

Letizia Garibaldi

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio

Università degli Studi di Milano-Bicocca

presenta

Il Lago di Endine



Caratteristiche del bacino imbrifero

Il Lago di Endine è situato nella posizione centro settentrionale della Val Cavallina, che si estende da Lovere, sul Lago di Iseo, fin quasi alla periferia di Bergamo. Le coordinate geografiche del punto centrale del lago sono: 45° 46' 40" di latitudine N; 9° 56'18" di longitudine E. Il lago, così come la valle, risulta orientato secondo la direttrice NE-SW, ma il suo asse descrive un'ampia ansa, marcata soprattutto nella parte centro-settentrionale, avente la concavità rivolta verso SE. Il bacino idrografico del Lago di Endine possiede queste caratteristiche:

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Area compreso il lago | 36,03 Km ² |
| Area (escluso il lago) | 33,69 Km ² |
| Altitudine massima s.l.m. | 1380 m |
| Altitudine media s.l.m. | 685 m |
| Quota del lago s.l.m. | 334,5 m |
| Rapporto area bacino e area lago | 14,4 |

Tab. 1 - Caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del lago. (da Barbanti et al., 1974).

In particolare, il rapporto tra l'area emersa e sommersa risulta con un valore piuttosto elevato (14,4), caratteristica dei laghi vallivi di origine glaciale.

L'area del bacino imbrifero è interessata da 5 territori comunali: Endine-Gaiano, Ranzanico, Bianzano, Spinone al Lago e Monasterolo del Castello; l'unico tra questi che non si affaccia direttamente sul lago è

Bianzano.

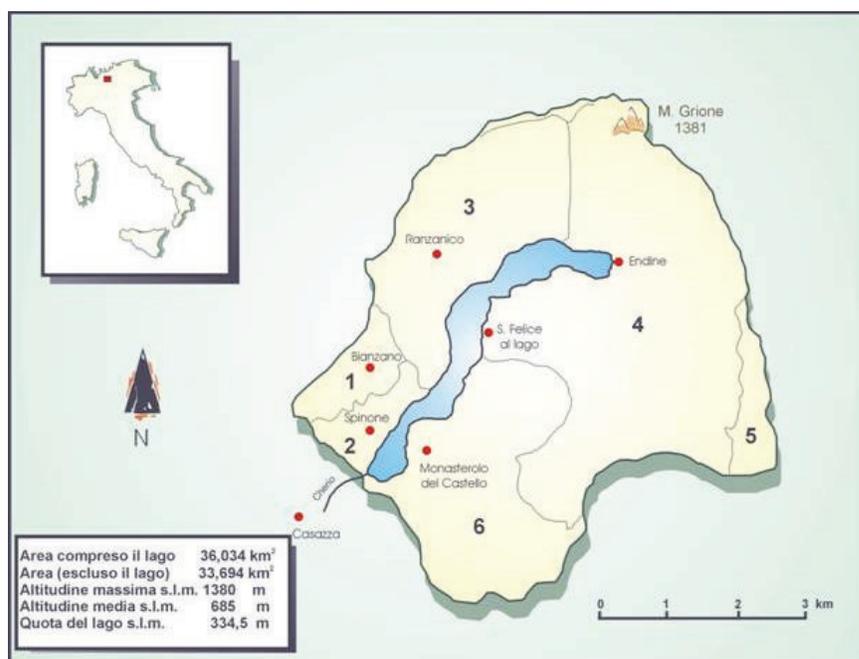


Figura 1: Il lago di Endine e il suo bacino imbrifero (da IRSA, 1984).

Caratteristiche del lago

Durante l'era quaternaria la Valle Camonica è stata interessata da potenti colate glaciali che diedero origine, con la loro azione di escavazione, anche alla profonda conca che attualmente ospita il Sebino. Dal corpo principale di questi ghiacciai si diramavano lingue laterali e, tra queste,

una andò a interessare la Valle Cavallina. Durante il Riss questa massa ghiacciata si spingeva ben oltre il lago di Endine e raggiungeva Luzzana, quasi all'imbocco meridionale della valle stessa, verso Bergamo. Minore estensione ebbe invece la coltre glaciale nella successiva fase wurmiana, i cui depositi frontali si riconoscono nella collina del castello di Monasterolo, nella zona dove prende origine l'attuale emissario del Lago: il Cherio. Il modellamento dell'alta Val Cavallina, con profilo trasversale ad U, tipico delle valli glaciali, è stato anche favorito dalla presenza, nella sua zona assiale, di roccia poco compatta e quindi facilmente erodibile da parte dei ghiacciai.

In questo quadro si colloca la genesi del Lago di Endine, che deve pertanto essere considerato un lago glaciale vallivo con sbarramento morenico.

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Area | 2,34 km ² |
| Perimetro | 13,93 km |
| Lunghezza | 6,08 km |
| Larghezza massima | 0,67 km |
| Larghezza media | 0,39 km |
| Indice di sinuosità | 2,57 |
| Volume | 11,93 m ³ ×10 ⁶ |
| Profondità massima | 9,40 m |
| Profondità media | 5,10 m |
| Grado di incavamento | 0,54 |
| Sviluppo del volume | 1,63 |
| Tempo teorico di | 92,7 giorni |

| | |
|-------------------------|------------|
| ricambio | |
| Tempo reale di ricambio | 127 giorni |

Tab. 2 - Caratteristiche morfometriche e tempi di ricambio del Lago di Endine

Il bacino sommerso presenta un profilo medio trasversale con fianchi piuttosto ripidi, situazione legata all'origine glaciale della conca. Al ritiro del ghiacciaio, la conca di Endine doveva essere molto più regolare: numerosi sono infatti i fenomeni morfologici intervenuti in tempi successivi e che hanno profondamente modificato la sua forma; tra i principali, gli imponenti coni di deiezione che hanno interessato ambedue i versanti della Val Cavallina, di cui un tipico esempio è rappresentato dal conoide sul quale è insediato il paese di Monasterolo. Dalla carta batimetrica è possibile riconoscere tre sub-bacini:

- settentrionale o di Endine, comprendente il punto di massima profondità, di 9,40 m in corrispondenza del traverso La Torre - Madrera;
- centrale, compreso tra il traverso La Torre - Madrera e la strettoia determinata dal conoide di Monasterolo, che rappresenta la maggior parte della superficie del lago ed ha profondità massima di 6,7 m;
- meridionale o di Spinone, per estensione la parte più piccola, che presenta una forma molto regolare e raggiunge la profondità di 6,2 m. Da qui ha origine l'emissario, il Fiume Cherio, affluente dell'Oglio.

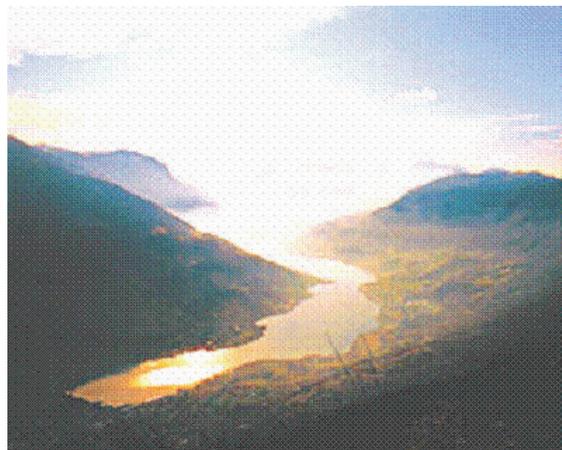
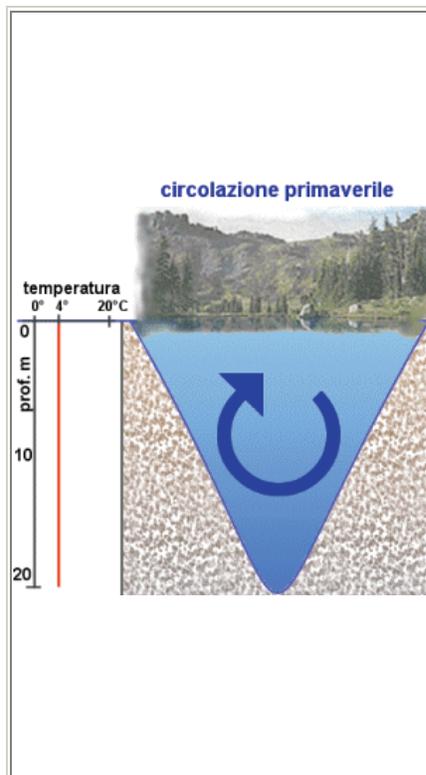


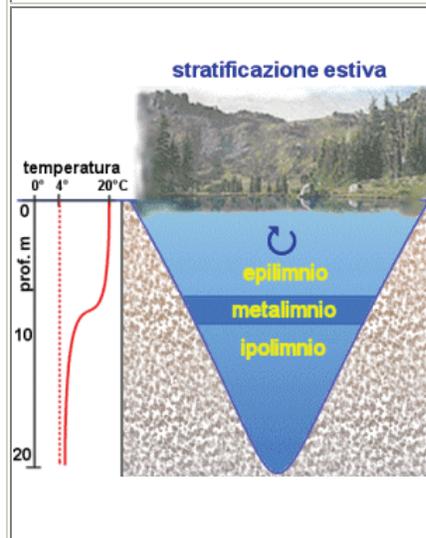
Fig. 2 Il Lago di Endine visto dall'alto.

La termica del lago

Il lago di Endine appartiene alla categoria dei laghi dimittici, con due periodi di stratificazione termica intervallati da due periodi di rimescolamento. Nell'esempio viene riportato il comportamento di un ipotetico lago dimittico con profondità di 20 metri. L'esempio può essere assunto anche per il Lago di Endine che ha profondità massima di circa 9,40 metri.

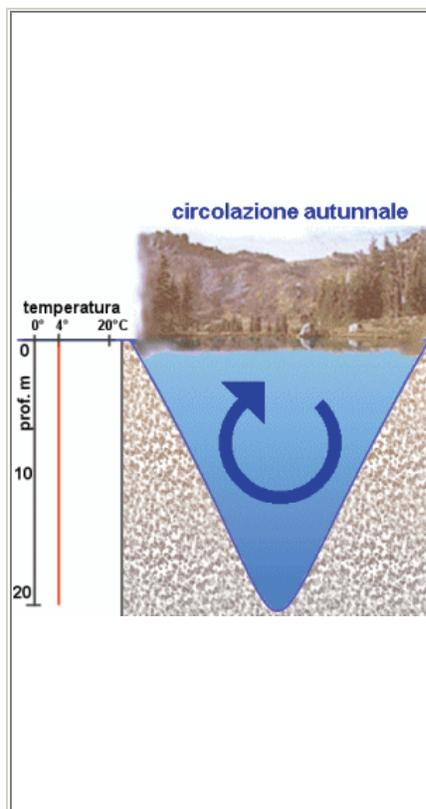


Le acque del lago alla fine della stagione invernale presentano, a tutte le profondità, una uguale temperatura di circa 4°C (massima densità dell'acqua). L'azione del vento può facilmente provocare un rimescolamento delle acque più superficiali, a contatto con l'atmosfera e quindi ricche di ossigeno disciolto, con quelle sottostanti. La **circolazione primaverile** che così si instaura ricarica di ossigeno l'intera colonna d'acqua.

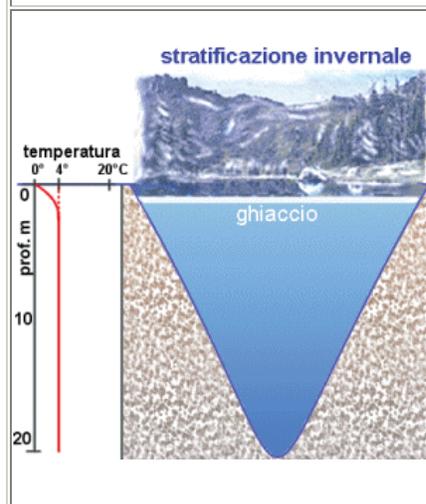


In primavera, il sole scalda sempre più la superficie e con il progredire della stagione calda tra acque superficiali ed acque profonde andrà formandosi un gradiente termico, e quindi di densità, sempre più elevato tale da impedire il rimescolamento ad opera del vento. Nella stagione calda, quindi, si avrà nel

| | |
|--|---|
| | <p>lago uno strato superficiale caldo, epilimnio, separato dalle acque profonde fredde, ipolimnio, e da uno strato di passaggio (metalimnio), caratterizzato da un rapido abbassamento della temperatura e della densità con il crescere della profondità. In questa situazione di stratificazione estiva, il lavoro meccanico del vento potrà operare un certo rimescolamento soltanto delle acque più superficiali (più calde e quindi meno dense) lasciando ferme quelle immediatamente sottostanti (più fredde e quindi più dense), lo scambio di ossigeno tra le acque superficiali e quelle profonde è quasi nullo. Addirittura, se il lago è eutrofizzato l'ossidazione microbica della sostanza organica può consumare l'ossigeno disciolto nelle acque di fondo arrivando a determinare una situazione di anossia</p> |
|--|---|



In autunno l'acqua superficiale si raffredda, diventa più densa e scende verso il fondo. Con essa si abbassa anche lo strato, sempre più sottile, in cui avviene il salto di temperatura, il metalimnio. Come già in primavera, per azione del vento il rimescolamento delle acque si intensifica e infine si ha nuovamente la circolazione completa (**circolazione autunnale**). Il corpo d'acqua si trova ora a circa 4 °C con l'ossigeno disciolto uniformemente distribuito dalla superficie al fondo.



In inverno la densità dell'acqua diminuisce per un ulteriore raffreddamento. L'anomalia della densità dell'acqua comporta una instabile stratificazione termica inversa, con uno strato superficiale più freddo sopra uno strato più profondo di acqua a 4 °C. Il ghiaccio, quando arriva a formarsi, copre la

| | |
|--|---|
| | <p>superficie del lago poiché la sua densità a 0°C è solo i 9/10 di quella dell'acqua. Il ghiaccio può rendere stabile la stratificazione termica inversa e si produce così la stratificazione invernale. Il lago di Endine non gela completamente ogni anno, ma soltanto durante inverni rigidi. Il bacino di Spinone è il primo a coprirsi di ghiaccio e con spessore considerevole, tale da permettere la presenza di numerosi pattinatori (nonostante sia vietato in quanto pericoloso).</p> |
|--|---|

Fig. 3: Schema di rimescolamento delle acque di un lago dimittico (Bertoni, 1999).

Per il Lago di Endine, in considerazione del periodo di stratificazione, può essere calcolato il tempo medio reale di ricambio delle acque, che è di 127 giorni, contro un tempo teorico di circa 93 giorni, in quanto in tale periodo si ha soltanto l'acqua superficiale che esce dall'emissario e le acque della zona più profonda tendono a rimanere statiche e non sono interessate dal flusso immissario-emissario.

Studi svolti sulle acque del Lago

Il primo lavoro sul lago di Endine risale all'anno 1972/73 a cura dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza (Barbanti *et al.*, 1974). Dopo più di 10 anni (1984) il Prof. Roberto Marchetti e la Dott.ssa Letizia Garibaldi, dell'Università degli Studi di Milano, Istituto di Biologia, sezione di Ecologia, ebbero incarico dall'Amministrazione Provinciale di Bergamo per uno studio limnologico. Lo studio fu svolto per verificare il livello di trofia delle acque del lago a seguito della costruzione di un anello circumlacuale per la raccolta dei liquami dei paesi rivieraschi e fu impostato sulla ripetizione della ricerca del 1972/73. La ricerca era basata su campionamenti mensili da effettuarsi a 6 diverse profondità, in corrispondenza del punto più profondo del lago, con l'esame dei parametri: trasparenza, temperatura, ossigeno disciolto e in % di saturazione, alcalinità, conducibilità, fosforo totale e reattivo, azoto totale, azoto nitrico, azoto ammoniacale, silicati, saltuariamente Ca, Mg, Na, K, solfati e cloruri, e studio della comunità fitoplanctonica (classificazione, densità e biomassa). Per l'anno successivo, l'Amministrazione Provinciale di Bergamo rinnovò il contratto con l'Università di Milano. Nel 1988 e 1989 venne affidato un nuovo incarico all'Università per il controllo della qualità delle acque del lago e per seguire gli effetti di un esperimento pilota di ossigenazione ipolimnica estiva. Furono incaricati ancora il Prof. Marchetti ed la Dott.ssa Garibaldi ad eseguire lo studio limnologico, consistente in campionamenti mensili di acqua lacustre e, durante i tre mesi estivi, in un'esperimento di ossigenazione, dove le prove furono condotte con controlli di ossigeno, temperatura e fosforo, a cadenza di tre settimane. Inoltre in quell'occasione fu posizionato un mesocosmo per il calcolo della richiesta di ossigeno dei sedimenti, da controllare per una settimana con prelievi notturni ogni 3 ore. Si tratta di un cilindro di materiale plastico

posato in verticale sul sedimento, in modo da isolare una porzione sia di fondo che di acqua di lago, per poter svolgere degli esperimenti su di una superficie nota e poter poi estrapolare i risultati all'intero lago. Dal luglio 1991 la Dott.ssa Garibaldi ha ripreso i controlli della trofia del lago in attesa degli sperati miglioramenti che, nonostante il collettamento degli scarichi fognari, tardavano a venire. ricerche non finanziate, ma giustificate per l'addestramento di studenti di Scienze Naturali, Scienze Biologiche e Scienze Ambientali.

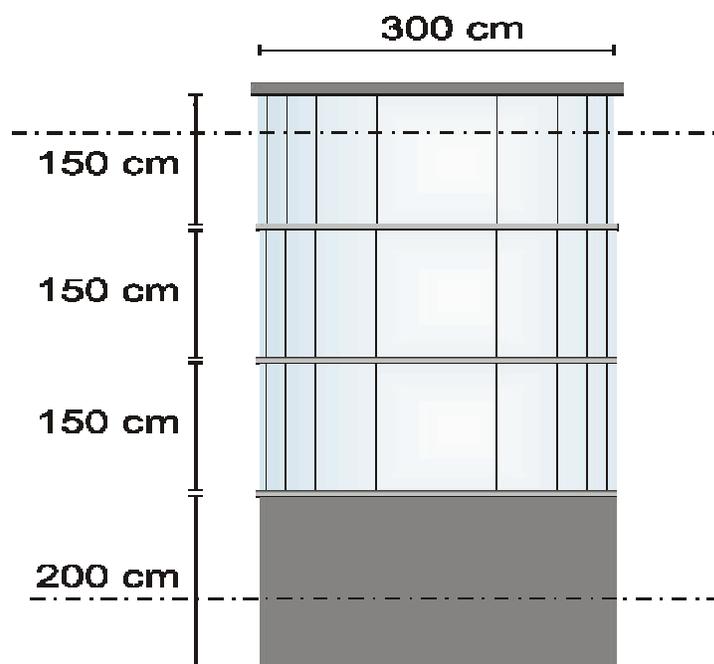


Fig.4: mesocosmo

Nel maggio 1996 è stata realizzata una collaborazione tra l'Università degli Studi di Milano-Bicocca e l'EAWAG, organo di ricerca della Svizzera,

per uno studio comparato sui sedimenti e sui frustoli di diatomee di piccoli laghi svizzeri e italiani, di cui l'Endine faceva parte. Nel luglio dello stesso anno venne realizzata un'altra ricerca sui sedimenti del Lago di Endine per una collaborazione tra l'Università di Milano-Bicocca ed il C.C.R. Euratom di Ispra. Per lo studio sono state prelevate 3 carote e 42 campioni prelevati con draga. Su ogni campione sono stati determinati: Al, Ca, Mg, Si, K, C organico, C tot, S org, S tot, S, Fe, Hg, P, Na, Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, Cr, N, Be, Sc, V, Co, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, In, Sn, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Fr, Tm, Yb, Lu, Hf, Tl, Bi, Th, U. Nel 1998 è stata condotta una ricerca sull'invasione del gambero americano e sulla stima della quantità degli individui presenti nell'Endine con il metodo della cattura e ricattura. Nello stesso anno il Prof. Valerio Vendegna del Dipartimento di Ingegneria Ambientale dell'Università di Pavia ha elaborato un modello matematico considerando la serie storica dei dati biologici raccolti sull'Endine. Il Dr. Gaetano Gentili, incaricato dall'Amministrazione Provinciale di Bergamo di compilare la Carta Ittica delle acque bergamasche, ha studiato l'ittiofauna del lago e le sue modificazioni a seguito del regredire del livello trofico.



Fig. 5: I cigni del Lago di Endine (Ariele Giovannelli 2002)

Periodicamente vengono promosse dal Comune di Spinone al Lago serate pubbliche su argomenti particolarmente interessanti per il lago, invitando a parlare esperti di alto livello: la Prof. Silvana Galassi, dell'Università dell'Insubria, ha parlato sui poli-cloruri-difenili (PCB) a seguito di un allarmistico articolo pubblicato sulla stampa locale riguardante il contenuto di tali composti nei pesci dei Laghi di Endine e Iseo. Il Prof. Valerio Vendegna dell'Università di Pavia ha illustrato il modello matematico che ha elaborato e Il Dr. Gaetano Gentili ha parlato della comunità ittica del lago. Oltre ai già citati sono stati effettuati molti altri interventi, tra cui i laureandi che spesso hanno esposto il loro lavoro di tesi sull'ambiente lacustre dell'Endine.

Condizioni trofiche pregresse del lago

Studi eseguiti sui pigmenti vegetali contenuti nei sedimenti lacustri hanno mostrato che le condizioni trofiche originarie dell'Endine erano quelle oligo-mesotrofiche (Guilizzoni *et al.*, 1982). La modesta profondità del lago e la natura calcarea del suo bacino imbrifero hanno contribuito a rendere questo ambiente estremamente suscettibile al fenomeno dell'eutrofizzazione. Lo studio compiuto nel 1973 dall'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza (Barbanti *et al.*, 1974) si concluse denunciando l'avanzato stato di eutrofizzazione delle acque del lago, condizione che sarebbe peggiorata col passare del tempo se non si fosse ricorsi al più presto ad interventi di risanamento



Fig. 6: Il taglio del canneto (Garib 1997).

Venivano perciò suggeriti alcuni interventi di prioritaria importanza tesi a recuperare, almeno parzialmente, il lago:

- la diversione degli scarichi urbani al di fuori del bacino imbrifero, con priorità per il paese di Endine Gaiano in quanto più popolato e geograficamente posto in testa al lago;
- il taglio delle macrofite di ripa e la loro asportazione al di fuori del bacino imbrifero.

Tali interventi furono considerati estremamente necessari per poter ridurre il carico di nutrienti, in particolare di fosforo. Questo nutriente

raggiungeva il lago soprattutto con gli scarichi urbani ed era imperativa la sua deviazione al più presto, in quanto il carico derivante da fonti diffuse (suolo sia incolto sia coltivato e le precipitazioni meteoriche), era sufficiente per mantenere il lago in una condizione di mesotrofia (Bonomo *et al.*, 1978). Come migliore, e unica, valida soluzione si propose la costruzione di un collettore circumlacuale per convogliare i reflui nell'emissario. In questo modo gli scarichi di circa 4300 residenti più altrettanti turisti in estate, potevano venir esclusi dalle acque del lago.

Dalla fine degli anni '70 a tutt'oggi viene praticato il taglio periodico delle macrofite di riva, in stagione tardo invernale (Fig. 6). Nei primi anni '80 iniziò la costruzione dell'anello circumlacuale per la diversione degli scarichi urbani inquinanti di cui un primo tratto, in riva destra, fu ultimato nel 1984. Solo alla fine degli anni '80 si è notato un segno di risposta positiva agli interventi di risanamento intrapresi. Infatti la costruzione del collettore fognario sulla riva occidentale e la legge sulla riformulazione dei detersivi, che ha imposto il contenuto in fosforo all'1% (art. 6 del 31/6/88), hanno fatto sì che nelle acque del lago di Endine si notasse un' evidente diminuzione della concentrazione di fosforo. Questo elemento è notoriamente il responsabile dei fenomeni di eutrofizzazione e, nel 1973, nelle acque del lago di Endine la media annua della concentrazione di fosforo totale era stata valutata in $56 \mu\text{gP l}^{-1}$; La concentrazione media nel 1984 aumentò sino a $62 \mu\text{gP l}^{-1}$ per tornare a $50 \mu\text{gP l}^{-1}$ nel 1985 e poi stabilizzarsi attorno a $31 \mu\text{gP l}^{-1}$ dal 1991 al 1993 (Garibaldi *et al.*, 1995). Nel 1986 a conclusione di uno studio biennale condotto della Sezione di Ecologia dell'Università degli Studi di Milano, per controllare gli eventuali cambiamenti delle condizioni trofiche del lago, a seguito della diversione di una parte dei carichi urbani, si giunse alle seguenti conclusioni: il lago si trovava ancora in un avanzato stato di eutrofia poichè, considerando i valori dei parametri fosforo totale, clorofilla e trasparenza, secondo la definizione delle categorie dell' OCSE (1981) (Organizzazione per la Cooperazione dello Sviluppo Economico), il lago era ancora da collocarsi nella categoria dei laghi eutrofi. Sulla base del tempo teorico di ricambio del lago, valutato in 0.27 anni, è

stato calcolato il carico permessibile di fosforo che può arrivare alle acque senza sollevare problemi di eutrofizzazione. Tale carico corrisponde a 0.38 g P m^{-2} ; per anno. Il solo carico derivante dalle fonti diffuse è stato valutato in 0.36 g P m^{-2} ; (Bonomo *et al.*, 1978), se a questo si somma il carico di 0.31 g P m^{-2} ; per anno, derivante da sorgenti puntiformi e 0.06 g P m^{-2} per anno, dovuto al contributo degli sfioratori di piena del collettore, il totale di 0.73 g P m^{-2} per anno, superando di gran lunga il carico di fosforo ammissibile, lasciava il lago ancora nella fascia dei laghi eutrofi.

Nel 1988-89, un altro studio biennale di controllo della trofia, condotto dalla sezione di Ecologia dell'Università di Milano, a seguito di una sperimentazione pilota di ossigenazione ipolimnica, concludeva che le condizioni del lago di Endine risultavano ancora in uno stato di elevata trofia. Infatti, considerando l'impostazione probabilistica dell'OCSE riguardo al parametro della trasparenza media annua il lago aveva il 50% di probabilità di trovarsi in condizioni di eutrofia, il 41% di probabilità di essere ipertrofo e il 9% di essere mesotrofo. Considerando il valore massimo della clorofilla, la probabilità passa al 54% per l'eutrofia, al 21% per l'ipertrofia e al 25% per la mesotrofia. Dal confronto con i dati pregressi non erano emersi particolari cambiamenti, se non una riduzione della concentrazione di fosforo che non aveva portato ad un evidente miglioramento nella trasparenza delle acque e che anzi, considerando la componente algale si era notata la comparsa di nuove specie algali tipiche di ambienti molto produttivi, il proliferare di classi quali le Dinoficee e il gruppo dei Cianobatteri, spesso presenti in acque di scarsa qualità (Garibaldi *et al.*, 1995). Finalmente una nuova indagine limnologica svolta dal Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio per l'anno 1996, su commissione della Amministrazione Provinciale di Bergamo, ha evidenziato la tendenza al miglioramento della qualità delle acque; infatti, secondo i modelli probabilistici dell'OCSE, considerando la media annuale di fosforo totale ($19 \mu\text{gP l}^{-1}$), il lago ha il 59% di probabilità di trovarsi in condizioni di mesotrofia e il 35% per quelle di oligotrofia.



Fig. 7 Le limpide acque del Lago di Endine (Garib 1999)

Risultò palese che il mancato miglioramento della qualità delle acque del lago, dipendeva dal fatto che buona parte delle fognature del paese di Endine Gaiano ancora non erano state allacciate al collettore. La posizione geografica del paese in testa al lago e l'elevato numero di abitanti, 3000 abitanti contro i circa 1000 degli altri 3 comuni rivieraschi, provocava il persistere dello stato eutrofo del lago. Inoltre, in quegli anni, l'Amm. Prov. di Bergamo, che continuava a scombinare la rete trofica del lago con semine di pesci arbitrarie e non supportate da studi scientifici qualificati, e la cattiva manutenzione del collettore circumlacuale e degli sfioratori di piena contribuivano a rallentare il recupero del lago. Solo a partire dalla metà degli anni '90 il lago iniziò l'atteso miglioramento dovuto sia al minor tenore di fosforo nei detersivi secondo la legge, sia per il collettamento di parte delle fogne di Endine Gaiano.

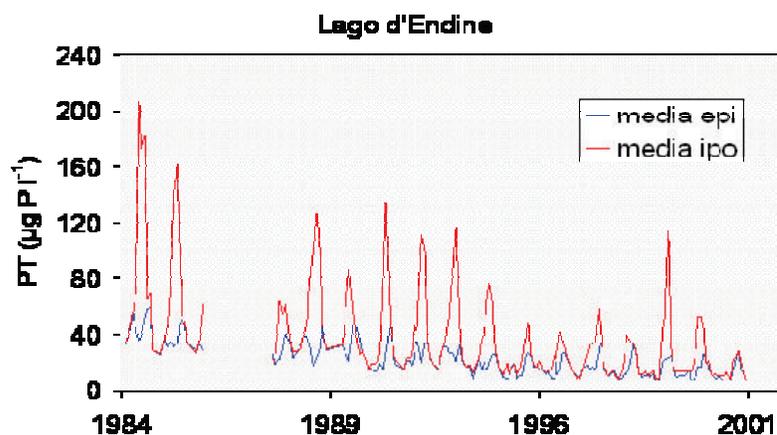


Fig. 8: Andamento della concentrazione del fosforo totale nel Lago di Endine

A conferma della riduzione del tenore di eutrofia, che si è manifestato a partire dall'anno 1994 in maniera evidente, si riscontra la prevalenza di azoto nitrico a scapito dell'azoto ammoniacale. Purtroppo la diminuzione della concentrazione di fosforo e il passaggio dell'azoto da forma ridotta a forma ossidata, non ha dato seguito ad un conseguente e sostanziale aumento della trasparenza, mantenendosi la media annua a 2.47 metri, valore che colloca il lago per il 52% nella classe dell'eutofia e per il 24% nella classe della mesotrofia. Per il parametro clorofilla vi sono due possibilità di valutazione, utilizzando il valore medio annuo o il valore massimo registrato nel corso dell'indagine annuale. La concentrazione media è stata di $8.7 \mu\text{g l}^{-1}$ e le categorie probabilistiche sono del 50% in mesotrofia e 42% in eutrofia. In base alla concentrazione massima di $14 \mu\text{g l}^{-1}$, il lago è da considerarsi per il 60% mesotrofo e per il 30% eutrofo. A partire dal 1994 si osserva un altro abbassamento della concentrazione media annua di fosforo totale che scende a valori di $25 \mu\text{gP l}^{-1}$ e si stabilizza su $19 \mu\text{gP l}^{-1}$ per gli anni 1995 e 1996. Un altro risultato confortante si ottiene considerando la concentrazione di fosforo sul fondo

durante il periodo estivo di stagnazione delle acque. Dal 1973 al 1991 si sono avuti valori che hanno superato i $300 \mu\text{gP l}^{-1}$, espressione di un notevole rilascio di tale nutriente da parte dei sedimenti che, trovandosi in condizioni riducenti, cedono all'acqua parte del loro contenuto in fosforo accumulato in svariati anni di condizioni di eutrofia. Nel periodo che intercorre tra il 1992 e il 1994 il carico interno si è dimezzato e poi, nei due anni successivi, la concentrazione di fosforo a contatto del sedimento si è stabilizzata su $70 - 80 \mu\text{gP l}^{-1}$. A tutt'oggi, se consideriamo la concentrazione media annua di fosforo totale per costruire le categorie probabilistiche dell'OCSE, il lago ha l' 11% di probabilità di trovarsi in condizioni di eutrofia, il 54% di probabilità per le condizioni di mesotrofia e il 35% per quelle di oligotrofia (Fig. 8). Mentre per i parametri chimici si osserva un netto miglioramento, i parametri che dipendono dal biota denotano ancora una situazione di stress; probabilmente a causa dello sbilanciamento esistente nella comunità ittica lo zooplancton subisce una eccessiva pressione predatoria che lo rende inefficace nel controllo del popolamento fitoplanctonico. Le alghe, senza il controllo dello zooplancton erbivoro, sono in grado di svilupparsi liberamente causando periodici cali di trasparenza.

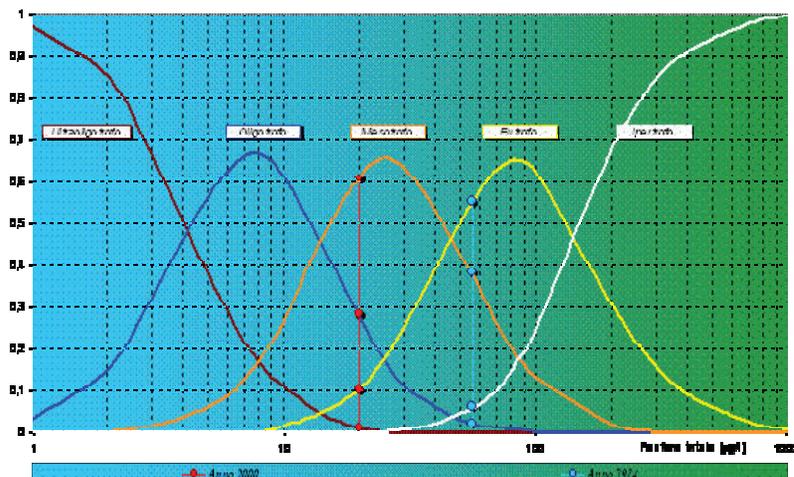


Fig. 9: le condizioni trofiche del Lago di Endine per il parametro fosforo totale secondo i criteri probabilistici dell'OCSE

Condizioni attuali del lago

Il lago è da considerarsi in condizioni prossime a quelle naturali, di meso-oligotrofia.

Infatti, se consideriamo le concentrazioni di fosforo totale, che è l'elemento capace di scatenare l'eutrofizzazione, secondo i criteri di valutazione dell'OCSE (1981) il lago, da condizioni di elevata eutrofia, nel 1994 è passato a condizioni di mesotrofia e lì si è stabilizzato

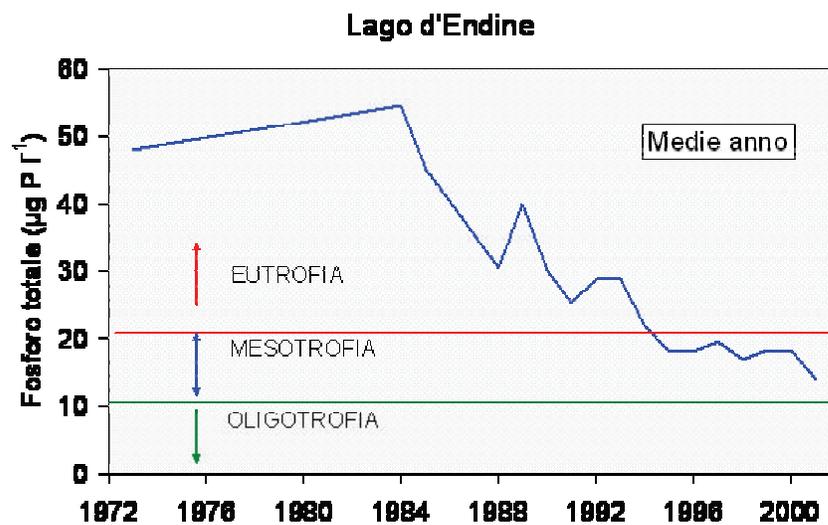


Fig. 10: Livello di trofia basato sui valori di fosforo totale medio annuo (OCSE, 1981).

Se consideriamo il lago secondo i criteri del D. Lgs 152/99, per quanto riguarda il fosforo totale massimo (fig.9), Il lago prima del 1994 è sempre stato in classe 5, che corrisponde alla valutazione di pessimo. Attualmente, anche se con andamento discontinuo, il lago ha raggiunto la classe 3, che corrisponde ad una valutazione che lo definisce sufficiente, quindi ora vi è la necessità e la speranza che questi mutamenti di trofia restino stabili nel tempo.

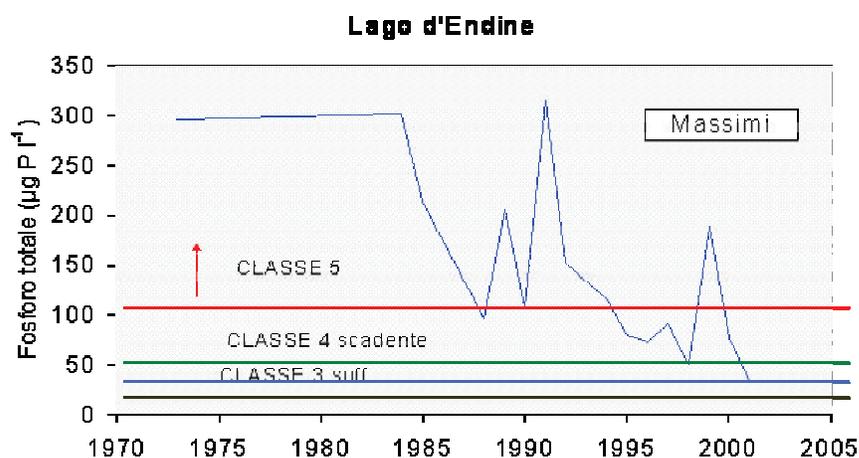


Fig. 11: Le condizioni del Lago di Endine secondo il D. Lgs. 152/99.

La diminuzione di fosforo e le modificazioni delle concentrazioni delle forme dell'azoto non hanno dato seguito, come ci si poteva aspettare, ad un conseguente e sostanziale aumento della trasparenza,

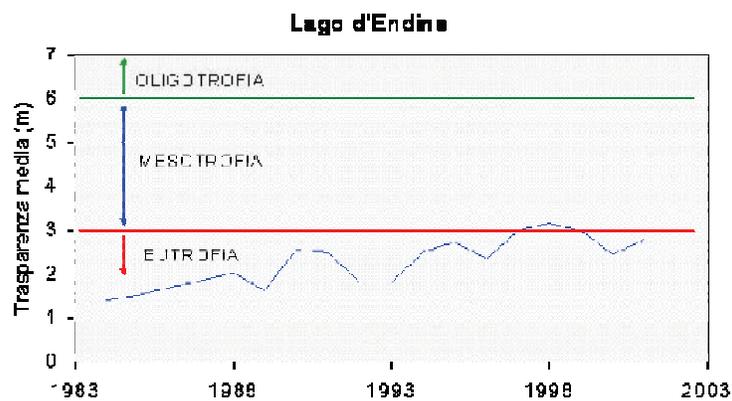


Fig. 12: Livello di trofia basato sui valori di trasparenza media annua (OCSE, 1981).

infatti la media annua di 2.78 metri riscontrata nel 2001, colloca il lago, secondo i criteri di valutazione dell'OCSE (1981) ancora nella zona dell'eutrofia (Fig. 10). Anche per il D. Lgs. 152/99, il lago va considerato di qualità scadente (Fig. 11), anche se va considerata la trasparenza minima riscontrata piuttosto che la trasparenza media annua.

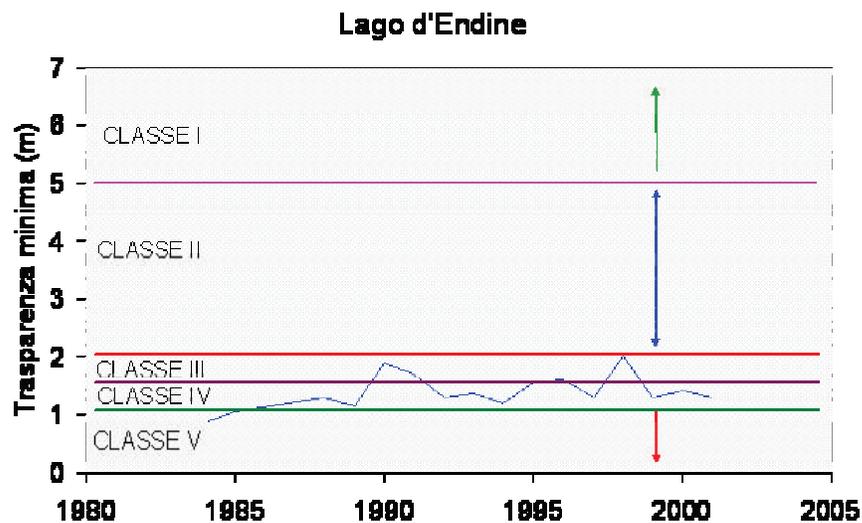


Fig. 13: Le condizioni del Lago di Endine secondo il D. Lgs. 152/99 per la trasparenza minima.

Per la clorofilla vi sono due possibilità; si può valutare la categoria trofica del lago utilizzando il valore medio annuo oppure la concentrazione massima registrata nell'anno. Nel primo caso la concentrazione di $8.7 \mu\text{g l}^{-1}$ fa ricadere il lago per il 50% nelle categoria dei laghi mesotrofi e per il 42% nei laghi eutrofi. Nel secondo caso, il lago è da considerarsi per il 60% mesotrofo, per il 30% eutrofo. Per quanto riguarda la concentrazione di ossigeno, purtroppo non si è riscontrato il minimo miglioramento per quanto riguarda la possibilità di balneazione nelle acque del lago come risulta dai dati rilevati dalle Agenzie Sanitarie Locali. Le cause primarie possono imputarsi ad immissioni a lago di scarichi fognari non ancora collegati all'anello circumlacuale e ciò è assolutamente grave dopo che l'anello circumlacuale è in funzione da quasi 20 anni. Soltanto all'eliminazione di tutte le fonti puntiformi di inquinamento potrà seguire il miglioramento della qualità delle acque del lago e, con il collettamento di ogni scarico fognario, la carica batterica potrà rientrare

entro i limiti che rendono il lago balneabile. Lo sfalcio del canneto che, da dicembre a febbraio, si è praticato dall'inizio degli anni '80 a tutt'oggi, dovrà essere continuato con regolarità annuale sia per sottrarre biomassa al lago che contenere l'avanzata del canneto stesso. Piuttosto che praticare semine ittiche con il pericolo di introduzione di specie che potrebbero compromettere ancor più gli equilibri della catena trofica, è bene proteggere le specie autoctone creando ambienti adeguatamente protetti che ne favoriscono la riproduzione, quali ad esempio la posa di "legnaie" per la deposizione delle uova del pesce persico o la costruzione di substrati artificiali per la fase di riproduzione dell'alborella (*Alburnus alburnus*, alborella De Filippi), consistenti in letti di ghiaia e mattoni forati (Negri, 1996). Si deve tendere al completo collettamento di ogni singolo scarico fognario e impedire che si immetta nel lago. prevedere che nei prossimi anni avranno un ruolo sempre più rilevante anche alcune delle specie non originarie; in particolare il lucioperca, o sandra, ed il siluro. L'unica specie migratrice presente nel lago è l'anguilla che, per il fatto di riprodursi in mare, dovrà periodicamente essere sostenuta attraverso ripopolamenti, mentre per quanto riguarda le altre specie la riproduzione naturale ed i miglioramenti ambientali consentiranno loro di raggiungere lo sviluppo che il lago consente. Inoltre il perfetto funzionamento del collettore circumlacuale deve essere periodicamente controllato in quanto il solo carico in fosforo proveniente da fonti diffuse (0.36 gP m^{-2} per anno) e quello degli sfioratori (0.06 gP m^{-2} per anno) eguagliano il carico permissibile di 0.38 gP m^{-2} per anno "che può arrivare a lago senza che si comprometta la qualità dell'acqua (Bonomo *et al.*, 1978)". Ad un anno di distanza e, dai dati risultanti dal controllo del 1997, non si può che confermare e raccomandare quanto sopra.

I pesci del Lago di Endine (Dr. Gaetano Gentili, GRAIA Srl)

Durante il 1999 i pesci del Lago d'Endine sono stati sottoposti ad un accurato studio, con l'obiettivo generale di valutare lo stato di salute dell'intera comunità ittica e, più nel dettaglio, di monitorare l'andamento delle specie di maggior interesse naturalistico ed anche della pesca sportiva.

Tale studio è stato eseguito nell'ambito della redazione nuova Carta delle Vocazioni Ittiche, promossa dalla Provincia di Bergamo, dalla Società GRAIA di Varese, specializzata in studi e ricerche sugli ambienti acquatici, coadiuvata dall'Agente Tullio Cortinovi, del Corpo di Polizia Provinciale, profondo conoscitore del lago e dei suoi pesci. Le indagini hanno costituito anche tesi di laurea per Manuela Bartolini, laureatasi in Scienze Biologiche all'Università di Milano, che si è occupata del persico e del lucioperca e per Monica Corsi laureatasi in Scienze Ambientali all'Università di Milano Bicocca, che ha trattato la scardola e la sua alimentazione.

La raccolta dei dati è stata effettuata campionando i pesci sia con reti, nelle zone profonde e centrali, che tramite elettroscandore (strumento che genera corrente elettrica appositamente predisposto per la cattura dei pesci), nelle aree litorali a canneto. Nel complesso sono state effettuate sette pesche, distribuite dalla primavera all'autunno, che hanno portato alla cattura di più di 2000 pesci, distribuiti in un totale di 16 specie e 6 famiglie, come risulta nel grafico seguente (Fig.5). Questi risultati hanno consentito di ricostruire il quadro attuale dello stato della comunità ittica del Lago d'Endine. La specie di gran lunga più abbondante è la scardola, che, essendo particolarmente resistente all'inquinamento, ha tratto vantaggio rispetto alle altre specie ittiche della situazione di eutrofizzazione in cui il lago versava negli scorsi anni. Buona è stata valutata anche l'abbondanza del pesce persico, del luccio, della tinca e dell'anguilla, mentre meno numerosi, rispetto alle attese, sono stati il triotto e la carpa; quest'ultima, di non facile cattura, è peraltro presente con esemplari di

grossa taglia, anche superiore ai 20 kg. Tra le specie non originarie del lago, ma che sono ormai stabilmente presenti da molti anni, si segnala una discreta presenza del persico trota e del persico sole.

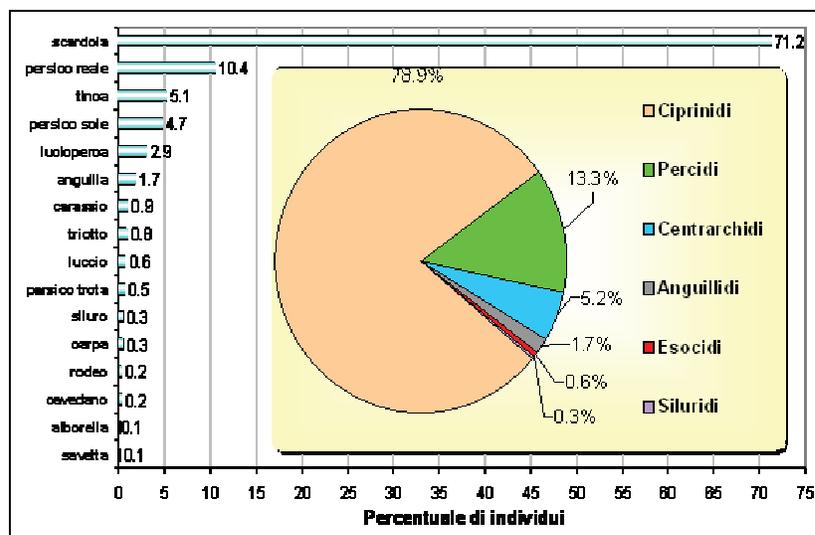


Fig. 14. Composizione del campione di pesci complessivamente catturati

A proposito di pesci "forestieri" le indagini effettuate hanno rilevato la comparsa di alcune nuove specie fino a poco tempo fa estranee alla fauna ittica del lago; tra esse spicca per l'espansione numerica che sta subendo il lucioperca, un predatore che arriva da Oltralpe e si è ben acclimatato nel Lago d'Endine, riproducendosi e accrescendosi con una velocità notevole: supera i 30 cm di lunghezza al termine del primo anno di vita e i 40 al secondo. Sono inoltre stati catturati il temibile siluro, l'infestante carassio e il piccolo rodeo amaro, per ora con un ridotto numero di esemplari, che però potrebbero aumentare mettendo a rischio l'equilibrio della comunità ittica originaria del lago. Altra "nota dolente" è la situazione dell'alborella, ormai ridotta a presenza sporadica, anche se si spera che il miglioramento della qualità delle acque del lago possa portare giovamento a questo piccolo Ciprinide.

Per il futuro si ritiene che il costante processo di miglioramento della qualità delle acque possa consentire ad alcune specie pregiate di aumentare ulteriormente la loro consistenza, soprattutto se aiutate da interventi adeguati sui loro habitat riproduttivi; quali le legnaie per il persico e la manutenzione del canneto per il luccio.

Curiosità

Molti sono gli uccelli acquatici che vivono sulle acque del Lago di Endine e che nidificano nei canneti che lo circondano, tra questi vi sono molte coppie di cigni, discendenti da una prima coppia che fu donata dal Sig. Benedetti del Parco delle Cornelle al Sindaco di Spinone Giulio Zinetti nel 1987. In inverno, quando il ghiaccio copre la superficie del lago, i cigni che potrebbero trovarsi in difficoltà per la ricerca del cibo e per il volo, vengono accolti dai Sig. ri Rita e Candido Leoni nei recinti presso il Bar Miralago di Spinone, nutriti e accuditi. Nei primi giorni di marzo, il Comune di Spinone al Lago organizza la festa di Pre-primavera durante la quale i cigni vengono liberati e tornano sulle acque del lago. Alla festa vengono invitate le scuole materne dei paesi rivieraschi e di alcuni paesi vicini, le scuole elementari dei paesi lacustri e molte personalità. Alla fine dello spettacolo, bello e suggestivo, tutti a mangiare pane e salame.....



Foto di Ariele Giovannelli 2002



Foto di Ariele Giovannelli 2002

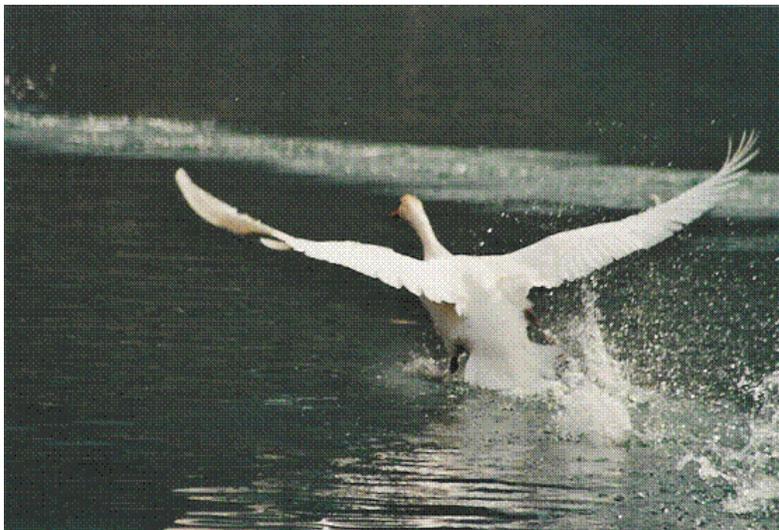


Foto di Ariele Giovannelli 2002

Nel 2000 è stata dedicata al Lago di Endine, da un consigliere comunale di Spinone al Lago, una torta rifacimento di un'antica ricetta, il classico "Ciambellone della nonna". Far sciogliere 150 grammi di burro a bagnomaria, aggiungere 150 grammi di zucchero e tre uova intere, lavorare l'impasto per un poco, indi aggiungere 4 etti di farina e una bustina di lievito per dolci. Se si vuole, un poco di rum e scorza di limone grattugiata. Dopo aver ben amalgamato il tutto, aggiungere un etto di uvetta sultanina e un etto di lacrime di cioccolato. Versare l'impasto in uno stampo a ciambella dopo averlo unto con burro e spolverato con pangrattato. Far cuocere per poco più di un'ora, in forno a 180°C. Togliere dallo stampo quando il dolce è ancora tiepido e guarnire con pinoli. Si può anche guarnire con una glassa di cioccolato fondente. Servire con vino Moscato di Scanzo.



Foto Garib 2000

Titoli delle Tesi di Laurea svolte sul Lago di Endine



Gianni Borgonovo (Scienze Biologiche) Il Lago d'Endine: indagine limnologica su ambiente eutrofizzato (1984-1985).
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Ettorina Zucca (Scienze Biologiche) Il Lago d'Endine: studio dei nutrienti in un ambiente eutrofizzato negli anni 1984-1985.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Rossella Fraquelli (Scienze Biologiche) Principali caratteristiche idrochimiche del Lago d'Endine negli anni 1985-1986.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Emanuela Wille (Scienze Biologiche) Il fitoplancton di un ambiente eutrofizzato: il Lago d'Endine (A.A. 1985/1986).
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Giulio Pellegrin (Scienze Biologiche) Ciclo annuale dei sali nutritivi nel Lago d'Endine negli anni 1985-1986.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Pietro Genoni (Scienze Biologiche) Il popolamento fitoplanctonico del Lago d'Endine dal settembre 1988 al settembre 1989
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Aldo Melzi (Scienze Biologiche) Indagine limnologica sul Lago d'Endine dal maggio 1988 all'aprile 1989
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Alessandra Movilia (Scienze Biologiche) Il Lago di Endine: determinazione in ambiente confinato della richiesta di ossigeno delle acque (1988).
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Gabriella Facchini (Scienze Biologiche) Esperienze di ossigenazione per il recupero del Lago di Endine. (1988)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Luisa Arruzzolo (Scienze Biologiche) Il Lago d'Endine: ciclo annuale dei nutrienti (1989)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Guido Cecchi (Scienze Biologiche) Popolamento fitoplanctonico del Lago d'Endine nel 1991
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Aldo Melzi (Scienze Naturali) Studio di un ecosistema lacustre eutrofo: il Lago d'Endine. Dinamica dei nutrienti e del fitoplancton (1990).
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Elisabetta Demetteis

Angela Scaburri (Scienze Biologiche) Indagini limnologiche sulle acque del Lago d'Endine nell'anno 1991. (Anioni e cationi)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Elisabetta Cappanera (Scienze Biologiche) Caratteristiche chimico-fisiche del Lago d'Endine nell'anno 1991.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Aldo Zullini

Daniela Corbetta (Scienze Biologiche) Studio del livello trofico del Lago d'Endine nell'anno 1991. (Nutrienti algali)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Annalisa Bertolo (Scienze Biologiche) Studio del popolamento fitoplanctonico del Lago d'Endine nel 1992
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Roberto Marchetti

Mara Zanella (Scienze Biologiche) Il popolamento fitoplanctonico del Lago d'Endine nell'anno 1994.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Valeria Mezzanotte

Carla Zinetti (Scienze Biologiche) Indagine limnologica sul Lago di Endine nell'anno 1994.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Aldo Zullini

Francesca Turcatti (Scienze Biologiche) Il Lago d'Endine: indagine limnologica nell'anno 1995.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Valeria Mezzanotte

Anna Rosa Suno (Scienze Biologiche) Bacino di Spinone (Lago d'Endine)
Studio del livello trofico. (maggio 1994-aprile 1995)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Aldo Zullini

Paola Parenti (Scienze Biologiche) Studio del livello trofico del Lago di
Endine nell'anno 1992.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Aldo Zullini

Paolo Rimoldi (Scienze Biologiche) Indagine limnologica sul Lago di
Endine dal febbraio 1993 al dicembre 1993.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Silvana Galassi

Anna Maria Deluca (Scienze Biologiche) Anno 1992: la situazione
chimico-fisica del Lago di Endine.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Ettore Tibaldi

Bea Merckx (Thesis for the specialisation course in environmental
sanitation)
Investigation of eutrophication phenomena in Lake Endine (1994/1995)
Supervisor: N. De Pauw, Tutor: A. Rozzi
Co-tutor: Valeria Mezzanotte e Letizia Garibaldi

Daniela Canibus (Scienze Biologiche) Il Lago d'Endine: indagine
limnologica nell'anno 1995.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Valeria Mezzanotte

Laura Clementi (Scienze Biologiche) 1996: verifica delle condizioni
trofiche del Lago d'Endine.
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Valeria Mezzanotte

Cristina Tura (Scienze Ambientali) Dinamiche della comunità zooplanctonica del Lago d'Endine in relazione al fenomeno dell'eutrofizzazione. (A.A.1996/1997)

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Anna Occhipinti

Katia Tieghi (Scienze Biologiche) Parassiti in ciprinidi prelevati da laghi a differente stato di trofia (Endine, Segrino, Montorfano) (A.A. 1996/1997).

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Paolo Galli

Barbara Zinetti (Scienze Biologiche) 1997: verifica delle condizioni trofiche del Lago di Endine. Analisi chimiche e fisiche.

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Simona Bertoglio

Cristiano Alaimo (Scienze Biologiche) Il popolamento fitoplanctonico del Lago di Endine nell'anno 1997.

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Valeria Mezzanotte

Mauro Pala (Scienze Ambientali) Il Lago d'Endine e il suo bacino imbrifero: sue caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche nel 1998

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatori: Andrea Zanchi e Giuseppe Crichigno

Roberta Calin (Scienze Biologiche) Studio della comunità fitoplanctonica del Lago d'Endine nel 1998

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Simona Bertoglio

Sergio Vergani (Scienze Biologiche) Migrazione riproduttiva, popolazione e sforzo riproduttivo del rospo comune (Bufo bufo) presso il Lago d'Endine (Val Cavallina-BG) negli anni 1993/97.

Relatore: Giovanni Vailati, Correlatore: Giovanni Giovine

Elena Spinelli (Scienze Biologiche) Studio della comunità fitoplanctonica del Lago d'Endine nel 1998
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Simona Bertoglio

Vera Persico (Scienze Naturali) Evoluzione trofica del Lago d'Endine tramite lo studio della dinamica della comunità zooplanctonica (aprile 1998-marzo 1999)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Barbara Leoni

Chiara Bonomo (Scienze Biologiche) Evoluzione trofica del Lago d'Endine: ipotesi di controllo mediante biomanipolazione (A. A. 1998-1999)
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatori: Valerio Vendegna e Valeria Mezzanotte

Sergio Festa (Scienze Biologiche) Il bacino del Lago di Endine e le caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche del Torrente Cherio (1994-1999). Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Sara Villa

Laura Bussoli (Scienze Ambientali) Il Lago d'Endine e il suo bacino imbrifero: caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche nel 2000
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Giuseppe Crichigno

Tiziana Grazioli (Scienze Biologiche) Struttura e dinamica della comunità zooplanctonica del Lago d'Endine nel corso dell'anno 2000
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Francesca Lombardi

Paola Orciari (Scienze Biologiche) Studio della comunità fitoplanctonica del Lago d'Endine nel 1999
Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Morena Spreafico

Manuela Bartolini (Scienze Biologiche) Biologia ed ecologia di due percidi del Lago d'Endine. (*Perca fluviatilis* e *Stizostedion lucioperca*). (1999/2000)

Relatore: Mario Cotta Ramusino, Correlatori: Gaetano Gentili e Letizia Garibaldi

Monica Corsi (Scienze Ambientali) Ruolo trofico di *Scardinius erythrophthalmus* nel Lago d'Endine (1999/2000)

Relatore: Letizia Garibaldi, Correlatore: Gaetano Gentili

Cristina Pomoni (Scienze Biologiche) Studio della comunità fitoplanctonica del Lago di Endine nel 2000.

Relatore: Letizia Garibaldi

Correlatore: Lucrezia Flaugnatti

BIBLIOGRAFIA



San Pietro in Vincoli, Spinone al Lago (Garib 2000)

APHA, AWWA, PCF. 1971. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Amer. Publ. Health Ass. Washngton 1268 pp.

Barbanti L., C.Bonacina, A.Calderoni, A.Carollo, R.De Bernardi, P.Guilizzoni, A.M.Nocentini, D.Ruggiu, C.Saraceni e L.Tonolli, 1974. Indagini ecologiche sul Lago di Endine. *Edizioni dell'Istituto italiano di Idrobiologia*, Verbania Pallanza: 304 pp.

Bonomo L., F.Rege-Gianas, 1977. Studio di fattibilità "Risanamento del Lago d'Endine e del fiume Cherio", Milano, 241 pp.

Bonomo L., G.Bozzini e A.Calderoni, 1978. Alternativa tra collettore circumlacuale e impianti autonomi per il risanamento del Lago d'Endine. *Ingegneria Ambientale*, 7, 705-716

Bonomo, L., A.Paoletti, V.Mezzanotte e R.Polo, 1990. Controllo del livello di trofia del lago d'Endine mediante studi ed impianti pilota di sperimentazione. Studio sulla gestione del sistema di diversione e sul sifonamento delle acque ipolimniche. Provincia di Bergamo, 221 pp.

Carlson, R., 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol.Oceanogr.*, 22, 361-369.

Dillon, P. and F.Rigler,1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *J.Fish.Res.Bd.Can.*, 31, 731-738

Garibaldi, L., A.Varallo, P.Genoni, V.Mezzanotte and L.Bonomo, 1993. Lake Endine: trophic state as related to recovery interventions. *Proc. 5th Int.Conf. on the conservation and management of lakes*. Stresa, 17-21 maggio 1993, 100-103

Garibaldi,L., V.Mezzanotte e A.Varallo, 1995. Evoluzione dello stato trofico del lago d'Endine dagli anni '70 ad oggi. *Acqua Aria*, 6:653-658.

Garibaldi,L. e A.Varallo, 1996. Lago di Endine. Indagine limnologica. Anno 1996 Rapporto per l' Amministrazione Provinciale di Bergamo. 234 pp.

Guilizzoni, P., G.Bonomi, G.Galanti and D.Ruggiu, 1982. Basic trophic status and recent development of some Italian lakes as revealed by planct pigments and other chemical compound in sediment core.*Mem.*

Ist. ital. Idrobiol., 40:79-98.

Guilizzoni, P., G.Galanti, G.Bonomi and D.Ruggiu, 1983. Relationship between sedimentary pigments and primary production: evidence from core analysis of twelve Italian lakes. *Hydrobiologia*, 103:103-106.

IRSA-CNR, 1980. Indagine sulla qualità delle acque lacustri italiane. *Quaderni IRSA*, n.43, 377 pp.

Lombardia Risorse, 1985. Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Lombardia. Milano, 277 pp.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.

Mezzanotte V., M.Arcadipane, L.Faniuob and R.Siviero, 1993. Pro capite contribution to phosphorus load. *Proc. 5th Int.Conf. on the conservation and management of lakes*, Stresa, 17-21 maggio 1993, 381-384

Mosello R., L. Garibaldi, A.Pugnetti and A.Varallo 1986. An update of the trophic conditions of Lake Endine in the context of the on-going recovery project. *Mem.Ist.ital.Idrobiol.*,44, 203-222.

OECD (1981): Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Parigi, 150 pp.

Peters, R.H. and J.A.Downing, 1984. Empirical analysis of zooplankton filtering and feeding rates. *Limnol.Oceanogr.*, 29, 763-784

Provini, A. and G.Premazzi, 1985. Il ruolo dei carichi interni. *Atti Congresso Internazionale "Inquinamento e Recupero dei Laghi"*, EWPCA-ANDIS, Roma, 15-18 Aprile 1985, 71-82

Rodier, J. 1984. L'analys de l'eau. Dunot, Orleans. 1365 pp.

U.S.Environmental Protection Agency, 1974. The relationships of P and N to the trophic state of Northesat and North-Central lakes and reservoirs. National Eutrophication Survey.

Valderrama,J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*,10:109-122.

H.Sas (Editor),1989. Lake Restoration by Reduction of Nutrient loading. Expectations, Experiences, Extrapolations. Academia-Verlag Richarz. 497 pp.