

Gestione del bestiame in alpeggio nella Val di Tovel, dinamica del flusso dei nutrienti verso il lago e arrossamento delle acque

Basilio BORGHI*, Flavio CORRADINI, Giorgio De ROS & Walter VENTURA

Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Via E. Mach 1, I-38010 San Michele all'Adige (TN)

*E-mail dell'Autore per la corrispondenza: basilio.borghi@iasma.it

RIASSUNTO - *Gestione del bestiame in alpeggio nella Val di Tovel, dinamica del flusso dei nutrienti verso il lago e arrossamento delle acque* - Si è ricostruita la storia dell'allevamento del bestiame nella Val di Tovel a partire dalle testimonianze fornite da pastori, allevatori e guardie forestali che nel passato avevano lungamente operato in valle. Si sono così ottenute informazioni sulla composizione quali-quantitativa degli animali presenti a monte del lago nelle diverse epoche a partire dagli anni Trenta dello scorso secolo. Si sono poi calcolati i quantitativi di deiezioni prodotte e si sono indagati i possibili deflussi dei nutrienti dalle zone dove il bestiame soggiornava verso il lago. Considerato che nel Lago di Tovel l'elemento fosforo costituisce, fra i nutrienti, il fattore limitante lo sviluppo algale, lo studio ha previsto anche una fase sperimentale per verificare la mobilità e l'evoluzione chimica del fosforo rilasciato dagli animali in funzione delle condizioni ambientali e pedologiche e dei tempi di percorrenza delle acque meteoriche nel bacino a monte del lago. Sulla base degli elementi raccolti e delle risultanze emerse dagli studi condotti in parallelo da altri gruppi sul bilancio idrodinamico del bacino di Tovel, si è individuata la dinamica di evoluzione delle diverse forme di fosforo e si sono stimati i quantitativi aggiuntivi, conseguenti alla presenza del bestiame in valle, che pervenivano al lago negli anni dell'arrossamento. Nel corso degli ultimi sessant'anni il carico globale di animali presenti sul territorio è andato incontro a una modesta riduzione quantitativa, mentre si sono riscontrate significative variazioni nella tipologia degli animali alpeggiati e nelle modalità di gestione. Negli anni in cui si avevano le fioriture algali, un gruppo significativo di animali (vacche in lattazione) si alimentava sui pascoli e rientrava per lunghi periodi (sino a 12 ore al giorno) in due grandi stalle presso le quali si concentravano grosse quantità di deiezioni; le deiezioni venivano in parte smaltite sui prati prossimi alle malghe, in parte scaricate direttamente nei corsi d'acqua che, dopo un percorso sotterraneo, raggiungevano il lago nella Baia Rossa o nelle zone immediatamente adiacenti. Dalla metà degli anni '60 del secolo scorso le vacche da latte alpeggiate nelle malghe sono state gradualmente sostituite da animali giovani che rimanevano permanentemente dispersi sui pascoli anche nelle ore notturne. Una volta stimate le quantità di deiezioni prodotte nelle malghe, si sono indagate le possibilità e modalità di deflusso verso il lago, con le acque di percolazione e di ruscellamento, dei nutrienti contenuti, in particolare azoto e fosforo, che sono quelli fondamentali per innescare e sostenere fioriture algali. Per quanto riguarda l'azoto, le analisi degli ultimi decenni hanno sempre evidenziato concentrazioni più che sufficienti a garantire un discreto livello di trofia, necessario a sostenere eventuali fioriture algali (400-500 $\mu\text{g l}^{-1}$, come N-NO₃). Più interessante risulta il ruolo del fosforo, attualmente presente in bassissime concentrazioni nelle acque del lago. Si è stimato che attraverso le sorgenti presenti nella Baia Rossa sino a poco oltre la metà del secolo scorso potesse pervenire al lago durante i mesi estivi un carico aggiuntivo di fosforo, attribuibile alle deiezioni del bestiame nelle malghe, non inferiore a una quindicina di chilogrammi, un quantitativo ininfluenza sulle potenzialità trofiche e più in generale sulla qualità delle acque se diluito e disperso nell'intero lago, ma sufficiente a innescare le fioriture algali della Baia Rossa se lì concentrato. Concentrazioni significativamente più elevate di nutrienti (in particolare di quello limitante), anche temporanee e localizzate, non estese quindi necessariamente a tutto il lago, erano, presumibilmente, un fattore essenziale per la manifestazione del fenomeno dell'arrossamento. Nel caso di Tovel gli apporti di nutrienti capaci di garantire un sufficiente aumento di concentrazione nelle acque possono essere ragionevolmente attribuiti al carico di bestiame che soggiornava nel periodo estivo a monte del lago. In definitiva, i dati raccolti evidenziano una precisa relazione tra modalità di gestione degli animali all'alpeggio e comparsa/scomparsa delle fioriture algali, come ipotizzato da Dodge nel 1970.

SUMMARY - *Livestock management in Tovel Valley, dynamics of algal nutrients toward the lake and lake reddening* - Changes in agricultural practices in the Tovel Valley during the last decades have been investigated through interviews of local shepherds, breeders and foresters who worked in the area. Information was acquired particularly on the number and type of animals kept in the lake area for summer grazing since the 1930-1940 period. On this basis, the

amount of solid and liquid manure produced during the grazing season was calculated and possible nutrient flow towards the lake studied. Since phosphorus is the limiting nutrient for phytoplankton in Lake Tovel water, experiments were carried out in order to verify the mobility and chemical trend of this element in the environmental, soil and hydrodynamic conditions of the Tovel Lake basin. The dynamics of different phosphorus forms as well as additional quantities of P due to the presence of livestock were calculated on the basis of the hydrological balance study. While in the last sixty years the number of animals utilising pastures for summer grazing in Tovel Valley decreased only slightly, major changes occurred in the type of livestock using the pastures and how they were managed. Until the mid 60s dairy cows represented the main type of livestock grazing in the area. Management was characterised by long stays (up to 12 hours per day) in two big mountain barns where significant amounts of manure were concentrated. Part of the dung was spread on the meadows around the barns, while the other part was washed out of the barns into streams feeding the Red Bay (Baia Rossa). After the mid 60s use of the mountain pastures by dairy cows were progressively replaced by heifers and young herds. These animals, differently from cows, usually stay outside even during the night, thus avoiding manure buildup in the barns. After having appraised the amount of manure produced by the animals, nutrients flow towards the lake, particularly nitrogen and phosphorus, was investigated. With regards to nitrogen, in the last decades concentrations in lake water were always sufficient to sustain eventual algal blooms (400-500 $\mu\text{g l}^{-1}$, as N-NO_3). More interesting is the role of phosphorus, the limiting nutrient in the lake, actually present in very low concentration in Lake Tovel water. According to our estimates, until the mid 60s the phosphorus input due to animals kept in the shelters during summer was not less than about fifteen kilos. This amount cannot be considered enough to affect the lake's trophic potential, if diluted in the whole lake, but is sufficient to induce algal blooms in the Red Bay if it is concentrated in this smaller basin. Higher phosphorus concentrations, even if occasional and area limited, i.e. not involving the whole lake, had to be an essential factor for the reddening phenomenon. In the case of Tovel, an input of nutrients sufficient to vary their concentration in lake waters can be attributed to the animals kept in summer in the surrounding pastures. In conclusion, the data obtained in this study show a relationship between animal husbandry management of the pastures in the lake's basin, as done until the mid 60s, and the algal blooms, as hypothesised by Dodge.

Parole chiave: Lago di Tovel, Trentino, arrossamento lacustre, bestiame in alpeggio

Key words: Lake Tovel, Trentino, lake reddening, grazing livestock

1. INTRODUZIONE

Il Lago di Tovel, situato in territorio trentino nella parte settentrionale delle Dolomiti di Brenta, rappresenta una delle maggiori attrazioni naturalistiche del Parco Naturale Adamello Brenta. La fama conquistata da questo piccolo lago a livello internazionale nella metà del secolo scorso era associata al fenomeno dell'arrossamento delle sue acque che si verificava nelle ore centrali della giornata nel periodo più caldo della stagione estiva come conseguenza della fioritura di un'alga unicellulare, il '*Glenodinium sanguineum*' March.

Le prime notizie sull'arrossamento del Lago di Tovel risalgono al 1864 (Freshfield 1875). Il lago era noto già dal 1500, ma i cartografi dell'epoca non riportano alcuna descrizione del fenomeno. Una approfondita analisi dei documenti archivistici presenti in Trentino, condotta nell'ambito del progetto SALTO a opera del Dipartimento di Scienze Filologiche e Storiche dell'Università di Trento (Franceschini 2006) non ha consentito di rilevare documentazione scritta sul fenomeno dell'arrossamento precedente a quella lasciataci dall'esploratore inglese Freshfield. Nel 1964 si verificò l'ultimo forte arrossamento; negli anni seguenti si rilevarono nel 1965 e 1967 cenni di arrossamento; qualche speranza suscitò nel 1977 e nel

1978 la ricomparsa in forma attenuata del fenomeno; successivamente si ebbero solo lievi segnali di arrossamento nel 1982 e nel 1983.

Le cause del mancato arrossamento non sono mai state chiarite e hanno costituito talvolta fonte di aspre polemiche non adeguatamente supportate da dati scientifici oggettivi. Tomasi (1989) elencò tredici ipotesi formulate nel corso degli anni, tendenti comunque tutte a porre al centro dell'attenzione l'uomo, quale responsabile dell'alterazione di un ecosistema unico nel suo genere. In particolare, Vittori (1969 e 1972) individuò nei residui della combustione di petrolio e nell'immissione di detersivi nel lago provenienti dalle abitazioni circostanti le cause della scomparsa della fioritura. Queste considerazioni indussero la Giunta Provinciale del tempo a far costruire un complesso impianto di depurazione delle acque reflue che però non risultò risolutivo ai fini dell'arrossamento.

Il primo ricercatore che avanzò l'ipotesi di una precisa relazione tra presenza di animali a monte del lago e il fenomeno dell'arrossamento fu l'idrobiologo inglese John Dodge, che effettuò una visita in Trentino nel 1968 e pubblicò nel 1970 i risultati della sua ricerca. Si citano i passi salienti del suo lavoro: "l'analisi delle acque condotta nel luglio 1968 indica che il livello di azoto e fosforo è inferiore alla soglia di rile-

vabilità degli strumenti di misura [...] normalmente è la disponibilità di questi nutrienti che limita la crescita delle alghe [...]. Parecchie cose possono essere successe [...] parassiti che colpiscono il *Glenodinium* [...] inquinanti (es.: insetticidi) [...] riduzione dei nutrienti dovuti a cambiamenti nell'uso dei terreni soprastanti il lago". Dodge nella sua pubblicazione suggerì anche di approfondire le indagini per verificare eventuali cambiamenti nell'uso del territorio attorno o sopra il lago.

Nell'ambito del progetto SALTO, accogliendo il suggerimento di Dodge, ci si è proposti di ricostruire la storia dell'allevamento del bestiame nella Val di Tovel a partire dalle testimonianze fornite da pastori, allevatori e guardie forestali che nel passato avevano lungamente operato in valle. Sulla base delle informazioni raccolte, si è ricostruita la composizione quali-quantitativa degli animali di allevamento presenti a monte del lago nelle diverse epoche a partire dagli anni Trenta dello scorso secolo. Si sono poi calcolati i quantitativi di deiezioni prodotte e si sono indagati i possibili deflussi dei nutrienti dalle zone dove il bestiame soggiornava verso il lago. Stabilito che l'elemento fosforo costituisce, fra i nutrienti, il fattore limitante le fioriture algali (Corradini *et al.* 2001), lo studio ha previsto anche una fase sperimentale per valutare la mobilità e l'evoluzione chimica del fosforo rilasciato dagli animali in funzione delle condizioni ambientali e pedologiche e dei tempi di percorrenza delle acque meteoriche nel bacino a monte del lago.

Sulla base degli elementi raccolti e delle risultanze emerse dagli studi condotti in parallelo da altri gruppi sul bilancio idrodinamico del bacino di Tovel (Borsato & Ferretti 2006; Ferretti & Borsato 2006), si è individuata la dinamica di evoluzione delle diverse forme di fosforo e si sono stimati i quantitativi aggiuntivi, conseguenti alla presenza del bestiame in valle, che pervenivano al lago negli anni dell'arrossamento.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Ricostruzione delle pratiche di alpeggio nella Val di Tovel

Le fonti documentali riguardanti l'utilizzo dei pascoli, in particolare i registri di carico e scarico delle malghe, depositati presso l'Ispettorato Forestale di Cles, sono conservati solamente a partire dagli anni '70. Per ricostruire le pratiche di alpeggio vigenti in Val di Tovel si è reso quindi necessario ricorrere a fonti orali. In un primo momento sono stati individuati i testimoni diretti (pastori, gestori di malga e altri) delle modalità di gestione degli alpeggi e dei cambiamenti intervenuti a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso. La fase immediatamente successiva ha previsto l'organizzazione di una serie di incontri (Tab. 1) per raccogliere e verificare le informazioni. I partecipanti, a dispetto di un'età in genere avanzata, hanno dimostrato notevole lucidità e sicurezza nelle

Tab. 1 - Calendario degli incontri avuti per ricostruire le modifiche nelle pratiche zootecniche negli alpeggi soprastanti il Lago di Tovel.

Tab. 1 - Meetings held with shepherds, breeders and foresters who worked in Lake Tovel's basin.

Data	Partecipanti	Ruolo
18 maggio 2001	Silvio Grandi	Gestore Malga Tuena (dal 1950)
	Luigi Menapace	Ex presidente del comitato di gestione Malga Tuena
	Tullio Tolotti	Pastore in Val di Tovel (dal 1935 ca)
	Silvano Valentini	Presidente del comitato di gestione Malga Tuena
21 agosto 2001	Pietro Dalla Torre	Presidente del comitato di gestione Malga Flavona
8 aprile 2003	Giovanni Dalpiaz	Gestore Malga Flavona (1965-1980)
	Silvio Grandi	Gestore Malga Tuena (dal 1950)
	Luigi Menapace	Ex presidente del comitato di gestione Malga Tuena
	Tullio Tolotti	Pastore in Val di Tovel (dal 1935 ca)
	Domenico Tretter	Custode forestale in Val di Tovel (1946-1974)
10 dicembre 2003	Silvano Valentini	Presidente del comitato di gestione Malga Tuena
	Giovanni Dalpiaz	Gestore Malga Flavona (1965-1980)
	Silvio Grandi	Gestore Malga Tuena (dal 1950)
	Luigi Menapace	Ex presidente del comitato di gestione Malga Tuena
	Tullio Tolotti	Pastore in Val di Tovel (dal 1935 ca)
	Domenico Tretter	Custode forestale in Val di Tovel (1946-1974)
	Silvano Valentini	Presidente del comitato di gestione Malga Tuena

ricostruzioni. Non sono state indagate le modalità di gestione del bosco, approfondite da un altro gruppo di lavoro sempre nell'ambito del progetto (Urbinati *et al.* 2006). Le denominazioni delle località, così come forniteci dai partecipanti agli incontri, non sempre coincidevano con quelle della toponomastica ufficiale, ma hanno potuto essere a questa facilmente ricondotte per la similitudine della terminologia utilizzata.

Le informazioni così raccolte hanno trovato positivi riscontri nelle monografie della valle e dintorni (Leonardi 1938; Leonardi 1955), in sopralluoghi nelle zone di pascolamento, nelle strutture adibite a ricovero degli animali e nello studio dell'evoluzione della superficie a pascolo desunta dall'analisi della cartografia locale (Urbinati *et al.* 2006).

2.2. *Evoluzione del fosforo presente nelle deiezioni animali*

Si è effettuato in laboratorio uno studio per valutare l'evoluzione dei composti del fosforo presenti nelle deiezioni animali, simulando le condizioni che si verificano negli acquiferi della valle in cui venivano scaricati i reflui delle malghe. Un campione rappresentativo di deiezioni bovine (nel rapporto 3:2 fra componenti solida e liquida) è stato diluito con acqua del rio di Malga Flavona nel rapporto 1/1000 e è stato mantenuto per due mesi al buio, a 5-6 gradi centigradi a contatto con detrito limo-sabbioso (di natura carbonatica) prelevato dall'alveo del torrente, provvedendo giornalmente ad agitare la sospensione. A intervalli settimanali ne è stata determinata la concentrazione del fosforo solubile (maglia del filtro 0,45 µm), rispettivamente in forma inorganica, organica e totale. Tutta la sequenza è stata condotta in doppio e le analisi chimiche, comprese quelle per la caratterizzazione iniziale delle deiezioni, sono state eseguite utilizzando metodiche standard (IRSA-CNR 1994).

3. RISULTATI

3.1. *Storia recente dell'uso del suolo desunta dalla tradizione orale*

Dalle informazioni raccolte è stato possibile ricavare un quadro delle presenze di uomini e animali in valle a partire dai primi decenni del secolo scorso e ricostruire le modalità di gestione dei reflui zootecnici.

3.1.1. *La presenza di bovini*

3.1.1.1. *Animali lasciati a stabulazione libera*

In valle sino al 1956 erano presenti animali giovani (manzolame) che si muovevano liberamente senza un luogo di pernottamento stabile. Erano suddivisi in due gruppi. Il primo, costituito da 80-90 animali del peso

medio di 250 kg, partiva dal paese di Tuenno all'inizio di giugno e soggiornava in località Seghe (a valle del lago) per 15 giorni e poi proseguiva lungo il versante occidentale della valle salendo verso la roccia Plazo e poi a Pratosil. Questo gruppo di animali, che soggiornava prevalentemente a valle del lago, non appare rilevante ai fini della nostra indagine. Un secondo gruppo, anch'esso costituito da 80-90 animali del peso medio di 250 kg, soggiornava nella prima metà di giugno in un'area sottostante il lago, successivamente risaliva la valle e dal primo al venti luglio stazionava sul Doss del Lach (di fronte all'albergo Miralago) dove esisteva una zona pascoliva di circa mezzo ettaro. Di giorno gli animali pascolavano e ruminavano in prossimità del lago per rientrare al Doss del Lach alla sera. L'area di pascolamento aveva un raggio di 3-4 km e arrivava sino a Poza delle Stele. Nella zona viene segnalata una forte presenza di moscerini, una elevata umidità e la tendenza delle deiezioni degli animali ad ammuffire col tempo anziché solidificare. Verosimilmente, parte delle deiezioni poteva arrivare al lago a seguito di piogge intense (run-off superficiale). La mandria proseguiva poi verso Malga Flavona e soggiornava per due settimane (circa dal 15 al 30 luglio) al Pian delle Fontanelle. Il luogo di pernottamento abituale era situato in una depressione soggetta ad allagamenti in caso di maltempo. La mandria proseguiva infine verso Campi de la Dena dove rimaneva sino alla fine di agosto. Da tale data iniziava il percorso discendente che si concludeva verso metà settembre. In totale la mandria rimaneva in valle per circa cento giorni.

A partire dal 1955 la mandria non è più stata inviata in valle, in quanto si era identificato un pascolo migliore in un'altra vallata. Il pascolo attorno al lago è sempre stato considerato scarso e poco appetito dal bestiame. Inoltre, già a metà del secolo scorso il pascolamento nei dintorni del lago risultava ostacolato dall'avanzamento del bosco.

3.1.1.2. *Animali dislocati in malga*

Malga Tuena

La malga fu progettata nel 1852 e inizialmente ospitava 60 vacche per 90 giorni. È probabile che a partire dall'inizio del '900 venissero monticati un centinaio di animali. Nel periodo dal 1947 al 1964 erano presenti 80-90 vacche da latte del peso medio di 400-500 kg.

Gli animali rimanevano in stalla dalle 12.00 alle 17.00 e dalle 21.30 alle 6.30. La pulizia della stalla veniva fatta due volte al giorno utilizzando circa 40 hl d'acqua presenti nell'abbeveratoio, che venivano scaricati nelle fosse di raccolta delle deiezioni. Esisteva un complesso sistema di canalizzazioni (in parte ancor oggi visibile) che consentiva di praticare la fertirrigazione nei prati immediatamente sottostanti la malga e anche in un altro pascolo oggi completamente degra-

dato, localizzato oltre un piccolo crinale verso la parte alta della valle, crinale che veniva superato con una canalizzazione sospesa. Negli ultimi decenni non si è più attuata la distribuzione sul pascolo delle deiezioni. Le deiezioni prodotte in stalla venivano scaricate nel sottostante ripido canalone ancor oggi ricoperto da una densa flora nitrofila e poi sparivano in un inghiottitoio posto a valle della stalla.

Nel 1964 o nel 1965 le vacche furono trasferite in un'altra valle, alla Malga Culmei posta alle pendici del Monte Peller. L'identificazione dell'anno in cui avvenne il trasferimento risulta cruciale, in quanto è proprio a partire dalla metà degli anni Sessanta che l'arrossamento delle acque cessò. Non è stato possibile reperire documentazione scritta sull'evento, ma la prova che l'abbeveratoio di Malga Culmei venne costruito nel 1963 è documentata grazie alla consuetudine di incidere sui manufatti l'anno di costruzione (Fig. 1). Questo è l'unico riferimento certo riguardante il trasferimento della mandria che stazionava a Malga Tuena, fatto che può essere avvenuto quindi tra il 1964 e il 1965.

Dopo il trasferimento degli animali da latte e sino al 1985 la malga ospitò solamente bestiame in asciutta. La scelta era dettata dalle difficoltà di accesso e dalla carenza d'acqua. In questo periodo il bestiame, costi-



Fig. 1 - L'abbeveratoio di Malga Culmei con incisa la data di costruzione (1963).

Fig. 1 - Drinking fountain of Culmei mountain barn with the building year (1963).

tuito da 120 capi del peso medio di 350 kg, rimaneva all'aperto sul pascolo e rientrava in malga solamente ogni due giorni per abbeverarsi.

Nel 1972, o forse qualche anno più tardi, venne costruita una presa d'acqua dal nevaio Pestaciuna e si posizionarono alcuni abbeveratoi in punti diversi del pascolo.

I malgari intervistati ricordano che per uno o due anni, a metà degli anni '70, a seguito di una controversia con il comune proprietario della Malga Culmei, il bestiame da latte venne riportato alla Tuena. Risolta la controversia si ritornò alla Culmei.

A partire dal 1986 si ricominciò ad alpeggiare vacche da latte (40 capi del peso medio di 600 kg) e 30 manze del peso medio 350 kg. Gli animali in lattazione rimanevano in stalla solamente durante il periodo notturno. Il lavaggio della stalla veniva effettuato una sola volta al giorno utilizzando volumi d'acqua superiori rispetto al passato (60 hl) senza più distribuire le deiezioni sul pascolo.

Dal 2003, a seguito dell'acquisto di un carro di mungitura mobile, le bestie rimangono al pascolo anche durante la notte e quindi la stalla viene utilizzata solo saltuariamente come ricovero per animali ammalati.

Malga Flavona

L'area potenziale del pascolo, in base al catasto di Tueno, è di 2650 ha, di cui sono attualmente pascolati 320 ha.

Nel 1880 venne costruita una strada che arrivava sino in prossimità della malga, finalizzata al trasporto a valle del legname destinato a produrre traversine per la ferrovia del Brennero.

La stalla è stata ristrutturata nel 1954 e si è costruito un ricovero per i pastori e per la lavorazione del latte. Negli anni '50-60 del secolo scorso la malga ospitava 80 vacche e 150 animali giovani del peso medio di 300 kg, lasciati liberi nei pascoli situati a quote di 2000-2300 m s.l.m. Nelle parti più alte pascolavano 700-800 pecore che arrivavano dalla Val di Non risalendo dal Laverdino o da Molveno, senza quindi percorrere la Val di Tovel.

In passato si alpeggiavano le manze a partire da fine giugno per 80 giorni. Attualmente il periodo di pascolamento arriva a circa 100 giorni. Gli animali venivano trasportati con trattori sin dove possibile e poi salivano a Pozzoi, dove rimanevano per 25 giorni. A partire dal 15 luglio e sino al 5-10 settembre il manzolame rimaneva libero a una quota di 2000-2300 m. Le vacche da latte salivano direttamente in malga circa una settimana dopo il manzolame.

Sino al 1994 la malga ha ospitato vacche da latte, che tuttavia sono diminuite per i cambiamenti avvenuti nell'agricoltura di valle (frutticoltura al posto della zootecnia). Sino al 1987 vi erano mediamente 70-80 vacche. Si effettuavano due mungiture: alle 3 di mattina e alle 15. Le vacche uscivano dalla stalla verso le

8 per rientrare alle 12; uscivano nuovamente dopo la mungitura e rientravano al tramonto. La stalla veniva ripulita due volte al giorno con abbondante quantità d'acqua. A partire dal 1972 il lavaggio venne effettuato solamente alla sera utilizzando 40-50 hl d'acqua. Dagli anni '30 al 1955 si praticava la fertirrigazione dei pascoli. Sino al 1981 vi erano anche 30 maiali alimentati con siero-crusca e mais.

Attualmente la malga ospita solamente bestiame giovane che dorme all'aperto. Le vacche vengono alpeggiate in una malga al Passo del Tonale.

Malga Dena

È dislocata tra Malga Tuena e Malga Flavona. Molto utilizzata a partire dalla metà dell'Ottocento, con un massimo di 60 capi adulti per 40 giorni. Oggi ospita 20 manze del peso di 400 kg per 40 giorni, che pernottano all'aperto nelle zone di pascolamento.

3.1.2. *La presenza di pecore*

Le greggi arrivavano a piedi dalla pianura, salivano dal Monte Peller e raggiungevano il bacino di Tovel attorno al 15 di maggio, per rimanervi sino a fine ottobre stazionando a quote superiori ai duemila metri. Non è stato possibile avere una stima accurata del numero di capi, verosimilmente compreso tra 700 e 1000. Il massimo della presenza si è verificato negli anni dal 1940 al 1960, con un picco attorno al 1945. A partire dagli anni '60 si è avuta una rapida diminuzione dei capi, sino alla loro scomparsa alla fine degli anni '70.

3.1.3. *La presenza di maiali*

Nelle malghe dove si caseificava venivano allevati maiali che utilizzavano il siero del latte residuo dalla produzione dei formaggi. A Malga Flavona erano presenti per tutta la stagione 25-30 maiali del peso iniziale di 20-30 kg, che a fine stagione raggiungevano i 60 kg. Anche a Malga Tuena ci è stata segnalata la presenza di un numero ridotto di maiali.

3.1.4. *La presenza di persone*

La presenza umana in valle è sempre stata limitata e concentrata prevalentemente nel periodo estivo. Si può ritenere che, a parte la presenza occasionale di turisti, mediamente nel secolo scorso fossero presenti in valle per tutta la stagione estiva non più di una sessantina di persone che operavano nel settore zootecnico o forestale.

3.2. *Gli apporti potenziali di nutrienti al lago*

Una volta definito il quadro della presenza degli animali nella valle, si è affrontato il problema di stimare il ruolo ai fini dell'afflusso di nutrienti al lago.

Nel valutare il ruolo del bestiame presente in valle si sono distinte due situazioni:

- a) *animali liberi al pascolo*. Si ritiene che non svolgano un ruolo significativo nel bilancio dei nutrienti che arrivano al lago in quanto gli animali si alimentano con piante spontanee presenti nei pascoli e rilasciano le deiezioni sugli stessi terreni in cui avviene il pascolamento, senza sostanziale allontanamento di nutrienti. Rientrano in questa categoria le pecore, i bovini giovani, le vacche in asciutta e gli animali selvatici.
- b) *animali in stabulazione nelle stalle di malga*. Possono contribuire significativamente all'arricchimento di nutrienti nel lago, in quanto durante il giorno acquisiscono il nutrimento sul territorio da loro esplorato e rilasciano una quantità significativa delle loro deiezioni nei punti di pernottamento – le stalle delle malghe Flavona e Tuena in particolare –, agendo in questo modo da “concentratori” dei nutrienti. L'impatto dipende dalle operazioni di pulizia delle stalle, effettuata mediante lavaggio con acqua: le deiezioni venivano in parte distribuite sui pascoli a valle delle malghe o scaricate direttamente nei corsi d'acqua che alimentano il lago (si veda a questo proposito l'articolo di Franceschini (2006), in questo volume).

La presenza di altri animali, maiali e pollame, e di persone ha sempre rappresentato, in termini quantitativi rispetto ai bovini, una frazione ponderale inferiore all'1% e non è stata quindi inclusa nel calcolo delle deiezioni prodotte in valle.

Sulla base della letteratura disponibile si può quantificare la produzione giornaliera di deiezioni in 26 kg di parte solida e 18 kg di liquida per le vacche e in 13 kg di solido e 9 kg di liquido per le manze (Schneiter 1948; Navarotti *et al.* 1993). Il contenuto di nutrienti delle deiezioni è stato desunto mediando i valori reperiti in letteratura (Schneiter 1948; Rosenberger 1993): azoto 5 g kg⁻¹ di deiezioni, anidride fosforica 1 g kg⁻¹ (pari a 0,44 g kg⁻¹ di fosforo - P), ossido di potassio 4 g kg⁻¹. Le deiezioni accumulate, tenendo presente i tempi di permanenza in stalla, sono state stimate pari al 50% delle deiezioni giornalmente prodotte da ciascun animale.

Nelle tabelle 2 e 3 sono riportate le stime delle quantità di deiezioni solide e liquide prodotte in Val di Tovel rispettivamente nei periodi 1947-1965 e 1965-2003. Dai valori sopra riportati si sono quindi calcolati i contenuti di elementi nutritivi nelle deiezioni rilasciate nelle stalle delle malghe Tuena e Flavona. La tabella 4 mette in evidenza che nelle malghe a monte del lago sino al 1955 si accumulavano annualmente oltre 150 kg di P, quantità ridottasi a circa 130 kg sino al 1964 e che ha subito una ulteriore significativa contrazione, a meno di 60 kg, a partire dal 1965, per poi dimezzarsi ulteriormente dopo il 1986 e annullarsi del

Tab. 2 - Stima delle quantità di deiezioni solide e liquide prodotte annualmente dagli animali che pascolavano a monte del Lago di Tovel nel periodo 1947-1964.

Tab. 2 - Estimate of solid and liquid manure produced yearly by animals grazing in Lake Tovel's basin (1947-1964).

Località	Animali				Deiezioni (kg)				
	Capi (n°)	Tipologia	Peso (kg)	gg	Tipo	In stalla	Al pascolo	Totale	
Attorno al lago ⁽¹⁾	80	manze	250	70	solide	39.130	39.130	78.260	
					liquide	27.090	27.090	54.180	
Malga Tuena	80	vacche	500	90	solide	93.600	93.600	187.200	
					liquide	64.800	64.800	129.600	
Malga Flavona	80	vacche	500	80	solide	83.200	83.200	166.400	
					liquide	57.600	57.600	115.200	
Sopra Malga Flavona	150	manze	300	80	solide		156.000	156.000	
					liquide		108.000	108.000	
					totale	solide	215.930	371.930	587.860
					totale	liquide	149.490	257.490	406.980

⁽¹⁾ Il pascolamento è cessato dopo il 1955. Le deiezioni prodotte nel luogo di stazionamento durante la notte sono state assimilate a quelle prodotte in stalla.

Tab. 3 - Stima delle quantità di deiezioni solide e liquide prodotte annualmente dagli animali che pascolavano a monte del Lago di Tovel nel periodo 1965-2003.

Tab. 3 - Estimate of solid and liquid manure produced yearly by animals grazing in Lake Tovel's basin (1965-2003).

Località	Animali				Deiezioni (kg)			
	Capi (n°)	Tipologia	Peso (kg)	gg	Tipo	In stalla	Al pascolo	Totale
Malga Tuena dal 1965 al 1985	120	manze	300	90	solide		140.400	140.400
					liquide		97.200	97.200
Malga Tuena dal 1986 al 2002	40	vacche	600	90	solide	46.800	46.800	93.600
					liquide	32.400	32.400	64.800
Malga Tuena dal 2003	30	manze	300	90	solide		35.100	35.100
					liquide		24.300	24.300
Malga Flavona sino al 1987	70	vacche	600	80	solide	72.800	72.800	145.600
					liquide	50.400	50.400	100.800
Malga Flavona dal 1987	150	manze	300	100	solide		195.000	195.000
					liquide		135.000	135.000

tutto a partire dal 2003, quando si è data piena attuazione alle normative riguardanti lo smaltimento delle deiezioni animali.

3.3. Afflusso dei nutrienti al lago

Una volta stimate le quantità di deiezioni prodotte nelle malghe, si sono indagate le possibilità e modalità di deflusso verso il lago dei nutrienti in esse contenuti e con esse scaricati nelle acque superficiali, in particolare azoto e fosforo che sono i nutrienti fondamentali per innescare e sostenere fioriture algali.

Per quanto riguarda l'azoto, molto mobile in am-

biente naturale quando presente nella sua forma di massima ossidazione, quella nitrica, le analisi degli ultimi decenni, ad arrossamenti cessati, sia sulle acque del lago che in quelle a esso afferenti, superficiali o di sorgente, hanno sempre evidenziato una buona disponibilità dell'elemento (400-500 $\mu\text{g l}^{-1}$ come N-NO_3) (Corradini & Boscaini 2006, Borsato *et al.* 2006). Si tratta di concentrazioni più che sufficienti a garantire a tutt'oggi un discreto livello di trofia, necessario per eventuali fioriture algali. In passato un maggiore carico di azoto sui terreni della valle ha sicuramente comportato afflussi al lago dell'elemento più consistenti di quelli odierni, considerata la sua buona mobilità. A

Tab. 4 - Evoluzione dei quantitativi di deiezioni prodotte a monte del Lago di Tovel in diverse epoche e contenuto in elementi nutritivi delle deiezioni rilasciate nelle stalle delle malghe Tuena e Flavona.

Tab. 4 - *Quantity of manure produced by animals kept in pastures in Lake Tovel's basin in different periods and nutrients content of manure produced in Tuena and Flavona mountain barns.*

Epoca	Deiezioni (kg)			Elementi nutritivi (kg)		
	Totale	In stalla	Al pascolo	N	P	K ₂ O
Sino al 1955	994.840	365.420	629.420	1827	163	1462
Dal 1956 al 1964	862.400	299.200	563.200	1496	133	1197
Dal 1965 al 1985	814.900	123.200	612.500	616	59	493
Dal 1986 al 2002	548.500	79.200	469.300	396	35	317
Dal 2003	468.000	0	468.600	0	0	0

Note

- dal 1955 non viene più caricata la mandria che soggiornava attorno al lago;
- dal 1964 al 1985 alla Malga Tuena si interrompe l'alpeggio delle vacche da latte, sostituite da manze che non stabulano in Malga, con l'eccezione di uno-due anni a metà degli anni '70;
- dal 1985 ritornano le vacche da latte alla Malga Tuena, ma dal 1988 non si alpeggiano più le vacche da latte alla Malga Flavona;
- dal 2003 le vacche da latte della Malga Tuena rimangono sul pascolo senza rientrare mai in stalla;
- a partire dagli anni '80 le vacche permangono in stalla per periodi sempre più brevi, per cui le stime dei nutrienti accumulati in stalla dopo tale periodo risultano probabilmente sovrastimate.

fronte degli attuali contenuti di azoto ancora piuttosto alti, è pertanto difficile ipotizzare per tale elemento in connessione ad una sua diminuzione un ruolo determinante nella sparizione dell'arrossamento.

Maggiore attenzione è stata invece dedicata al fosforo, cioè all'elemento individuato come fattore limitante per i fenomeni di eutrofizzazione nel Lago di Tovel (Corradini *et al.* 2001).

In particolare, ci si è concentrati sul fosforo presente nelle deiezioni che venivano trasportate a valle dai corsi d'acqua dopo il lavaggio delle stalle, in quanto le quantità dell'elemento rilasciate dagli animali al pascolo e quelle delle deiezioni prodotte in stalla ma distribuite sui pascoli con la fertirrigazione sono caratterizzate da una scarsa mobilità, accentuata nel caso del bacino di Tovel dalla natura carbonatica del substrato geo-litologico. Non si può tuttavia escludere che una loro frazione sia in grado di arrivare al lago dalle zone a esso limitrofe, a seguito di ruscellamento superficiale in occasione di forti perturbazioni.

Con riguardo invece al fosforo immesso nelle acque correnti e veicolato verso il lago, presupponendo che anche di questa frazione una parte venisse immobilizzata durante il percorso, si è cercato di valutare quale percentuale dell'elemento riuscisse a mantenersi in forma solubile e quindi completamente mobile. A tale scopo è stata monitorata in laboratorio l'evoluzione delle forme solubili del P in un campione di deiezioni bovine mantenuto in condizioni simili a quelle presenti in valle, vale a dire forte diluizione iniziale, un periodo di permanenza nel sottosuolo di qualche settimana a basse temperature e in un ambien-

te tamponato dal substrato carbonatico. Nel campione utilizzato (umidità= 91,6%; N_{tot} = 3,14 g kg⁻¹; P_{tot} = 0,38 g kg⁻¹; dati sul campione tal quale), poi diluito 1000 volte, il fosforo risultava inizialmente presente per circa metà in forma particellata (52 %), insolubile, per l'altra metà in forme solubili, con il 38% sotto forma minerale (ortofosfati) e il 10% sotto forma organica. L'esperimento ha messo in evidenza come, malgrado una intensa e prevedibile insolubilizzazione iniziale della forma minerale, dovuta soprattutto alla bassa solubilità dello ione ortofosfato in ambiente carbonatico, riesca comunque a mantenersi sempre in soluzione una quantità dell'elemento, prevalentemente sotto forma di composti organici, mediamente dell'ordine del 10-15% del contenuto originario (Tab. 5), frutto probabilmente anche di un parziale e continuo turnover da una forma all'altra.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le informazioni da noi raccolte hanno confermato che a monte del Lago di Tovel nei mesi estivi stazionavano animali che rilasciavano sul territorio consistenti quantitativi di deiezioni solide e liquide. Nel corso dell'ultimo secolo il carico globale del bestiame complessivamente monticato ha subito una limitata riduzione quantitativa, mentre è variata significativamente la tipologia di animali presenti. Sono scomparsi i greggi di pecore e i maiali tenuti nei pressi delle malghe dove si lavorava il latte, è aumentato il numero di animali giovani lasciati permanentemente

Tab. 5 - Evoluzione del fosforo solubile nelle deiezioni bovine (vedi testo per le modalità sperimentali). Dati in $\mu\text{g l}^{-1}$ e in % sul contenuto totale dell'elemento. P_PO4: forme inorganiche solubili; P_org: forme organiche solubili; P_tot_s: contenuto totale in forma solubile. A₁₀₀₀-detrito: campione diluito 1:1000 in presenza di detrito torrentizio (50%); A₁₀₀₀: campione diluito 1:1000. *Dati rilevati prima del contatto con il detrito torrentizio.

Tab. 5 - Trend of soluble phosphorus in cattle waste (see text for experimental design). Data as $\mu\text{g l}^{-1}$ and as % of total element. P_PO4: mineral soluble forms; P_org: organic soluble forms; P_tot_s: total soluble concentration. A₁₀₀₀-detrito: 1:1000 diluted sample in contact with stream detritus (50%); A₁₀₀₀: 1:1000 diluted sample. *Data detected before contact with stream detritus.

	data 2004	P_PO4 $\mu\text{g l}^{-1}$	P_org $\mu\text{g l}^{-1}$	P_tot_s $\mu\text{g l}^{-1}$	P_PO4 %	P_org %	P_tot_s %
A ₁₀₀₀ - detrito	6-Aug	141*	37*	178*	38*	10*	48*
	16-Aug	16	33	49	4	9	13
Contenuto totale di P = 369 $\mu\text{g l}^{-1}$	26-Aug	5	17	22	1	5	6
	3-Sep	4	21	25	1	6	7
	10-Sep	39	22	61	11	6	17
	20-Sep	42	17	59	11	5	16
	1-Oct	28	10	38	8	3	10
A ₁₀₀₀	6-Aug	140	40	180	36	10	46
	16-Aug	61	47	108	16	12	28
Contenuto totale di P = 388 $\mu\text{g l}^{-1}$	26-Aug	97	34	130	25	9	34
	3-Sep	152	40	192	39	10	49
	10-Sep	165	39	204	43	10	53
	20-Sep	168	35	203	43	9	52
	1-Oct	144	30	174	37	8	45

all'aperto, è diminuito il numero di vacche da latte rientranti in malga la sera per la mungitura, parzialmente compensato dall'aumento del peso unitario. Soprattutto, a partire dagli anni '60, è andata via via diminuendo la percentuale di bovini con stabulazione notturna in malga.

Gli animali liberi di muoversi sul territorio, che si nutrono della vegetazione presente in loco e disperdono con le deiezioni sullo stesso territorio la maggior parte delle sostanze ingerite, non appaiono in grado di influenzare la dinamica degli afflussi di nutrienti al lago. Diverso è l'impatto rappresentato dagli animali che rientrano giornalmente in stalla dove rilasciano una quota significativa di quanto assunto con il pascolamento, quota che in gran parte viene, o meglio, veniva scaricata direttamente con i liquami nei corsi d'acqua superficiali gravitanti sul lago. A questi animali viene poi fornita una integrazione alimentare (in passato limitati quantitativi di fieno e più recentemente mangimi concentrati) che rappresenta in ogni caso un apporto, anche se modesto, di nutrienti esogeni nel bacino di Tovel.

È noto peraltro da tempo, e gli studi recenti sul bilancio idrogeologico del bacino di Tovel lo hanno confermato (Ferretti & Borsato 2006), che gli acquiferi superficiali che transitano in prossimità delle malghe Flavona e Tuena, a suo tempo recettori dei liquami delle

stesse, dopo percorsi superficiali e sotterranei sfociano nella Baia Rossa. Se si sovrappone la figura a colori pubblicata dal Largaiolli nel 1907 con quella dove sono posizionate le sorgenti che alimentano il lago (Fig. 2) risulta evidente che le zone di colore rosso si trovano in corrispondenza delle sorgenti sotterranee alimentate da acque transitate in prossimità delle due malghe, mentre sul lato sud-est della Baia Rossa, dove sono presenti sorgenti che raccolgono acque provenienti da bacini non interessati dall'attività zootecnica, Largaiolli non segnalò la presenza di alghe rosse.

Con tali premesse si è provato a valutare l'effetto del fosforo scaricato nei corsi d'acqua dalle malghe con le deiezioni sulla sua concentrazione nelle acque del lago, in relazione alla possibilità di innescare e sostenere fioriture algali. A questo scopo, si sono utilizzati parametri disponibili in letteratura o acquisiti nel corso del progetto SALTO, riassunti in tabella 6.

La frazione dell'elemento che nelle nostre simulazioni in laboratorio sulle deiezioni diluite è rimasta in soluzione per settimane si aggira sul 10-15%. Si può ragionevolmente ritenere che anche nell'ambiente vallivo una percentuale equivalente di P raggiungesse il lago, trasportata dalle acque in forma solubile. È altresì presumibile che la componente minerale (P-PO₄) si insolubilizzasse rapidamente durante il percorso e che quella particellata venisse invece bloccata per effetto

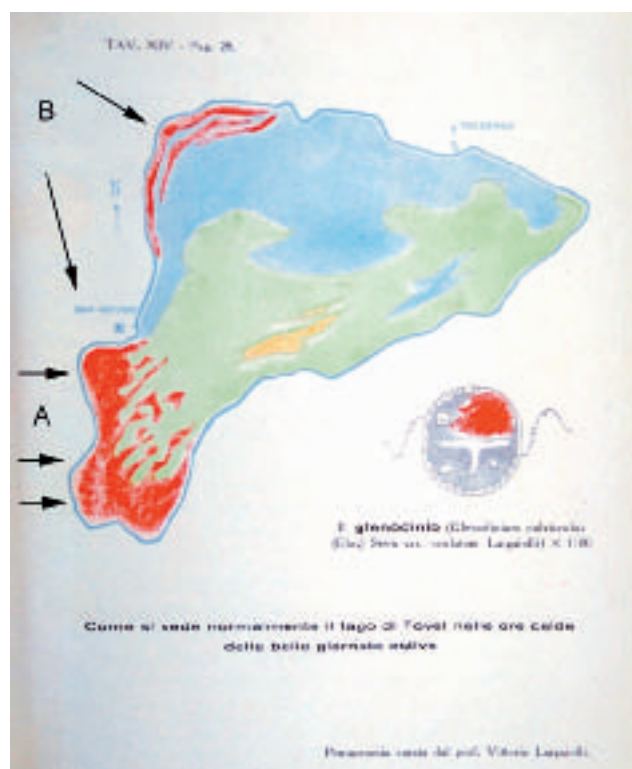


Fig. 2 - Aree del lago interessate agli arrossamenti, come descritte da Largaiolli (1907), e dislocazione dei possibili afflussi al lago degli effluenti delle malghe Flavona (A) e Tuena (B) (Borsato & Ferretti 2006).

Fig. 2 - Lake areas interested by the reddening, as showed by Largaiolli (1907), and distribution of possible inlets to the lake of effluents from the Flavona (A) and Tuena (B) mountain barns (Borsato & Ferretti 2006).

filtrante del materasso limo-sabbioso dell'acquifero sotterraneo a monte del lago, salvo pensare una sua continua ma debole e lenta cessione a seguito di pro-

cessi di mineralizzazione. In valori assoluti risulterebbe così che all'epoca storica caratterizzata dal maggior accumulo di fosforo, vale a dire sino alla fine degli anni Cinquanta del secolo scorso, si sarebbe riversata nelle acque del lago, durante il periodo estivo della monticazione del bestiame compreso tra 90 e 100 giorni, una quantità aggiuntiva di P di circa 15-22 kg, da considerarsi, in quanto solubile, facilmente utilizzabile dalle alghe. Un quantitativo che, nell'ipotesi limite seppure molto semplificata di una sua immissione e diluizione nel lago in un'unica soluzione (su un volume di 6×10^6 m³, privato cioè delle acque di fondo che nel periodo estivo non sono coinvolte in processi di ricambio) comporterebbe un aumento di concentrazione nelle acque del lago di 2,5-3,5 $\mu\text{g l}^{-1}$, un valore di fatto influente sulle potenzialità trofiche delle stesse, senza alcuno scostamento per il lago dal suo livello di oligotrofia. In realtà, i processi di immissione/diluizione del fosforo nelle acque del lago, attraverso il loro ricambio, sono più complessi e comunque più lenti, svolgendosi nell'arco dell'intero periodo estivo e prolungandosi anche oltre. Pur con tutti i limiti evidenziati nelle nostre stime, ci sembra ragionevole affermare che tali apporti non abbiano inciso significativamente sul livello di trofia dell'intero lago.

Più interessanti risultano invece alcune considerazioni riguardanti l'impatto del fosforo sulla Baia Rossa. Prendendo i valori di afflusso idrico estivo dell'ultimo triennio (Tab. 6) come riferimento per definire un intervallo degli afflussi valido anche per il passato (il 2002 e il 2003 sono infatti caratterizzati da valori piuttosto estremi di piovosità estiva a Tovel, l'uno elevato, l'altro basso) e rapportando a essi i carichi di fosforo solubile sopra ipotizzati, si ottengono nelle acque afferenti alla baia aumenti medi di concentrazione dell'elemento oscillanti fra 5,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ nell'estate più piovosa e 13,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ in quella siccitosa. Si tratta di valori medi, è il caso di sottolinearlo, e relativi a ipotesi e condizioni definite

Tab. 6 - Caratteristiche del Lago di Tovel e delle sue acque.
Tab. 6 - Characteristics of Lake Tovel and its water.

Carattere	Valore	Fonte
Volume del lago (V)	$7,4 \times 10^6$ m ³	Paganelli 1992
Volume della Baia Rossa	0,7 ÷ 2,2 % del V totale	Corradini & Boscaini 2006
Afflussi idrici estivi (lug÷set) in Baia Rossa, 2002-03-04	3,70-1,40-3,34 $\times 10^6$ m ³	Borsato & Ferretti 2006
Tempi di ricambio medio estivo (lug÷set) lago intero, 2002-03-04	5,5 - 15 - 8 mesi	Borsato & Ferretti 2006
Tempi di ricambio medio estivo (lug÷set) Baia Rossa, 2002-03-04	6,9 - 14 - 9,3 giorni	Borsato & Ferretti 2006
Concentrazione media attuale di fosforo (totale) nelle acque del lago	~ 4 $\mu\text{g l}^{-1}$	Corradini & Boscaini 2006

con cautela, il che lascia però facilmente presupporre picchi di aumento di concentrazione più elevati, sia nel tempo, in corrispondenza con le fasi di minore diluizione dei liquami scaricati, sia nello spazio, in prossimità delle sorgenti lacustri le cui fonti di alimentazione venivano maggiormente arricchite. Combinando i valori appena ottenuti per le estati calde e siccitose (in queste, va ricordato, si verificavano con maggiore frequenza e intensità gli arrossamenti) e la loro suscettibilità all'aumento con le peculiari caratteristiche idromorfologiche e di distribuzione della temperatura della Baia Rossa (Borsato & Ferretti 2006; Corradini & Boscaini 2006), si ottengono in alcune zone della baia arricchimenti di fosforo, con relativo aumento localizzato del livello di trofia, compatibili con possibili sviluppi di fioriture algali, in un contesto che, per alcune analogie con le condizioni limnologiche di ambienti marini in cui si osservano le "maree rosse" (Coern *et al.* 2005), sembra favorire proprio i dinflagellati responsabili dei fenomeni di arrossamento.

In definitiva, si può affermare che esiste una precisa relazione tra carico e modalità di gestione degli animali all'alpeggio e comparsa delle fioriture algali responsabili dell'arrossamento di Tovel, proprio come ipotizzato dal Dodge nel 1970.

Le condizioni di oligotrofia che negli ultimi decenni hanno caratterizzato il lago non sono in grado di innescare e sostenere consistenti fioriture algali come quelle alla base dei passati arrossamenti. Concentrazioni significativamente più elevate di nutrienti (in particolare di quello limitante), anche temporanee e localizzate, non estese quindi necessariamente a tutto il lago, erano pertanto un fattore essenziale per la manifestazione del fenomeno. Nel caso di Tovel gli apporti di nutrienti capaci di garantire un sufficiente aumento di concentrazione nelle acque possono essere ragionevolmente attribuiti al carico di bestiame che soggiornava nel periodo estivo a monte del lago.

RINGRAZIAMENTI

Il capitolo riguardante la storia recente dell'uso del suolo desunta dalla tradizione orale è basato sulle informazioni generosamente forniteci dagli interlocutori riportati in tabella 1, dai proprietari delle abitazioni localizzate in prossimità del lago e da numerosi cittadini che hanno spontaneamente fornito testimonianze e documentazioni.

Un particolare ringraziamento all'amministrazione comunale di Tuenno per la collaborazione e l'ospitalità concessaci in occasione delle riunioni di lavoro organizzate nell'ambito della ricerca.

Si ringraziano inoltre Giovanna Flaim per alcuni utili suggerimenti, Adriano Boscaini per la collaborazione nella parte sperimentale e Simone Degasperi, Claudio Sansoni e Milva Tarter per le analisi di laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Borsato A. & Ferretti P., 2006 - Monitoraggio idrometrico del Lago di Tovel e del suo bacino. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 205-223.
- Borsato A., Corradini F. & Ferretti P., 2006 - Idrochimica e monitoraggio idrogeologico degli afflussi e deflussi del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 241-246.
- Cloern J.E., Schraga T.S. & Lopez C.B., 2005 - Heat wave brings an unprecedented red tide to San Francisco Bay. *EOS, Am. Geoph. Un.*, 86 (7): 66.
- Corradini F. & Boscaini A., 2006 - Fisica e chimica delle acque del Lago di Tovel (Trentino, Alpi centrali). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 307-326.
- Corradini F., Flaim G. & Pinamonti V., 2001 - Five years of limnological observations on Lake Tovel (1995-1999): some considerations and comparisons with past data. *Atti Ass. Ital. Oceanol. Limnol.*, 14: 209-218.
- Dodge J.D., 1970 - Report of limnological investigation of Lake Tovel (Trentino - N Italy). *Studi Trent. Sci. Nat.*, 47: 91-94.
- Ferretti P. & Borsato A., 2006 - Studio idrogeologico della Valle e del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 189-203.
- Franceschini I., 2006 - Uomo e risorse ambientali in Val di Tovel tra XVI e XIX secolo. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 7-25.
- Freshfield D.W., 1875 - *Italian Alps: sketches in the mountains of Ticino, Lombardy, the Trentino and Venetia*. Longmans Green, London: 385 pp.
- I.R.S.A. - C.N.R. 1994 - Metodi analitici per le acque. *Quaderni, 100*. Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma: 342 pp.
- Largaiolli V., 1907 - La varietà oculata del *Glenodinium pulvisculus* (Ehr.) Stein. *Nuova Notarisa*, 18: 169-173.
- Leonardi E., 1938 - *La Val e il Lago di Tovel*. Tipografia Visintainer, Cles: 123 pp.
- Leonardi E., 1955 - *Tuenno nelle sue memorie*. Edizioni Arti Grafiche Saturnia, Trento.
- Navarotti P. & Acerbi F., 1986 - La gestione delle deiezioni bovine: regole da rispettare tra azienda e territorio. *Informatore Agrario*, 1: 29-39.
- Paganelli A., 1992 - Lake Tovel (Trentino): limnological and hydrobiological aspects. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 50: 225-257.
- Rosenberger G., 1993 - *L'esame clinico del bovino*. Edagricole, Bologna: 548 pp.
- Schneider F., 1948 - *Alpwirtschaft*. Graz, Leykam-Verlag: 458 pp.
- Tomasi G., 1989 - Lago di Tovel: dall'immaginario al plausibile. *Natura Alpina*, 40: 1-72.
- Urbinati C., Benetti R., Viola F. & Ferrari C., 2006 - Dinamismi della copertura forestale in Val di Tovel dal 1860 ad oggi. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 39-52.

Vittori A., 1969 - Rilevamenti ecologici relativi alle alterazioni della biocenosi lacustre del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat.*, 46 (2): 267-280.

Vittori A., 1972 - Rilevamenti idrobiologici al lago di Tovel durante la campagna 1971-1972. *Esper. ric.*, 3: 233-246.