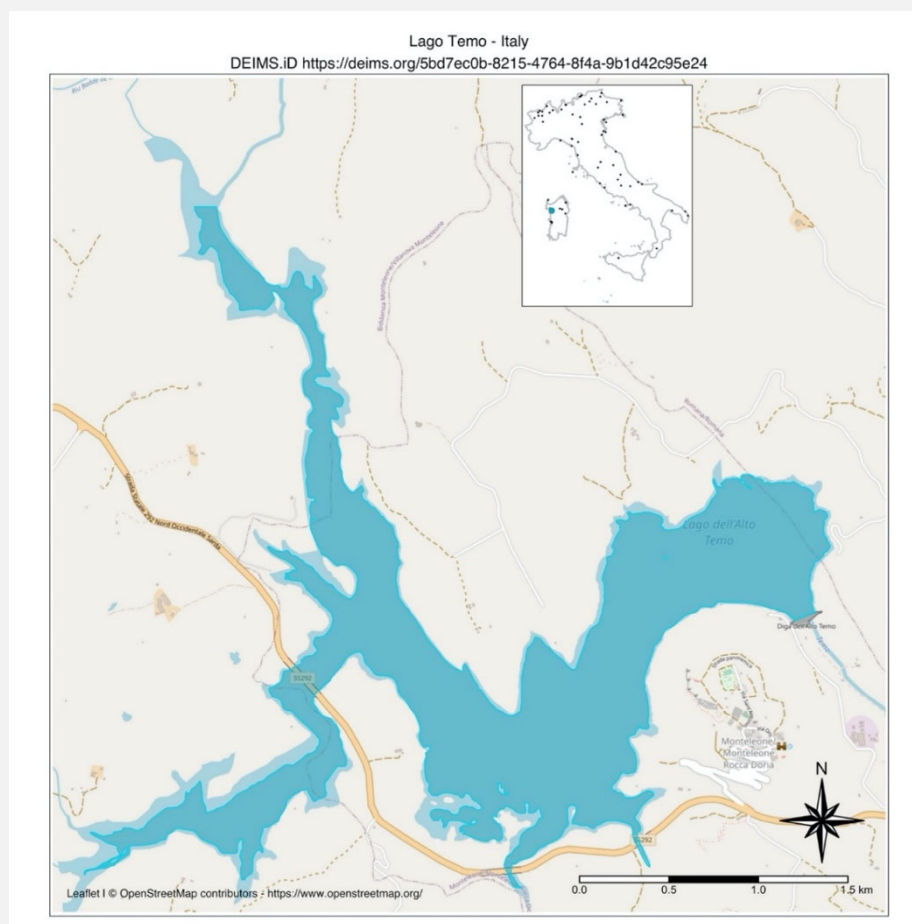
<sup>1</sup> Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

<sup>2</sup> Ente Acque della Sardegna (ENAS), Via Mameli 88, 09123 Cagliari, Italia.

**Sigla:** IT10-006-A.

**Responsabile del Sito:** Bachisio Mario Padedda.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/5bd7ec0b-8215-4764-8f4a-9b1d42c95e24>



## Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Temo (IT-006-A), conosciuto anche con il nome di Lago di Monteleone, è un lago artificiale situato nel nord-ovest della Sardegna (Lat. 40.481854, Lon. 8.560200, UTM WGS84) (Fig. 14). È stato realizzato mediante una diga sul corso del Fiume Temo, appena sotto il paese di Monteleone Rocca Doria (SS) e ricade nel territorio comunale di quest'ultimo. La costruzione della diga è iniziata nel 1971 ed è terminata solo nel 1984. Il lago si trova a 226 m s.l.m., ha una superficie di 4,81 km<sup>2</sup>, una profondità media di 15,8 m, una capacità massima di 91 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Il suo bacino imbrifero si estende per 142,52 km<sup>2</sup>. Il sito ricade in parte nel Sito di Importanza Comunitaria Entroterra e zona costiera tra Bosa, Capo Marargiu e Porto Tangone (ITB020041).



Fig. 14 - Lago Temo

La conoscenza delle condizioni ecologiche e la valutazione trofica del Lago Temo, assumono una rilevante importanza per l'utilizzo potabile delle acque e per il collegamento che questo lago ha con i laghi Cuga e Bidighinzu: tramite condotte, è possibile che volumi idrici raccolti dal Lago Temo vengano trasferiti negli altri due laghi, rendendo così disponibile la risorsa idrica in aree diverse da quelle di raccolta. Questo comporta anche il trasferimento di nutrienti ai laghi recettori, con carichi aggiuntivi, provenienti da un bacino imbrifero diverso rispetto a quelli di competenza. Il lago, in base

alle indagini condotte subito dopo il suo primo invaso (1984), è stato classificato come eutrofico (Lugliè *et al.* 1994; Sechi e Lugliè 1996), con una buona corrispondenza della risposta lacustre rispetto al carico potenziale dei nutrienti dal bacino imbrifero e quello critico calcolato (Sechi 1986, 1989). Rispetto alla componente fitoplanctonica, sono state osservate, sin dai primi studi, intense proliferazioni estive del fitoplancton, per la maggior parte dovute a specie di Cianobatteri come *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault e *Aphanocapsa* spp., con caratteristiche potenzialmente tossiche; la loro dominanza aveva interessato soprattutto i mesi estivi ed autunnali.

## Risultati

La sintesi degli studi sinora condotti nel Lago Temo evidenzia come il lago, pur rimanendo in una condizione di eutrofia (Marchetto *et al.* 2009), abbia mostrato significative diminuzioni delle concentrazioni dei nutrienti, della clorofilla *a* e del biovolume medio del fitoplancton nel tempo (Pulina *et al.* 2016). Il fitoplancton ha confermato anche negli anni più recenti di studio prolungate fioriture estive di Cianobatteri anche potenzialmente tossici (Messineo *et al.* 2009; Lazzaro *et al.* 2018). Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti sul Lago Temo negli ultimi dieci anni:

- le serie temporali dei biovolumi delle specie fitoplanctoniche sono state utilizzate, insieme a quelle di numerosi altri laghi artificiali sardi, per lo sviluppo del Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (MedPTI; Marchetto *et al.* 2009), un indice che si basa sul fitoplancton quale elemento biotico per

---

la valutazione di qualità dell'ambiente ed è utile per definire gli effetti dell'eutrofizzazione nei laghi artificiali profondi del Mediterraneo. L'indice è basato sull'assunto che i valori del fosforo totale, considerato l'indicatore più importante nella valutazione dei livelli trofici lacustri, sia ben correlato con due variabili che, a loro volta, sono diretta espressione dell'intensità dello sviluppo fitoplanctonico: biovolume e clorofilla *a*. La preliminare applicazione dell'indice e la sua comparazione con i descrittori trofici (fosforo totale, clorofilla *a*, disco di Secchi) hanno evidenziato, per il Lago Temo, delle divergenze tra lo stato trofico e l'indice, probabilmente legate alle diverse condizioni che si sono verificate nel lago durante le diverse fasi di maturità. Infatti, è verosimile che i primi due cicli d'indagine svolti solo pochi anni dopo il primo invaso del lago (1988-89 e 1997), abbiano risentito dell'innalzamento trofico attribuito al normale effetto di mineralizzazione dei materiali provenienti dai territori sommersi. In corrispondenza, i valori del MedPTI sono ricaduti, rispettivamente, all'interno della classe "moderate-poor" e "bad-poor". Sulla base delle minori concentrazioni di fosforo totale e di clorofilla *a* osservate nel 2006, al lago è stata attribuita, rispettivamente, una condizione di eutrofia, ma nettamente inferiore rispetto agli anni passati, e di mesotrofia, a cui ha corrisposto un valore del MedPTI che rivelava un leggero miglioramento della qualità ambientale rispetto alla precedente valutazione, rientrando di nuovo nella classe "moderate-poor". Diverse cause possono essere responsabili della diminuzione delle concentrazioni di fosforo totale e di clorofilla *a* oltre che la progressiva maturazione del lago, sia naturali (es., variabilità climatica) che antropogeniche (gestione del lago ed attività nel bacino imbrifero). In questo caso, l'indice ha classificato correttamente il lago sulla base della sua composizione in specie, sottolineando il vantaggio di un indice basato sulla composizione delle specie capace di stimare meglio la qualità ecologica dei corpi idrici che siano soggetti a forti variazioni ambientali da un anno all'altro. Le valutazioni ottenute con il MedPTI hanno in ogni caso evidenziato uno stato di qualità ambientale fortemente compromesso e comunque inferiore alla condizione "good", che secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE necessariamente si sarebbe dovuto raggiungere entro il 2015, termine successivamente procrastinato alle nuove scadenze del 2021 e 2027;

- le serie temporali del Lago Temo sono state anche utilizzate per un confronto trans-ecodominio di ecosistemi acquatici della Sardegna, d'acqua dolce, marini e di transizione. L'obiettivo era quello di verificare la presenza di tendenze significative, di identificare i più importanti fattori dei cambiamenti osservati e di individuare gli eventuali segnali comuni per distinguere l'azione di fattori globali, come quelli legati al clima, da quella di fattori locali, più strettamente legati all'uso antropico dei territori (Pulina *et al.* 2016). I principali risultati hanno mostrato come i fattori principali di cambiamento del fitoplancton fossero identificabili nelle disponibilità nutrizionali. Nello specifico, per il Lago Temo è stata rilevata nel tempo una diminuzione significativa della clorofilla *a* e della taglia cellulare del fitoplancton (3-10  $\mu\text{m}$ ) simultaneamente ad un decremento delle concentrazioni dei nutrienti (il P-PO<sub>4</sub> è diminuito significativamente in inverno e primavera; la SiO<sub>4</sub> in estate e autunno; TP in primavera, estate e autunno; TN in estate e autunno). Le densità cellulari del fitoplancton sono risultate in aumento accompagnate da variazioni della composizione in specie e dalla maggiore affermazione di specie con minori dimensioni cellulari. Questo probabilmente ha determinato la riduzione della concentrazione di clorofilla *a*. Le Bacillariophyceae (rappresentate principalmente da *Cyclotella* spp.), le Chlorophyceae (principalmente *Sphaerocystis* sp. e *Coelastrum reticulatum* (P.A. Dang.) Senn) e le Cryptophyceae (principalmente *Plagioselmis lacustris* (Pascher & Ruttner) Javorn) sono aumentate significativamente in estate, autunno e primavera (Fig. 15). Per i Cianobatteri, sebbene non siano state rilevate tendenze pluriennali significative a livello di classe, sono stati riscontrati cambiamenti significativi a livello di ordine: in estate, l'abbondanza delle Chroococcales, con specie principalmente di piccole dimensioni (tra le quali *Cyanocatena* cf. *imperfecta* Cronberg & Weibull Joosten, *Aphanothece* sp. e *Aphanocapsa* sp.), sono significativamente aumentate, mentre le Oscillatoriales, principalmente specie con cellule più grandi (come *Pseudanabaena* sp.), sono significativamente diminuite. Di fatto le cause più probabili di questi cambiamenti possono essere diverse e potrebbero essere individuate nella maturazione del Lago Temo nell'arco temporale considerato e nella variazione della pressione antropica nel bacino imbrifero



nello stesso periodo. La raccolta dei dati ecologici, come già riportato nel punto precedente, è infatti iniziata pochi anni dopo il primo riempimento del lago. Le alte concentrazioni di nutrienti rilevate in questo primo periodo quindi potrebbero essere da correlare con la fase di “incremento trofico”, tipica degli invasi giovani. Via via con la “maturazione” del lago le concentrazioni si sarebbero dovute portare su un livello di maggiore equilibrio con gli apporti dal bacino imbrifero. Contemporaneamente, anche la popolazione umana nel bacino imbrifero è diminuita negli ultimi decenni, accentuando probabilmente la riduzione delle concentrazioni legate alla maturazione del lago;

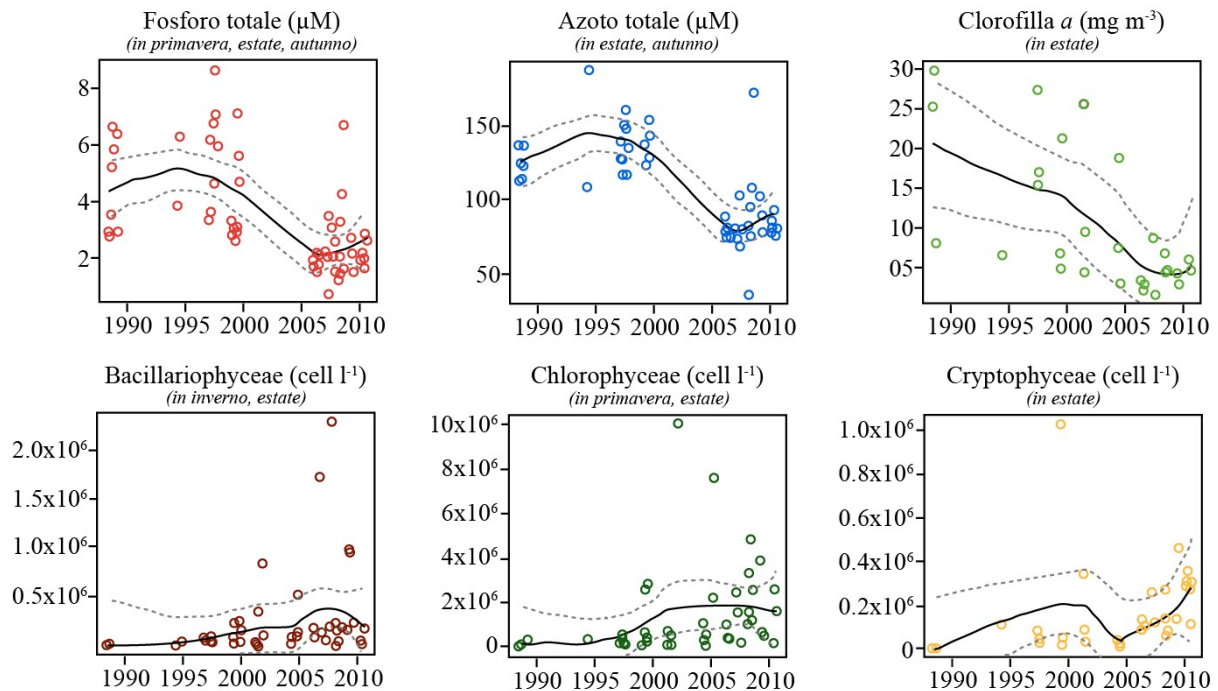


Fig. 15 - Rappresentazione dei principali trend pluriennali significativi e della funzione di smussamento dei dati (LOESS, Local Weighted Scatterplot Smoothing, linea intera) ed intervallo di confidenza del 95% (line tratteggiate) nel Lago Temo

- Messineo *et al.* (2009) hanno segnalato la presenza nei campioni analizzati del lago di cianotossine, microcistine extracellulari e, per la prima volta per i laghi sardi, di cilindrospermopsine. La concentrazione di microcistine è stata particolarmente elevata nel confronto con gli altri dati rilevati, superando ampiamente il limite definito dall’Organizzazione Mondiale della Sanità per le acque potabili, pari a  $1 \mu\text{g l}^{-1}$ . Nei campioni è stata osservata la presenza predominante tra i Cianobatteri di specie potenzialmente tossiche dei generi *Microcystis* e *Planktothrix*. Nei campioni in cui sono state rilevate le cilindrospermopsine, la composizione dei Cianobatteri è stata dominata da *Aphanizomenon* spp., *Merismopedia* sp., *Microcystis* spp., e *Anabaena* spp. L’osservazione dei corrispondenti campioni di fitoplancton, che fanno parte della collezione custodita all’Università di Sassari, ha permesso recentemente l’identificazione negli stessi della specie *Chrysochloris* (*Anabaena*, *Aphanizomenon*) *ovalisporum* (Forti) E.Zapomelová, O.Skácelová, P.Pumann, R.Kopp & E.Janecek (= *Anabaena ovalisporum* Forti e *Aphanizomenon ovalisporum* Forti), una specie considerata aliena ed invasiva nei corpi d’acqua dell’area tropicale e di quella temperata, capace di produrre cilindrospermopsine (Lazzaro *et al.* 2018).

Le attività di ricerca sono state condotte nell’ambito di numerosi progetti di ricerca tra cui i più importanti:

2003-2004: progetto PARSE “Potabilizzazione delle Acque e Rischi Sanitari Emergenti” “U.O. 7 – Valutazione dell’efficacia dei sistemi di potabilizzazione nella rimozione delle cellule di Cianobatteri”, finanziato nell’ambito dei programmi di ricerca nazionale 2002 della Commissione Nazionale per la ricerca sanitaria. Convenzione con l’Istituto Superiore di Sanità N. 3AN/F1.

---

2005-2009: convenzione “Supervisione scientifica delle attività gestionali nel sistema di monitoraggio automatico della qualità dell’acqua e delle condizioni ambientali di 10 laghi artificiali della Sardegna e per l’attività di gestione della rete di monitoraggio delle acque dei laghi Cedrino, Cuga, Mannu di Pattada, Bidighinzu, Temo e Sos Canales”, su incarico dell’Ente Autonomo del Flumendosa (EAF).

2010-2013: convenzione “Contratto per l’affidamento di supervisione scientifica sulle attività gestionali del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque in alcuni laghi artificiali della Sardegna, progetto boe (lotto funzionale I e II)”, su incarico dell’Ente Acque della Sardegna (ENAS).

2010-2013: progetto europeo EnvEurope: “Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring” per il focus sugli ecosistemi lacustri della Sardegna, progetto del programma Life+ Politica e governance ambientali 2008. (Contract No: LIFE08 ENV/IT/000339).

2010-2013: INHABIT – LIFE08 ENV/IT/000413 (Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes), CNR-ISE.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell’Università di Sassari”, focalizzando in particolare l’attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

## **Abstract**

Lake Temo (IT10-006-A) is located in north-western Sardinia. The construction of the dam began in 1971 and ended in 1984. The reservoir lies at 226 m a.s.l. and has an area of 4.81 km<sup>2</sup>, a mean depth of 15.8 m and a maximum capacity of 91 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Its catchment extends for 142 km<sup>2</sup>. Lake Temo has been classified as eutrophic.

---

## Sitografia

<http://www.enas.sardegna.it>

<http://laea.altervista.org>

## Bibliografia citata nel testo

### Riviste ISI

- Aktan Y., Lugliè A., Sechi N. (2009). Morphological Plasticity of Dominant Species in Response to Nutrients Dynamics in Bidighinzu Reservoir of Sardinia, Italy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9: 137-144.
- Fadda A., Palmas F., Camin F., Ziller L., Padedda B.M., Lugliè A., Manca M., Sabatini A. (2016). Analysis of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  isotopic signatures to shed light on the hydrological cycle's influence on the trophic behavior of fish in a Mediterranean reservoir. *Biologia – Section Zoology*, 71/12: 1395-1403.
- Fadda A., Manca M., Camin F., Ziller L., Buscarino P., Mariani M.A., Padedda B.M., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2016a). Study on the suspended particulate matter of a Mediterranean artificial lake (Sos Canales Lake) using Stable Isotope Analysis of carbon and nitrogen. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 52: 401-412.
- Fadda A., Rawcliffe R., Padedda B.M., Lugliè A., Sechi N., Camin F., Ziller L., Manca M. (2014). Spatiotemporal dynamics of C and N isotopic signature of zooplankton: a seasonal study on a man-made lake in the Mediterranean region. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 50 (4): 279-287.
- Fadda A., Markova S., Kotlik P., Lugliè A., Padedda B.M., Buscarino P., Sechi N., Manca M. (2011). First record of planktonic crustaceans in Sardinian reservoirs. *Biologia*, 66 (5): 856-865.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Riccardi E., Bruno M., Pigozzi S., Mariani M.A., Satta C.T., Stacca D., Bazzoni A.M., Caddeo T., Farina P., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Milandri A. (2017). Paralytic Shellfish Toxins and Cyanotoxins in the Mediterranean: New Data from Sardinia and Sicily (Italy). *Microorganisms*, 5 (4): 72.
- Lugliè A., Aktan Y., Casiddu P., Sechi N. (2001). The trophic status of Bidighinzu Reservoir (Sardinia) before and after the diversion of waste waters. *Journal of Limnology*, 60 (2): 135-142.
- Marchetto A., Padedda B.M., Mariani M.A., Lugliè A., Sechi N. (2009). A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *Journal of Limnology*, 68 (1): 106-121.
- Mariani M.A., Padedda B.M., Kaštovský J., Buscarino P., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2015a). Effects of trophic status on microcystin production and the dominance of cyanobacteria in the phytoplankton assemblage of Mediterranean reservoirs. *Scientific Reports*, 5: 1-16.
- Mariani M.A., Lai G.G., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2015b). Long-term ecological studies on phytoplankton in Mediterranean reservoirs: a case study from Sardinia (Italy). *Inland Waters*, 5 (4): 339-354.
- Messineo V., Bogianni S., Melchiorre S., Sechi N., Lugliè A., Casiddu P., Mariani M.A., Padedda B.M., Di Corcia A., Mazza R., Carloni E., Bruno M. (2009). Cyanotoxins occurrence in Italian freshwaters. *Limnologica*, 39: 95-106.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi F., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A.C., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotto F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A.,

- Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta, C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of Total Environment*, 627: 373-387.
- Padedda B.M., Sechi N., Lai G.G., Mariani M.A., Pulina S., Sarria M., Satta C.T., Viridis T., Buscarinu P., Lugliè A. (2017). Consequences of eutrophication in the management of water resources in Mediterranean reservoirs: A case study of Lake Cedrino (Sardinia, Italy). *Global Ecology and Conservation*, 12: 21-35.
- Padedda B.M., Sechi N., Lai G.G., Mariani M.A., Pulina S., Satta C.T., Bazzoni A., Viridis T., Buscarinu P., Lugliè A. (2015). A fast-response methodological approach to assessing and managing nutrient loads in eutrophic Mediterranean reservoirs. *Ecological Engineering*, 85: 47-55.
- Pulina S., Suikkanen S., Satta C.T., Mariani M.A., Padedda B.M., Viridis T., Caddeo T., Sechi N., Lugliè A. (2014). Multiannual phytoplankton trends in relation to environmental changes across aquatic domains: a case study from Sardinia (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 150 (4): 660-670.
- Pulina S., Lugliè A., Mariani M.A., Sarria M., Sechi N., Padedda B.M. (2019). Multiannual decrement of nutrient concentrations and phytoplankton cell size in a Mediterranean reservoir. *Nature Conservation*, 34: 163-191.
- Sechi N., Lugliè A. (1996). Phytoplankton in Sardinian reservoirs. *Giornale Botanico Italiano* 130 (4-6): 977-994.

## Riviste non ISI

- Lugliè A., Manca B., Sechi N. (1994). Limnologia degli invasi Pattada e Monteleone (Nord Sardegna). Atti del 10° Congresso A.I.O.L. – Alassio, 4-6 novembre 1992: 287-294.
- Mameli R., Bazzoni A.M., Casiddu P., Sechi N. (2002). Evoluzione dello stato trofico del Lago Pattada. Atti 15° Congresso A.I.O.L.: 75-85.
- Mariani M.A., Padedda B.M., Lai G.G., Sechi N., Buscarinu P., Viridis T., Lugliè A. (2016). First results of a water aeration experiment on a Mediterranean hypereutrophic reservoir. 33rd Congress of the International Society of Limnology. Torino, 31 July – 05 August, 2016.
- Naselli-Flores L., Lugliè A. (2014). Laghi artificiali dell'Italia meridionale e delle isole maggiori. *Biologia Ambientale*, 28 (2): 1-8.
- Satta C.T., Stacca D., Lai G.G., Mariani M.A., Padedda B.M., Sechi N., Buscarinu P., Lugliè A. (2014). First detection of a bloom forming *Peridiniopsis* species from a Sardinian reservoir (NW Mediterranean Sea). The 16<sup>th</sup> International Conference on Harmful Algae, Wellington, New Zealand, 27-31 October 2014.
- Sechi N. (1986). Il problema dell'eutrofizzazione dei laghi. La situazione trofica degli invasi della Sardegna. *Bollettino Società Sarda Scienze Natuali*, 25: 49-62.
- Sechi N. (1989). L'eutrofizzazione dei laghi artificiali della Sardegna. Atti del Convegno "La qualità dell'acqua in Sardegna. Il problema dell'eutrofizzazione: cause, conseguenze, rimedi", Cagliari, 15-16 maggio 1986: 71-82.

## Libri o capitoli di libro

- Lazzaro L., Essl F., Lugliè A., Padedda B.M., Pysěk P., Brundu G. (2018). Invasive alien plant impacts on human health and well-being. In Mazza G, Tricarico E. (eds.), *Invasive Species and Human Health*. CAB International, Boston USA, pp. 16-33.

## Lavori divulgativi

- Padedda B.M., Sechi N. (2008). Condizioni del Lago Cedrino e relazioni con il suo bacino versante. *Natura in Sardegna*, 30: 42-49.

---

## Prodotti del macrosito. Ultimi 10 anni

### Riviste ISI

- Aktan Y., Lugliè A., Sechi N. (2009). Morphological Plasticity of Dominant Species in Response to Nutrients Dynamics in Bidighinzu Reservoir of Sardinia, Italy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9: 137-144.
- Fadda A., Palmas F., Camin F., Ziller L., Padedda B.M., Lugliè A., Manca M., Sabatini A. (2016). Analysis of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  isotopic signatures to shed light on the hydrological cycle's influence on the trophic behavior of fish in a Mediterranean reservoir. *Biologia – Section Zoology*, 71/12: 1395-1403.
- Fadda A., Manca M., Camin F., Ziller L., Buscarino P., Mariani M.A., Padedda B.M., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2016a). Study on the suspended particulate matter of a Mediterranean artificial lake (Sos Canales Lake) using Stable Isotope Analysis of carbon and nitrogen. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 52: 401-412.
- Fadda A., Rawcliffe R., Padedda B.M., Lugliè A., Sechi N., Camin F., Ziller L., Manca M. (2014). Spatiotemporal dynamics of C and N isotopic signature of zooplankton: a seasonal study on a man-made lake in the Mediterranean region. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 50 (4): 279-287.
- Fadda A., Markova S., Kotlik P., Lugliè A., Padedda B.M., Buscarino P., Sechi N., Manca M. (2011). First record of planktonic crustaceans in Sardinian reservoirs. *Biologia*, 66 (5): 856-865.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Riccardi E., Bruno M., Pigozzi S., Mariani M.A., Satta C.T., Stacca D., Bazzoni A.M., Caddeo T., Farina P., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Milandri A. (2017). Paralytic Shellfish Toxins and Cyanotoxins in the Mediterranean: New Data from Sardinia and Sicily (Italy). *Microorganisms*, 5 (4): 72.
- Marchetto A., Padedda B.M., Mariani M.A., Lugliè A., Sechi N. (2009). A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *Journal of Limnology*, 68 (1): 106-121.
- Mariani M.A., Padedda B.M., Kaštovský J., Buscarino P., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2015a). Effects of trophic status on microcystin production and the dominance of cyanobacteria in the phytoplankton assemblage of Mediterranean reservoirs. *Scientific Reports*, 5: 1-16.
- Mariani M.A., Lai G.G., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Viridis T., Lugliè A. (2015b). Long-term ecological studies on phytoplankton in Mediterranean reservoirs: a case study from Sardinia (Italy). *Inland Waters*, 5 (4): 339-354.
- Messineo V., Bogialli S., Melchiorre S., Sechi N., Lugliè A., Casiddu P., Mariani M.A., Padedda B.M., Di Corcia A., Mazza R., Carloni E., Bruno M. (2009). Cyanotoxins occurrence in Italian freshwaters. *Limnologica*, 39: 95-106.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi F., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A.C., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotta F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A., Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of Total Environment*, 627: 373-387.
- Padedda B.M., Sechi N., Lai G.G., Mariani M.A., Pulina S., Sarria M., Satta C.T., Viridis T., Buscarino P., Lugliè A. (2017). Consequences of eutrophication in the management of water resources in



---

Mediterranean reservoirs: A case study of Lake Cedrino (Sardinia, Italy). *Global Ecology and Conservation*, 12: 21-35.

Padedda B.M., Sechi N., Lai G.G., Mariani M.A., Pulina S., Satta C.T., Bazzoni A., Viridis T., Buscarinu P., Lugliè A. (2015). A fast-response methodological approach to assessing and managing nutrient loads in eutrophic Mediterranean reservoirs. *Ecological Engineering*, 85: 47-55.

Pulina S., Suikkanen S., Satta C.T., Mariani M.A., Padedda B.M., Viridis T., Caddeo T., Sechi N., Lugliè A. (2014). Multiannual phytoplankton trends in relation to environmental changes across aquatic domains: a case study from Sardinia (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 150 (4): 660-670.

Pulina S., Lugliè A., Mariani M.A., Sarria M., Sechi N., Padedda B.M. (2019). Multiannual decrement of nutrient concentrations and phytoplankton cell size in a Mediterranean reservoir. *Nature Conservation*, 34: 163-191.

### **Riviste non ISI**

Naselli-Flores L., Lugliè A. (2014). Laghi artificiali dell'Italia meridionale e delle isole maggiori. *Biologia Ambientale*, 28 (2): 1-8.

### **Libri o capitoli di libro**

Lazzaro L., Essl F., Lugliè A., Padedda B.M., Pyšek P., Brundu G. (2018). Invasive alien plant impacts on human health and well-being. In Mazza G, Tricarico E. (eds.), *Invasive Species and Human Health*. CAB International, Boston USA, pp. 16-33.

### **Lavori divulgativi**

Padedda B.M., Sechi N. (2008). Condizioni del Lago Cedrino e relazioni con il suo bacino versante. *Natura in Sardegna*, 30: 42-49.