

# Natura

in Sardegna

Periodico d'informazione  
ambientale della Sardegna  
a cura dell'Ass For ONLUS  
[www.assfor.it](http://www.assfor.it)

## Numero Speciale

Dedicato alla tutela  
ed alla valorizzazione  
delle risorse idriche

INTERREG IIIA



N°30 luglio 2008

Antonello Mele, Bachisio Padedda  
Costantino Daga, Fabrizio Natalino Loi  
Francesco Murgia, Ignazio Cocco, Mauro Chiesi  
Nicola Sechi, Rocco Celentano, Sebastiano Bussalai



*Natura in Sardegna*  
Periodico d'informazione  
ambientale  
dell'ASS.FOR. ONLUS  
Associazione  
del Corpo Forestale  
della Sardegna  
Anno XIII n. 30  
Luglio 2008  
Reg. Trib. CA n. 36 17.11.1995  
Editore ASS.FOR. ONLUS

*Direzione, redazione  
e amministrazione*  
Via La Maddalena, 15  
09124 CAGLIARI  
Cell 348 47 17 997  
naturainsardegna@tiscali.it

*Direttore responsabile*  
Marilena Orunesu

*Coordinatori organizzativi*  
Gian Patrizio Melis  
Salvatore Scrivera

*Foto di copertina*  
Luca Cossu  
Archivio GGN Nuoro

*Coordinatrice di redazione*  
Graziella Pitzalis

*Con la supervisione  
del Dott. Francesco Murgia  
Responsabile Tecnico Scien-  
tifico del Progetto Provinciale  
"Le radici dell'acqua"*

*Progetto grafico  
e impaginazione*  
Monkeystudio Cagliari  
www.monkeystudio.net

*Stampa*  
GRAFICHE GHIANI Monastir

*Proprietà*  
ASS.FOR. ONLUS  
Associazione del  
Corpo Forestale della  
Sardegna

Editoriale *Salvatore Scrivera* pg. 2

Un nuovo ruolo per le Province sulla tutela  
delle risorse idriche *Rocco Celentano* pg. 4

Gestione e prospettive di sviluppo mondiale e locale  
delle acque *Ignazio Cocco* pg. 8

Quando il fiume fa paura.  
Il rischio idraulico nel bacino idrografico  
del fiume Cedrino *Sebastiano Bussalai* pg. 24

La Sardegna e la desertificazione *Antonello Mele* pg. 36

Condizioni del Lago Cedrino e relazioni  
con il suo bacino versante  
*Bachisio Padedda e Nicola Sechi* pg. 42

Per non dimenticare *Fabrizio Natalino Loi* pg. 50

Risorse idriche sotterranee ed acquiferi carsici  
in Provincia di Nuoro *Francesco Murgia* pg. 60

Qualità e disponibilità delle acque sotterranee  
e monitoraggi operativi: il progetto "Trichinella"  
*Mauro Chiesi* pg. 68

Il geosistema carsico del Supramonte:  
un laboratorio di educazione ambientale  
*Francesco Murgia e Costantino Daga* pg. 76

Glossario di particolari termini naturalistici pg. 84

Manoscritti, foto e disegni saranno restituiti su espressa richiesta degli autori. Tutti i diritti di proprietà letteraria ed artistica sono riservati. Si informa che i dati utilizzati al fine della spedizione di questa Rivista, contenuti in elenchi conoscibili da chiunque, sono trattati a questo solo fine in conformità a quanto previsto dal D.Lgs n. 196 del 30/06/2003. Per esercitare i diritti (aggiornamento, cancellazione ecc.) di cui all'art. 13 scrivere a:

ASS.FOR. Casella Postale 50 - 09124 Cagliari.

**PUBBLICITÀ** curata direttamente. Tariffe inserzioni a colori (IVA inclusa): pagina interna euro 1.350,00; doppia pagina euro 2.000,00; 1/2 pagina euro 650,00; 1/4 pagina euro 350,00; il III di copertina euro 1.500,00; IV di copertina euro 1.800,00; posizione di riga +10%. Impianti in quadricromia compresi nella tariffa, le tariffe si riferiscono ad una sola uscita.

Questo numero di NATURA IN SARDEGNA è realizzato per l'attività di informazione e sensibilizzazione ambientale nel quadro del progetto **INTERREG IIBA (Sardegna, Corsica, Toscana) "Balbuzard" - Provincia di Nuoro**

Le fotografie di intermezzo tra gli articoli sono di **Giuseppe Mozzo, Francesco Pallmodde e GGN**



Provincia di Nuoro

Sommar

# Condizioni del Lago Cedrino e relazioni con il suo bacino versante

Bachisio Padedda e Nicola Sechi

*Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale*

*Università degli Studi di Sassari*

La diga sul Fiume Cedrino a Pedra e'Ottoni, situata nel comune di Dorgali, è stata realizzata nel 1984 sul fiume omonimo mediante un sbarramento di tipo rockfill, che ha portato alla creazione di uno specchio lacustre la cui superficie alla quota di massimo invaso (103 metri s.l.m.) può ricoprire un'area di 1,5 km<sup>2</sup> per un volume di 20x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Il sistema lacustre che ha una conformazione dendriforme, si sviluppa per circa 8,5 km in corrispondenza del vecchio letto del Rio Cedrino (principale immissario), e per 2,4 km lungo il corso del Rio Flumineddu.

Il bacino idrografico del lago (chiuso alla diga) si estende per 627,4 km<sup>2</sup>. Al suo interno insistono i territori, totali o parziali, dei comuni di Orgosolo (il più esteso con 17.530 ha), Dorgali (9.039 ha), Mamoiada (4.113 ha), Nuoro

(5.851 ha), Oliena (15.200 ha), Ollolai (179 ha), Orani (2.666 ha), Sarule (557 ha), Talana (1.532 ha), Urzulei (5.554 ha) e Villagrande (521 ha).

Come già detto, il Rio Cedrino, sviluppandosi per circa 51 km sino allo sbarramento di Pedra 'e Othoni, è il maggiore affluente del lago, drenando ben il 78% del bacino imbrifero e raccogliendo lungo il suo corso anche le acque dell'imponente sorgente carsica de Su Cologone.

Le acque della sorgente contribuiscono per almeno il 40% al totale degli afflussi al lago, e data la loro ottima qualità vengono usate direttamente per l'utenza potabile dei comuni di Oliena e Dorgali.

Il Rio Flumineddu, dalla portata molto variabile e spesso in secca d'estate, drena una porzione di territorio più limitata (il 23%) contribuendo per circa il 10% al totale degli afflussi al lago.

Nel complesso l'articolazione della rete idrografica del bacino imbrifero è caratterizzata da ripidi canali fluviali alimentati da un gran numero di piccole sorgenti.

Le acque invasate sono soggette a notevoli variazioni annuali del livello d'invaso, dovuti da una parte al regime climatico e dall'altra alla sempre maggiore richiesta per uso irriguo, alimentare, con una quota abbastanza importante destinata ad approvvigionare la zona industriale del Sologo a valle del sistema.

Sin dai suoi primi anni di invaso il Lago Cedrino ha mostrato condizioni assai precarie dal punto di vista della qualità delle sue acque.

Di fatto già nel 1989, nell'ambito di una indagine relativa allo studio dell'eutrofizzazione di alcuni invasi artificiali della Sardegna (Sechi, 1989), venne determinato per la prima volta lo stato trofico del Lago Cedrino. L'indagine accertò una condizione di elevata trofia, derivante da una eccessiva disponibilità di nutrienti provenienti dai reflui urbani dei centri all'interno del bacino non adeguatamente depurati.

Nel 1996 venne condotta una campagna di monitoraggio all'interno di un progetto volto alla valutazione dei popolamenti fitoplanctonici degli invasi della Sardegna (Sechi & Lugliè, 1996). L'indagine evidenziò come nel Cedrino fossero presenti valori medi annuali dei principali nutrienti algali ben oltre i valori massimi accettabili che descrivevano condizioni di eutrofia-ipereutrofia.

Si può considerare il limite di 20-30 mg P m<sup>-3</sup> per il fosforo e di 300 mg N m<sup>-3</sup> per l'azoto quale soglia indicativa per separare i laghi in base alla minore (se le concentrazioni sono minori) o maggiore (se le concentrazioni sono maggiori) probabilità di manifestare sintomi palesi di eutrofia.

Nel Cedrino vennero rilevate le seguenti medie concentrazioni annuali: fosforo totale di 91 mg P m<sup>-3</sup>, di 1.274 mg N m<sup>-3</sup> di azoto totale, 22 mg m<sup>-3</sup> di clorofilla a ben oltre il limite di 5 mg m<sup>-3</sup>.

Tale valutazione venne confermata anche dall'abbondanza, dalla struttura dei popolamenti fitoplanctonici ritrovati e dalla dinamica stagionale tipica di elevate trofie (Reynolds, 1984), essendo dominato dalle Cyanophyceae nel periodo estivo con affermazioni importanti delle specie *Anabaena planctonica*, *Microcystis aeruginosa* e *Aphanizomenon flos-aque* e dalle *Bacillariophyceae* in inverno con predominanza *Stephanodiscus hantzschii* e *Cyclotella spp.*

La qualità dell'acqua risultava quindi assai scadente sia per l'eccessiva pre-

senza di alghe nelle acque epilimniche (fino ai 15 m di profondità), tra cui alcune specie tossiche, sia per le condizioni di anossia delle acque ipolimniche, dove si potevano riscontrare grandi quantità di ammoniaca ed acido solfidrico che al lato pratico si traducevano nell'impossibilità di assicurare una adeguata potabilità di queste acque.

A distanza di due anni, nell'ottobre 1998 venne accertata una imponente fioritura di Cyanophyceae determinata da elevati sviluppi di *Anabaena flos-aque*, *Aphanizomenon flos-aque* e *Microcystis* spp. (specie potenzialmente tossiche), che provocarono per diversi mesi, una drastica limitazione dell'uso delle acque prelevate, a causa delle problematiche in fase di potabilizzazione.

Nel 2002 con una ulteriore indagine si tentò di valutare, in termini sia sperimentali che teorici, il carico inquinante che poteva pervenire dal bacino idrografico al lago, e che come ipotizzato, era direttamente responsabile degli elevati livelli di trofia che in questo si realizzavano.

Secondo le analisi e le modellizzazioni effettuate, la quantità di fosforo (principale nutriente inquinante) apportato al lago, era di circa  $38 \text{ t P a}^{-1}$ . Esso derivava per la maggior parte dai reflui non adeguatamente trattati di cinque agglomerati urbani gravanti all'interno del bacino idrografico (Nuoro, Dorgali, Mammojada, Oliena ed Orgosolo), che complessivamente apportavano circa  $29 \text{ t P a}^{-1}$ . L'apporto di fosforo

rilasciato da attività di allevamento zootecnico estensivo venne stimato, in base alle percentuali di rilascio, in  $1 \text{ t P a}^{-1}$ , mentre i rilasci diffusi dall'intero territorio in circa  $8 \text{ t P a}^{-1}$ .

Contemporaneamente le ulteriori indagini limnologiche compiute nell'invaso, misero altresì in evidenza l'aggravarsi della situazione, con il continuo innalzarsi del livello trofico delle acque. La sintesi delle concentrazioni medie annuali dei principali nutrienti responsabili della crescita fitoplanctonica infatti, risultavano tali da sostenere processi pesantemente eutrofici (azoto totale  $1909 \text{ mg N m}^{-3}$ ; fosforo totale  $108,6 \text{ mg P m}^{-3}$ ). I maggiori sviluppi del fitoplancton riguardavano *Pseudoanabaena* sp. *Aphanizomenon* sp., *Aphanocapsa* sp., *A. aphanizomenoides*, *Lyngbia* spp. e *P. aghardii-rubescens* tra le Cyanophyceae, *Scenedesmus* sp. e *Chlorella* sp. tra le Chlorophyceae e *Cyclotella atomus* e *Stephanodiscus* spp. tra le Bacillariophyceae. Meno abbondante rispetto alle passate indagini risultava invece *M. aeruginosa*.

Nel 2005 in seguito alla caratterizzazione dei sistemi lacustri della Sardegna per l'utilizzo delle risorse idriche nell'ambito del Piano Acquedotti (Sechi, 2005) le indagini effettuate Cedrino, confermarono le condizioni molto eutrofiche del lago, con medie annuali del fosforo totale anche di  $90 \text{ mg P m}^{-3}$  e della clorofilla a nella zona fotica superiori ai  $20 \text{ mg m}^{-3}$ . Nel complesso la struttura del fitoplancton non mostrava cambiamenti rispetto al passato. In aggiunta rispetto

ai controlli passati fu appurato come le concentrazioni di ferro rilevate nel lago si mostravano in genere contenute e inferiori a  $30 \text{ mg Fe m}^{-3}$ , mentre oltremodo elevate risultavano quelle del manganese che nelle acque ipolimniche raggiungevano valori fino a  $100 \text{ mg Mn m}^{-3}$ , e come media nella colonna d'acqua si dimostravano superiori a  $50 \text{ mg Mn m}^{-3}$ .

Fu pertanto segnalato come sarebbe stato urgente adottare processi per ridurre quest'ultimo, che già a deboli concentrazioni ( $50 \text{ mg Mn m}^{-3}$ ) inizia a depositarsi all'interno delle reti di distribuzione sotto forma di precipitato nero.

Dal 2006 ad oggi il Lago Cedrino è oggetto delle attività definite nell'ambito del sistema di monitoraggio automatico della qualità delle acque, realizzato in 10 invasi della Sardegna. La progettazione, la realizzazione e la gestione di questo importante sistema sono stati affidati dalla Regione Autonoma della Sardegna, all'EN.A.S. (Ente Acque della Sardegna) a cui il Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale dell'Università di Sassari fa da supporto e supervisione scientifica.

Lo scopo del progetto è quello di fornire agli enti che gestiscono l'acqua ad uso idropotabile un supporto gestionale per l'utilizzo della risorsa dalle migliori caratteristiche qualitative. Tali indicazioni sono il risultato delle valutazioni limnologiche, espresse sulla base dei dati acquisiti in continuo mediante sonde multiparametriche

installate nei laghi, integrati con quelli ottenuti secondo le tradizionali metodiche d'indagine.

Il quadro complessivo ottenuto tra il 2006 ed il 2007, relativo alla trofia lacustre ed alla conseguente qualità dell'acqua, conferma quanto già indicato nel passato circa la presenza di problematiche rilevanti, per periodi più o meno ampi dell'arco annuale, con possibili ricadute negative sui processi di potabilizzazione.

I risultati ottenuti in entrambi gli anni confermano la condizione decisamente eutrofica ed evidenziano peraltro condizioni diverse anno per anno.

Nel 2007 si sono avuti i seguenti valori medi:  $76 \text{ mg P m}^{-3}$  per il fosforo totale,  $9 \text{ mg m}^{-3}$  per la clorofilla a e  $4 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ ; nel 2006 invece i valori medi sono stati più elevati con  $84 \text{ mg P m}^{-3}$  per il fosforo totale,  $15 \text{ mg m}^{-3}$  per la clorofilla a e  $13 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$  nel 2006. Conseguentemente all'elevato sviluppo del fitoplancton, il trasferimento di sostanza organica verso l'ipolimnio, è stato capace di ridurre notevolmente le saturazioni dell'ossigeno disciolto almeno in prossimità del fondo.

Il fitoplancton è sempre e complessivamente dominato da specie tipiche dell'eutrofia, con ruolo primario svolto dai Cianobatteri con alcune delle specie più importanti anche potenzialmente tossiche (dei generi *Microcystis*, *Aphanocapsa* sp., *Aphanizomenon*, *Anabaena* e *Woronichinia*) o capaci di conferire all'acqua odori e sapori sgradevoli, o di interferire con le diverse fasi della potabilizzazione.

La sintesi degli studi sin ora condotti in questo sistema ha ben evidenziato come questo ormai cronicamente si trovi in una condizione di forte compromissione. Le cause di tale situazione sono facilmente identificabili nella inidonea gestione dei reflui di ogni tipo.

Al di là degli approfondimenti specifici che possono essere fatti, il periodo estivo pare essere quello più critico, ovvero la stagione in cui maggiormente sono evidenti gli effetti dell'eutrofizzazione.

In particolare, tra le componenti autotrofe sono state rilevate proliferazioni estive (ma anche autunnali) del fitoplancton, capaci di condizionare pesantemente la qualità dell'acqua in superficie. Il fitoplancton è spesso dominato da Cyanophyceae che oltre tutto annovera la presenza tra le specie più abbondanti di forme potenzialmente tossiche.

Durante il periodo estivo poi è altresì evidente la totale assenza dell'ossigeno disciolto nelle acque ipolimniche (ovvero nelle porzioni più profonde), che causano l'insorgere di condizioni riducenti severe e presenza di vari composti ridotti pericolosi.

Questo porta ad una pesante limitazione nell'utilizzo della risorsa, per cui con fioriture algali massive nelle porzioni più superficiali, e con condizioni ipolimniche anossiche (sotto il termocline), si deve disporre di sistemi di prelievo mobile in grado di intercettare strati di acqua alla migliore profondità, che per via di queste problematiche diventano molto ristretti.

Al lato pratico quindi, nel periodo interessato dalla maggiore affermazione delle Cyanophyceae, gli strati d'acqua con densità meno elevate e quindi migliori per il processo di potabilizzazione sono localizzate al di sotto dei 7-8 metri, mentre la deplezione dell'ossigeno si manifestano già a 10 metri.

È stato comunque rilevato come in funzione degli eventi ventosi, capaci di disturbare o rompere la stratificazione termica, ed in rapporto all'entità e cadenza delle fioriture algali, tutti gli strati d'acqua possono risultare talvolta qualitativamente non adatti alla potabilizzazione.

Stante questa condizione le acque del Cedrino pertanto, previo attento e continuo monitoraggio dovrebbero essere utilizzate senza eccessivi pericoli solo nel periodo invernale.

Fortunatamente in questo contesto specifico, esiste l'alternativa della sorgente di Su Cologone che, almeno nel periodo caldo dell'anno, contribuisce sensibilmente a diluire il carico algale e a rigenerare le acque destinate alla potabilizzazione. In aggiunta questo sistema potrebbe essere ulteriormente integrato e migliorato adducendovi anche le acque del nuovo invaso di Olai che comunque dovrebbe rappresentare solo una soluzione temporanea.

Nel lungo periodo, un certo recupero delle condizioni trofiche del lago è ipotizzabile solo pensando alla rimozione del fosforo da tutti gli scarichi urbani e industriali provenienti dai comuni che gravitano nel suo bacino idrografico.

Questo aspetto appare chiaramente relazionato alla adozione di un efficace sistema di depurazione che agisca sulle sorgenti puntiformi riducendone i carichi inquinanti, ma anche e soprattutto garantendone il funzionamento nel tempo, ossia evitando il malfunzionamento degli impianti che sempre più vanno incontro a gestioni poco razionali.

Lo stato dei depuratori dei comuni all'interno del bacino idrografico è tale da non garantire rendimenti depurativi accettabili, sia perché in parte non pienamente funzionanti, sia perché del tutto sottodimensionati alle esigenze. Per ovviare a queste carenze, la soluzione migliore può essere la realizzazione di un sistema di diversione totale degli scarichi che mediante una condotta circumlacuale li convogli verso un impianto consortile di nuova concezione, il quale successivamente può scaricare o a valle dell'invaso o reintrodurre i reflui depurati nell'immissario. Questa soluzione permetterebbe oltre ad una maggiore efficienza depurativa anche un notevole abbattimento dei costi altrimenti necessari per l'ammodernamento di quelli esistenti.

In realtà, attraverso l'applicazione di modelli previsionali, è stato rilevato come anche la totale eliminazione di questi carichi inquinanti, in definitiva, può non essere sufficiente per ricondurre le acque del lago ad una condizione migliore (tra la mesotrofia e l'eutrofia).

Limitandosi al raggiungimento di una condizione di mesotrofia quindi, che

potrebbe dare ragionevolmente garanzie per una qualità idonea per vari usi, il carico in ingresso sulla base delle modellizzazioni non dovrebbe superare le  $7 \text{ t a}^{-1}$ , un valore che è enormemente più basso di quello calcolato per via teorica relativo ai soli apporti dei reflui civili (circa  $29 \text{ t a}^{-1}$ ). Se venisse rimosso tutto il fosforo derivante da queste fonti il carico in ingresso al lago sarebbe comunque ancora elevato ( $9 \text{ t a}^{-1}$ ), rispetto a quello ipotizzato utile nel garantire una mesotrofia al maggior livello probabilistico.

Ad ogni modo, perseguendo una strategia come quest'ultima, in termini successivi dovrà essere seguita in maniera stringente l'evoluzione del sistema, andando eventualmente ad incidere rimuovendo parte dei carichi già accumulati dal sedimento e che lentamente e continuativamente per lungo tempo andranno ad essere rilasciati alle acque.

In conclusione, una corretta gestione dei laghi e dell'acqua ai fini alimentari dovrebbe partire da una conoscenza, il più approfondita possibile, delle condizioni trofiche di ogni invaso e del suo bacino idrografico, oltre che delle specifiche caratteristiche limnologiche e dei problemi connessi al grado di eutrofizzazione. Da questo insieme d'informazioni, infatti, dipendono le capacità di previsione della manifestazione e dell'entità degli effetti dell'eutrofizzazione nel tempo e le strategie che possono essere attuate per ridurla o almeno contingentarla.

La gestione non può essere riferita



quindi ad un quadro statico di conoscenze ma ad un dinamico e continuo flusso d'informazioni, capace di definire, momento per momento, le opportunità di sfruttamento degli invasi.

L'esperienza avviata dallo scorso anno attraverso il monitoraggio in continuo con il sistema di boe provviste di sensori di rilevamento automatico lungo la colonna d'acqua in 10 laghi artificiali della Sardegna, costituisce un'occasione importante per valutare l'utilità di questa innovazione, capace, nella sua potenzialità, di conferire un'alta dinamicità al monitoraggio stesso. Si ribadisce però, che non tutte le variabili importanti ai fini della potabilizzazione possono essere registrate attraverso sensori, per esempio la composizione in specie del fitoplankton e la definizione della abbondanze relative tra specie. Esiste quindi l'esigenza di un equilibrato utilizzo di tecniche innovative con il mantenimento di metodiche tradizionali, quale sforzo necessario per la migliore utilizzazione della risorsa idrica.

## Bibliografia

*Mameli R. (2002)* - Analisi e proposte di gestione del sistema lago - bacino idrografico del Cedrino. Tesi dottorale. Università degli studi di Sassari.

*Reynolds C. S. (1984)* - The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press; pp.384.

*Secchi N (1986)* - Il problema dell'eutrofizzazione dei laghi. La situazione trofica degli invasi della Sardegna. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 25: 49-62.

*Secchi N. & Luglio A. (1996)* - Phytoplankton in Sardinia reservoirs. Giorn. Bot. Ital, 130: 977-994

*Secchi N (2005)* - Aspetti limnologici per l'utilizzo delle risorse idriche nell'ambito del Piano Acquedotti. Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale dell'Università degli Studi di Sassari.

*Secchi N. (2008)* - Relazione annuale (gennaio-dicembre 2007) sulla funzionalità ed efficienza del sistema di monitoraggio e sullo stato trofico dei laghi oggetto dell'attività di gestione nell'ambito del progetto "Realizzazione di un sistema di monitoraggio automatico della qualità dell'acqua in alcuni laghi artificiali della Sardegna". Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale dell'Università degli Studi di Sassari.