



UNIVERSITÀ DI PARMA

ARCHIVIO DELLA RICERCA

University of Parma Research Repository

IT09-A LAGHI DI MONTAGNA

This is the peer reviewed version of the following article:

Original

IT09-A LAGHI DI MONTAGNA / Rogora, Michela; Rossetti, Giampaolo; Flaim, Giovanna; Obertegger, Ulrike; Alber, Renate; Bodini, Antonio; Boggero, Angela; Corradini, Stefano; Tartari, Gabriele A.; Viaroli, Pierluigi; Vorhauser, Samuel. - ELETTRONICO. - (2021), pp. 297-330. [10.5281/zenodo.5570272]

Availability:

This version is available at: 11381/2906440 since: 2021-12-22T12:05:36Z

Publisher:

CNR Edizioni

Published

DOI:10.5281/zenodo.5570272

Terms of use:

openAccess

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Autori

Michela Rogora¹, Giampaolo Rossetti², Giovanna Flaim³, Ulrike Obertegger³, Renate Alber⁴, Antonio Bodini², Angela Boggero¹, Stefano Corradini³, Gabriele A. Tartari¹, Pierluigi Viaroli², Samuel Vorhauser⁴

Affiliazione

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque del (IRSA-CNR), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania.

² Università di Parma, Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze 11/A, 43124 Parma.

³ Fondazione Edmund Mach (FEM) – 38010 San Michele all'Adige TN.

⁴ Provincia autonoma di Bolzano, Agenzia Provinciale per l'Ambiente e la tutela del clima, Laboratorio Biologico, Via Sottomonte 2, 39055 Laives (BZ).

Referente Macrosito: Michela Rogora.

Siti di ricerca:

Lago Santo Parmense, IT09-001-A

Lago Scuro Parmense, IT09-002-A

Lago Paione Inferiore, IT09-003-A

Lago Paione Superiore, IT09-004-A

Lago di Tovel, IT09-005-A

Lago di Anterselva, IT09-006-A

Lago di Braies, IT09-007-A

Lago Piccolo di Monticolo, IT09-008-A

Tipologia di ecosistema: lacustre.

DEIMS.ID: <https://deims.org/3f0267f2-e67e-443f-b89d-d2c5dcfce1c9>

Descrizione del macrosito e delle sue finalità

Il macrosito comprende:

- due siti di ricerca principali nell'Appennino Settentrionale (Lago Santo Parmense e Lago Scuro Parmense), oltre a numerosi ambienti lentici permanenti e temporanei campionati in modo più occasionale;
- due siti di ricerca principali nelle Alpi Occidentali (Lago Paione Inferiore e Superiore), oltre a circa 30 laghi d'alta quota (a quote superiori a 1900 m s.l.m.) con campionamenti discontinui ma dati a lungo termine;
- un sito di ricerca nelle Dolomiti del Brenta (Lago di Tovel) a 1178 m s.l.m.;
- tre siti di ricerca principali nella provincia di Bolzano (Lago di Anterselva, Lago di Braies e Lago di Monticolo);
- undici laghi situati sotto il limite della vegetazione arborea, monitorati di continuo dal 1979, sebbene ad intervalli irregolari.



Fig. 1 - Alcuni laghi del macrosito Laghi di Montagna: a) Lago Paione Inferiore IT09-003-A (foto di G.A. Tartari); b) Lago Santo Parmense (foto G. Rossetti); c) Lago di Tovel IT09-005-A (foto G. Flaim); d) Lago di Braies IT09-007-A (foto: Laboratorio Biologico)

Per i siti di ricerca principali esistono serie di dati a lungo termine su composizione chimica delle acque e popolamenti planctonici e bentonici; i dataset dei vari siti sono però diversi per dimensioni, copertura temporale e frequenza delle serie e per i parametri monitorati. Le principali tematiche di ricerca affrontate nei siti sono: eutrofizzazione ed acidificazione, dinamica di popolazione, struttura trofica, fenologia dei popolamenti planctonici, biodiversità, diversità funzionale, metabolismo lacustre, specie invasive, effetti delle deposizioni atmosferiche di inquinanti, impatto dei cambiamenti climatici, impatto delle attività antropiche nel bacino, monitoraggio ad alta frequenza.

Abstract

The parent site consists of: two main research sites (Lake Santo Parmense and Lake Scuro Parmense) in the Northern Apennines, but also several temporary and permanent lentic systems sampled at a lower frequency; two main research sites in the Western Alps (Lake Paione Inferiore and Lake Paione Superiore), and about 30 high altitude lakes (above 1900 m a.s.l.) in the same area, with long-term irregular data; one research site located in the Brenta Dolomites (Lake Tovel) at 1178 m a.s.l. with a monthly sampling regime and long-term data; three main research sites in the province of Bozen, together with other 11 lakes all located below the treeline, monitored since 1979 with samplings at irregular intervals. For all the main research sites long-term data exist on water chemistry, plankton and benthos; however, the datasets of the various sites may be different in terms of size, temporal coverage, frequency of the series and monitored parameters. The main research topics considered are eutrophication and acidification, population dynamics, biodiversity, functional diversity, lake metabolism, plankton phenology, alien species, climate change effects, impacts of anthropogenic activities in lake catchments, high frequency monitoring.

Lago Santo Parmense

Autori

Giampaolo Rossetti, Pierluigi Viaroli, Antonio Bodini

Affiliazioni

Università di Parma, Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze 11/A, 43124 Parma.

Sigla: IT09-001-A.

Responsabile sito: Giampaolo Rossetti.

DEIMS.ID: <https://deims.org/21d8695a-c932-4534-9819-e267e5befec>

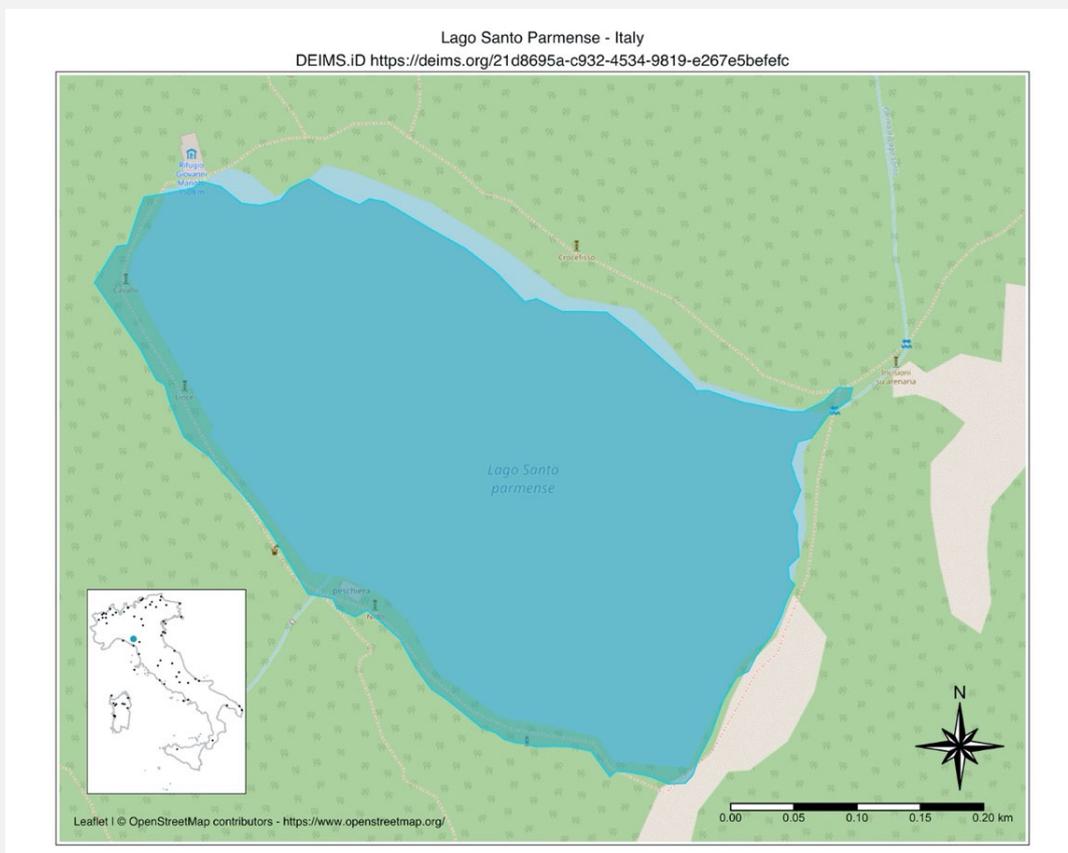




Fig. 2 - Lago Santo Parmense dalle pendici del Monte Marmagna



Fig. 3 - vista del Lago Scuro Parmense dal versante del Monte Scala
(foto di M. Bartoli e G. Rossetti)

Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Santo Parmense (44.40222 N, 10.00746 E; 1507 m s.l.m.; area 8 ha; volume 925000 m³; profondità massima 22.5 m) è il più ampio e profondo lago naturale della Val Parma, nonché di tutto l'Appennino Settentrionale. Si trova all'interno del parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano. Il Lago Santo è un lago dimittico; presenta generalmente una copertura ghiacciata da fine novembre a fine aprile, benché negli ultimi anni si sia osservata una notevole variabilità ed anche episodi di scomparsa della coltre ghiacciata in occasione di inverni particolarmente miti. È di origine tettonico-glaciale e il suo bacino è caratterizzato da una prevalenza di arenaria Macigno. Il lago è una meta turistica molto frequentata ed è stato oggetto, fin dall'inizio del secolo scorso, di massicce immissioni di pesci per la pesca sportiva. Si è registrato un progressivo aumento del carico di nutrienti negli ultimi decenni, senza però osservare uno scostamento da una condizione di oligo-mesotrofia.

Risultati

I primi studi sulla comunità zooplanctonica di questo lago risalgono agli anni '20 del secolo scorso (Brian 1924, 1927), mentre campagne limnologiche con carattere di sistematicità furono avviate tra la fine del 1951 e il 1954 con l'obiettivo principale di analizzare serie pluriennali di campioni di zooplancton (Moroni 1954, 1962). Nei sopralluoghi condotti nei primi anni '70 vennero presi in esame anche lo studio del fitoplancton e del macrozoobenthos, l'analisi dei contenuti stomacali dei pesci e si pervenne inoltre a una definizione dello stato trofico delle acque e a una stima dei flussi energetici tra i livelli della rete trofica pelagica (Ferrari *et al.* 1973, 1977).

Le ricerche su caratteristiche idrochimiche e comunità planctoniche ripresero durante il periodo di acque aperte del 1991 e, dopo un'interruzione di quasi un decennio, nuovamente dal 2000 fino al 2010, anche se in modo non continuativo (Viaroli *et al.* 1992, 1994; Rossetti *et al.* 2006, 2010). Nel 2000 e 2001 venne descritta anche la composizione della fauna ittica e furono analizzati i contenuti stomacali delle specie dominanti di pesci (Maldini *et al.* 2004).

Un'indagine a scala ecosistemica, basata sull'analisi dei flussi all'interno della rete trofica pelagica, fu condotta da Bondavalli *et al.* (2006). In questa area l'attività turistica di massa iniziò a svilupparsi nei primi anni '70 del secolo scorso e continuò a crescere nei decenni successivi, causando un aumento del carico di nutrienti nelle acque lacustri. Si è allora proceduto ad un confronto delle proprietà ecosistemiche mediante tecniche di *network analysis* prendendo in considerazione una situazione di elevato disturbo (quella dei primi anni '90) e una di basso impatto antropico (quella dei primi anni '70). I risultati mostrano che l'arricchimento in nutrienti nel periodo 1970-90 ha comportato un cambiamento nell'evoluzione del lago, come evidenziato da un aumento della quantità di materia che circola all'interno del sistema e da una simultanea semplificazione dei flussi. In particolare, il confronto di indici di sistema, attività di riciclo,

struttura ed efficienza trofica indica che il sistema è stato soggetto a condizioni di stress, pur senza mostrare, come detto in precedenza, scostamenti significativi del suo stato trofico.

Divulgazione

Il Lago Santo Parmense è stato studiato di diverse tesi di laurea e dottorato svolte presso l'Università di Parma, aventi come oggetto aspetti biologici ed ecologici. È meta di esercitazioni nell'ambito di corsi universitari e master. I risultati delle ricerche condotte sul lago sono presentati nel corso di eventi pubblici organizzati dall'Università di Parma e dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano.

Prospettive future

L'obiettivo minimo è garantire la continuazione dell'analisi delle acque e del plancton. I dati già raccolti serviranno per valutare possibili cambiamenti dei processi successionali dell'ecosistema a seguito di eventi di disturbo.

Abstract

Lake Santo Parmense (1507 m a.s.l., maximum depth 22.5 m) is the largest and deepest natural lake in the Northern Apennines. It is a dimictic lake of glacial-tectonic origin located in the Upper Parma Valley, in the Tuscan-Emilian Apennine National Park. Limnological campaigns at this lake were performed in 1952-1954, 1971-1975, 1991 and again from early 2000's, and were mostly oriented to the study of water chemistry and plankton communities. Tourism activity in this area began to develop in the early 1970s and grew continuously over the following years, and caused a continually increasing nutrient load into the waters. The lake has remained oligo-mesotrophic, although system-level indices, cycling activity, trophic structure, and trophic efficiency indicate that the ecosystem is under stress.

Lago Scuro Parmense

Autori

Giampaolo Rossetti, Pierluigi Viaroli, Antonio Bodini

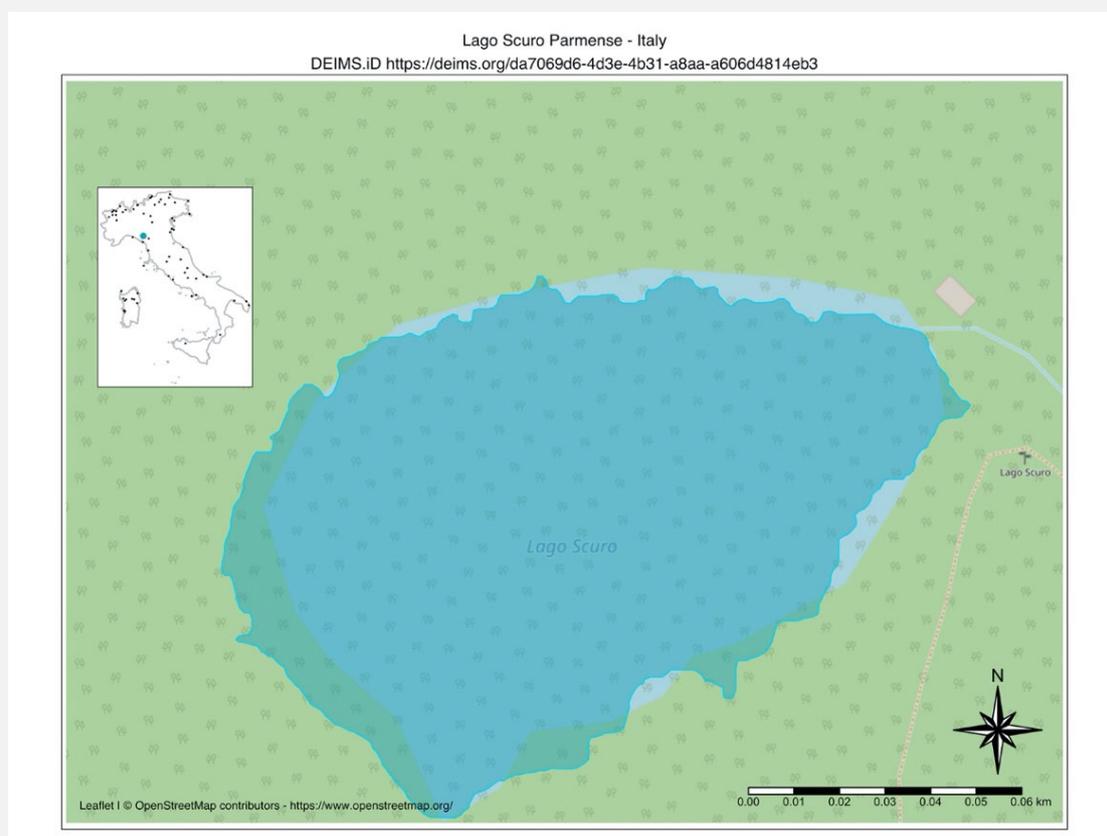
Affiliazioni

Università di Parma, Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze 11/A, 43124 Parma.

Sigla: IT09-002-A.

Responsabile sito: Giampaolo Rossetti.

DEIMS.ID: <https://deims.org/da7069d6-4d3e-4b31-a8aa-a606d4814eb3>



Descrizione del sito e delle sue finalità

Anche il Lago Scuro Parmense (44.38197 N, 10.04574 E; 1527 m s.l.m.; area 1.2 ha; volume 44000 m³; profondità massima 9.2 m) si trova in Val Parma, sulle pendici del Monte Scala, nel territorio del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano. La sua formazione è attribuibile a fenomeni tettonico-glaciali. Il bacino imbrifero è caratterizzato in prevalenza da rocce silicee. Questo piccolo bacino, tendenzialmente oligotrofo e con bassi valori di alcalinità e conducibilità delle acque, presenta caratteristiche di scarso disturbo antropico diretto. È un lago dimittico e solitamente la copertura ghiacciata permane da novembre a inizio maggio, ma per le limitate dimensioni risulta particolarmente sensibile alle anomalie meteorologiche che influenzano fortemente la sua vicenda termica. Il lago è naturalmente privo di pesci, tuttavia sono state segnalate sporadiche introduzioni non autorizzate di trote adulte.

Risultati

Moroni (1962) ha condotto i primi studi sulla comunità zooplanctonica su campioni raccolti tra il 1953 e il 1961. Dal 1986 al 2012, ulteriori 13 campagne di campionamento sono state effettuate nel periodo delle acque aperte, con l'obiettivo di descrivere la variabilità di base dei principali parametri idrochimici e i fattori abiotici e biologici che condizionano la successione stagionale dei popolamenti planctonici (Antonietti *et al.* 1988; Paris *et al.* 1993; Rossetti 2005).

Gli approcci di ricerca più recenti, resi possibili dalla disponibilità di dati ecologici di lungo termine raccolti nei laghi dell'Appennino settentrionale, si sono concentrati sugli effetti del riscaldamento globale e di eventi meteorologici estremi su struttura e funzionamento di questi ecosistemi (Primicerio *et al.* 2007; Bertani *et al.* 2016; Rogora *et al.* 2018) e sul confronto delle dinamiche temporali delle comunità planctoniche con modelli generali di successione ecologica (Bodini *et al.* 2017).

Si ricordano inoltre gli studi sulla biodiversità acquatica che hanno condotto all'identificazione di generi e specie di rotiferi non ancora segnalati per la fauna italiana (Bertani *et al.* 2009) e quelli sui principali fattori che influiscono, a scala locale e regionale, nel determinare la struttura delle comunità planctoniche in ambienti lentici di alta quota (Tavernini *et al.* 2009).

Divulgazione

Il Lago Scuro Parmense è stato oggetto di numerose tesi di laurea e di dottorato svolte presso l'Università di Parma, focalizzate prevalentemente sulle caratteristiche idrochimiche e sulla struttura e dinamica dei popolamenti planctonici. I risultati delle ricerche condotte sul lago sono presentati nel corso di eventi pubblici organizzati dall'Università di Parma e dal Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano.

Prospettive future

Si prevede di proseguire il monitoraggio delle acque e delle comunità planctoniche. I dati ecologici di lungo termine saranno utilizzati per valutare le risposte del sistema a eventi climatici estremi.

Abstract

Lake Scuro Parmense (1527 m a.s.l., maximum depth 9.3 m) is a small oligotrophic lake still in near-pristine conditions. Zooplankton was first analysed from 1953 to 1961. The lake is currently being investigated in the frame of a long-term limnological research project that has started in 1986, with the aim of defining the variability of hydrochemical parameters and analysing the major abiotic and biotic factors that affect the seasonal evolution of plankton communities. The collected data are also used to assess the lake ecosystem resistance and resilience in response to climatic extremes.

Lago Paione Inferiore e Superiore

Lago Paione Inferiore

Autori

Michela Rogora, Angela Boggero, Gabriele A. Tartari

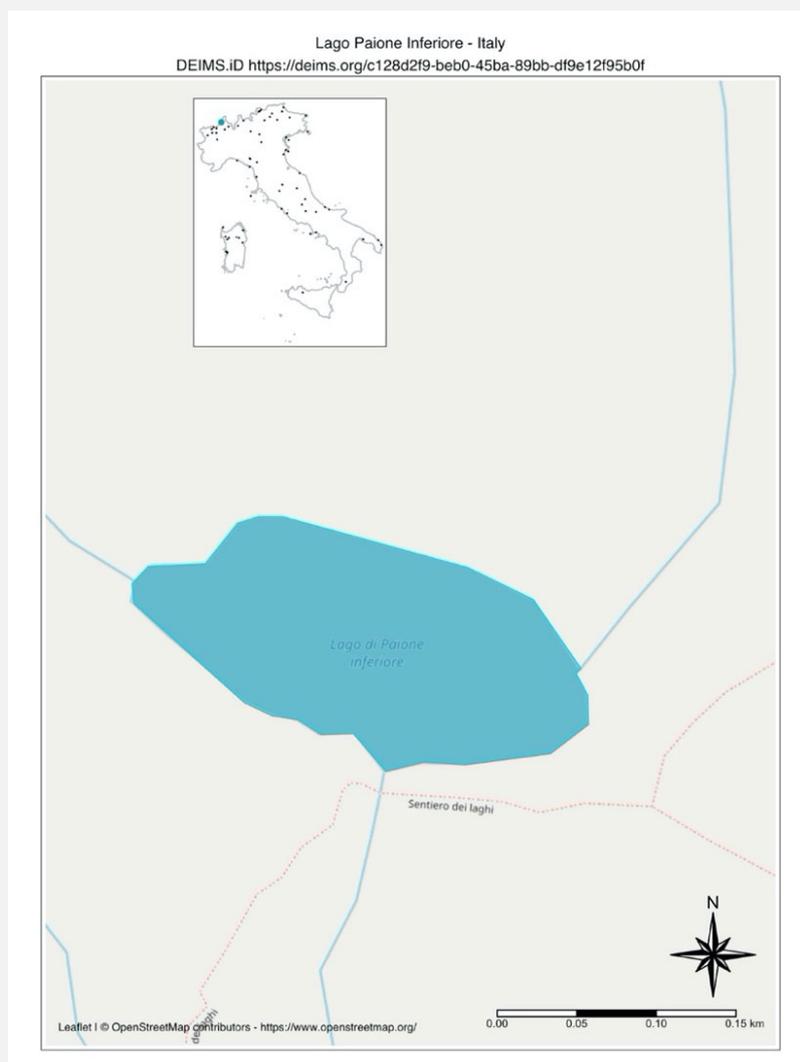
Affiliazioni

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania.

Sigla: IT09-003-A.

Responsabile sito: Michela Rogora.

DEIMS:ID: <https://deims.org/c128d2f9-beb0-45ba-89bb-df9e12f95b0f>



Lago Paione Superiore

Autori

Michela Rogora, Angela Boggero, Gabriele A. Tartari

Affiliazioni

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania.

Sigla: IT09-003-A.

Responsabile sito: Michela Rogora.

DEIMS:ID: <https://deims.org/7e5837a9-ee27-4e27-822a-f50e5217c313>

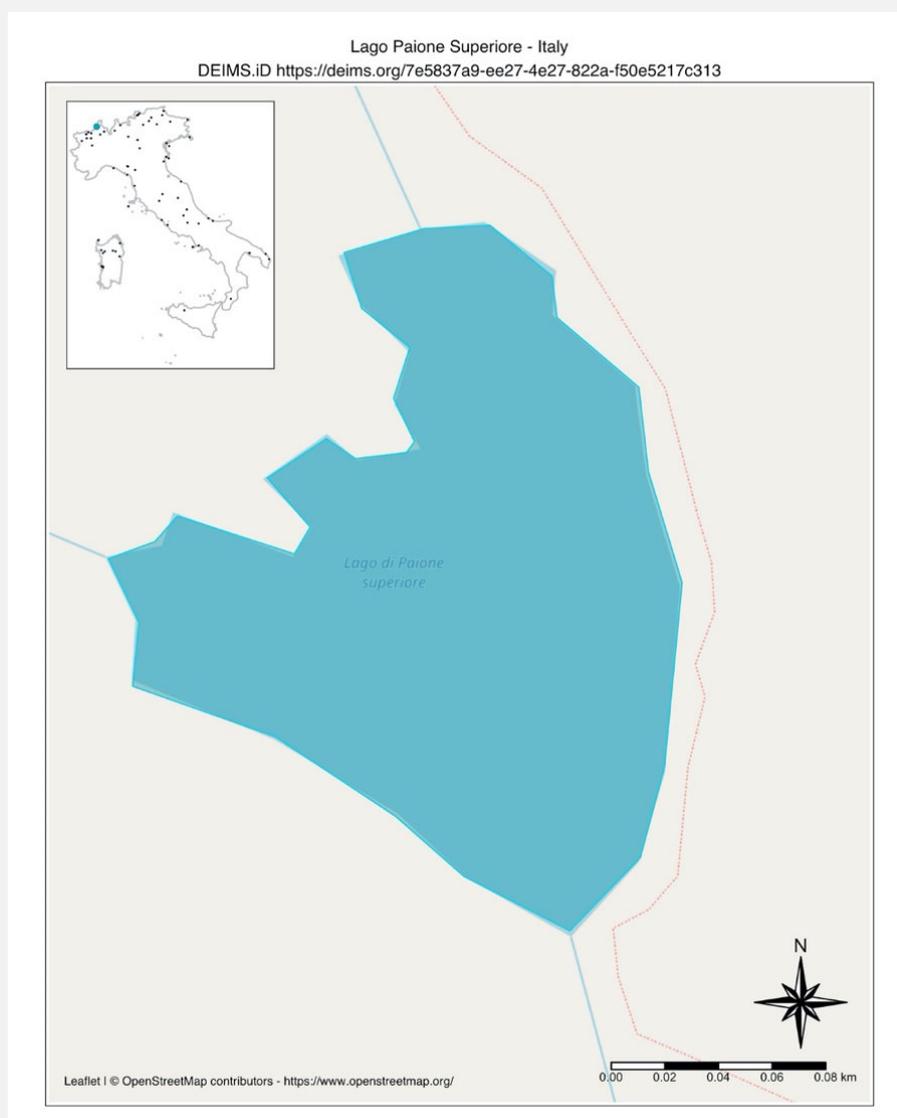




Fig. 4 - Lago Paione Superiore, con l'ubicazione della stazione meteorologica automatica (foto di G.A. Tartari)



Fig. 5 - Campionamento al Lago Paione Inferiore (foto di G. Varini)

Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Paione Superiore ed il Lago Paione Inferiore costituiscono due siti LTER indipendenti. Si tratta però di due laghi tra loro collegati e situati nello stesso areale geografico, ovvero la Val Bognanco, una valle tributaria della Val d'Ossola, nelle Alpi Occidentali (Piemonte, Provincia di Verbania-Cusio-Ossola). I progetti, le attività di ricerca e di divulgazione sono sempre stati condotti congiuntamente nei due siti e anche molti dei risultati ottenuti sono comuni ai due siti; per questo motivo vengono trattati insieme nei successivi paragrafi.

I laghi si trovano rispettivamente a 2002 e 2269 m s.l.m., sono di piccole dimensioni (0,86 e 0,68 ha) e con profondità massime di 13,5 e 11,5 m. I laghi Paione Inferiore e Superiore fanno parte di un sistema di tre laghi disposti in cascata e collegati tra loro. La composizione litologica prevalente dei bacini è costituita da rocce metamorfiche acide (ortogneiss, con piccole quantità di marmi, scisti calcarei e paragneiss nel bacino del Lago Paione Inferiore) e la copertura vegetale è limitata ad aree ristrette di prato-pascolo alpino circondate da roccia nuda e sfasciumi. Nei bacini non è presente alcuna forma di antropizzazione o di sfruttamento del territorio. I laghi sono raggiungibili a piedi in circa 2 ore di cammino.

Risultati

I laghi sono stati studiati per la prima volta negli anni '40 del secolo scorso da Vittorio Tonolli che ha raccolto informazioni sulla loro morfometria, eseguendo inoltre le prime analisi chimiche delle acque (Tonolli 1949). Dalla fine degli anni '70, i laghi vengono monitorati con continuità dal CNR IRSA (ex CNR ISE) di Verbania per quanto riguarda i dati abiotici (temperatura, ossigeno disciolto, composizione chimica delle acque, inclusi i nutrienti algali). I dati biotici sono più irregolari e riguardano popolamenti fito e zooplanctonici, macroinvertebrati bentonici e batteri (Marchetto *et al.* 2004). Sui Laghi Paione sono stati inoltre condotti studi paleolimnologici su carote di sedimento (Guilizzoni *et al.* 1996). Al monitoraggio di questi parametri si sono affiancati di volta in volta alcuni studi di dettaglio o approfondimenti, nel contesto di programmi di ricerca nazionali o internazionali (es. progetti UE: EMERGE – European Mountain lake Ecosystems: Regionalisation, diagnostics & socio-economic Evaluation, RECOVER:2010 – Predicting recovery in acidified freshwater by the year 2010, and beyond, EUROLIMPACS – European project to evaluate impacts of global change on freshwater ecosystems) (Camarero *et al.* 2009). I laghi sono inoltre inclusi nei siti di monitoraggio del Programma ONU-ECE ICP Waters (Programma di Cooperazione Internazionale per la valutazione ed il monitoraggio degli effetti dell'acidificazione di fiumi e laghi) nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP) (Mosello *et al.* 1999, 2000). Recentemente i Laghi Paione, insieme ad altri siti montani della rete LTER, sono stati considerati nel progetto di interesse speciale

NEXTDATA LTER Mountain, avente come obiettivo l'armonizzazione di dati esistenti e di nuova raccolta e di metadati su siti LTER in ecosistemi montani italiani (Lanucara *et al.* 2016).

A causa della composizione litologica del bacino, costituita da rocce acide e poco solubili, questi laghi si caratterizzano per un basso potere tampone delle acque ed un'elevata sensibilità all'acidificazione. Sono stati quindi tra i laghi alpini d'alta quota ad essere interessati dagli effetti delle piogge acide negli anni '70 ed '80. Successivamente, grazie soprattutto alla riduzione del contenuto di acidità e solfati nelle deposizioni, a seguito della diminuzione delle emissioni atmosferiche di SO₂, i laghi hanno evidenziato un aumento di pH e alcalinità e una diminuzione delle concentrazioni di alluminio, particolarmente evidente nel Lago Paione Superiore. Si sono osservati anche segni di ripresa nel comparto biologico, con la ricomparsa di alcune specie bentoniche sensibili all'acidità (Marchetto *et al.* 2004; Rogora *et al.* 2013).

Negli ultimi anni, a campionamenti ed analisi chimiche delle acque si è aggiunto il monitoraggio ad alta frequenza della temperatura dell'acqua a diverse profondità e dei livelli del Lago Paione Superiore mediante data-logger, per seguire le dinamiche della termica lacustre in relazione alla formazione della copertura ghiacciata (generalmente in novembre) e al disgelo (giugno-luglio). Presso il Lago Paione Superiore è inoltre presente una stazione meteorologica automatica gestita da ARPA Piemonte che consente di disporre di dati giornalieri di diverse variabili meteorologiche.

La disponibilità di serie di dati di lungo termine, sia chimici che biologici, per siti d'alta quota come i Laghi Paione, ha permesso di valutare nel tempo l'efficacia dei provvedimenti per l'abbattimento delle emissioni in atmosfera (in particolare di ossidi di zolfo e azoto), messi in atto nell'ambito della CLRTAP attraverso i suoi protocolli attuativi. Solo siti remoti, scarsamente antropizzati e per i quali l'inquinamento atmosferico è il principale fattore di pressione, si prestano infatti ad essere utilizzati per valutare la relazione dose-risposta tra emissioni di inquinanti e variazioni a livello di ecosistema. I Laghi Paione, insieme a pochi altri siti nell'area alpina e prealpina Nord-Occidentale, fortemente interessata dal problema delle deposizioni di inquinanti, sono stati quindi tra i pochi siti inclusi in programmi di monitoraggio e progetti internazionali per valutare gli effetti sugli ecosistemi delle politiche per la riduzione delle emissioni in atmosfera (Wright *et al.* 2005; Garmo *et al.* 2014).

Più recentemente, la disponibilità di serie lunghe di dati ha consentito di analizzare le variazioni di alcuni parametri biotici e abiotici ai fattori meteo-climatici, sia a medio che a lungo termine. In particolare,

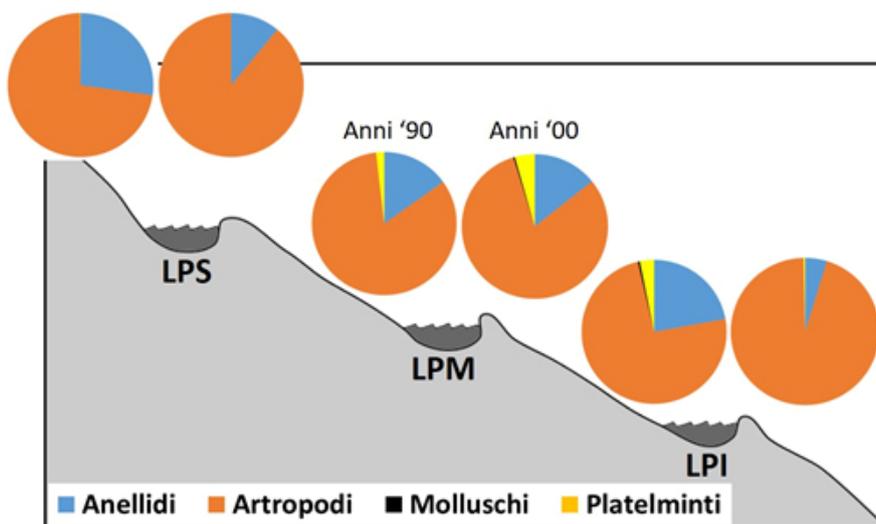


Fig. 6 - Confronto tra la composizione a macroinvertebrati degli anni '90 e '00 nei laghi Paione Superiore (LPS), Medio (LPM) ed Inferiore (LPI)

si sono studiate temperatura, quantità e regime delle precipitazioni e durata della neve al suolo; queste analisi rivestono particolare importanza per ambienti sensibili al cambiamento climatico come i laghi d'alta quota (Rogora *et al.* 2013, 2018).

Un recente lavoro di confronto fra anni '90 e '00 sulla fauna a macroinvertebrati (Fig. 6) ha mostrato un impoverimento in gruppi faunistici a discapito dei Molluschi e dei vermi piatti nel Lago Paione Inferiore, mentre

in entrambi i laghi vanno aumentando gli Artropodi (soprattutto Insetti). Nel Lago Paione Superiore, negli ultimi anni si è infatti osservata una riduzione del volume d'acqua all'interno del lago che ha lasciato scoperte le zone di riva a discapito degli Anellidi, che non trovano più un habitat favorevole alla loro sopravvivenza, in favore degli Insetti. Nel Lago Paione Inferiore, le aumentate temperature dell'aria e

dell'acqua causano invece la risalita dal fondovalle di specie alla ricerca di acque più fresche. Questa risalita è causa dell'incremento nelle specie di Insetti nelle acque di queste altitudini (Boggero *et al.* 2018).

Divulgazione

I Laghi Paione sono stati oggetto di diverse tesi di laurea e dottorato. Nel periodo recente, in particolare, sono stati considerati in tesi di laurea aventi come obiettivo rispettivamente il ruolo dei fattori meteo-climatici nelle dinamiche stagionali e interannuali della chimica delle acque e l'armonizzazione e archiviazione dei metadati e dei dati biologici in dataset dedicati. I Laghi Paione e i laghi d'alta quota delle Valli Ossola e Sesia sono stati oggetto di numerose presentazioni a carattere divulgativo presso scuole, enti di formazione e associazioni (es. CAI, associazioni naturalistiche). Inoltre, il Lago Paione Inferiore è stato tappa e sito di partenza nell'ambito di due Cammini della rete LTER Italia, rispettivamente "Rosa...azzurro...verde! Eco-staffetta tra i siti LTER dal Monte Rosa al Lago Maggiore" (2015) e "Tra Laghi e Foreste: un cammino transfrontaliero dall'Italia alla Svizzera" (2018). In entrambe le occasioni presso il lago sono state svolte attività di campionamento e misura, coinvolgendo i partecipanti e illustrando loro le principali tematiche di ricerca LTER condotte nel sito.

Prospettive future

Nonostante la ripresa dall'acidificazione, i Laghi Paione, così come altri laghi d'alta quota nello stesso areale, rimangono dei siti sensibili all'apporto di inquinanti attraverso le deposizioni atmosferiche così come alle variazioni climatiche. Il mantenimento del loro monitoraggio, possibilmente esteso alla componente biologica, è quindi fondamentale per continuare a seguire la risposta di questi ambienti, stressati da rigide condizioni climatiche e scarse condizioni edafiche, sensibili a diversi fattori di pressione. Proprio a questo scopo, i Laghi Paione ed alcuni altri laghi d'alta quota in Val d'Ossola sono stati recentemente inseriti nella rete di monitoraggio italiana coordinata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per la valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi ai sensi della Direttiva 2016/2284 (Direttiva NEC). Sui laghi quindi, oltre ai principali parametri abiotici, verranno investigati i popolamenti a macroinvertebrati e diatomee, ritenuti ottimi indicatori degli impatti dei cambiamenti globali (deposizione di inquinanti atmosferici, cambiamenti climatici) sugli ecosistemi acquatici, in particolare sui laghi d'alta quota. In alcuni bacini lacustri, sempre in Val d'Ossola, in collaborazione con ARPA Piemonte, sono inoltre in corso degli studi per analizzare le variazioni temporali della chimica delle acque in relazione alla degradazione della criosfera (ghiacciai, permafrost).

Abstract

Lakes Paione Inferiore and Superiore are located in the Bognanco Valley, Central Alps, Piedmont region, at 2002 and 2269 m a.s.l. respectively. Their catchments consist of acid, low-weatherable rocks (gneiss, granites) and vegetation cover is limited to small areas of alpine meadows. Due to these characteristics, the lakes proved to be highly sensitive to acidification. However, due to the decreasing emission and deposition of acidifying compounds (SO_4 , NO_3), the lakes recovered from acidification since the 1990s. Positive trends of pH and alkalinity and decreasing concentrations of aluminium were detected in the lakes, together with the recolonization by some acid-sensitive species. Recently, research on these lakes mainly focuses on the possible effects of climate change on lake chemistry and biology, also by high-frequency monitoring of some basic parameters. The lakes have been included in several EU funded project on mountain lakes, as well as in the monitoring network of the ICP WATERS Programme (International Cooperative Programme for assessment and monitoring of the effects of air pollution on rivers and lakes).

Autori

Giovanna Flaim, Stefano Corradini, Ulrike Obertegger

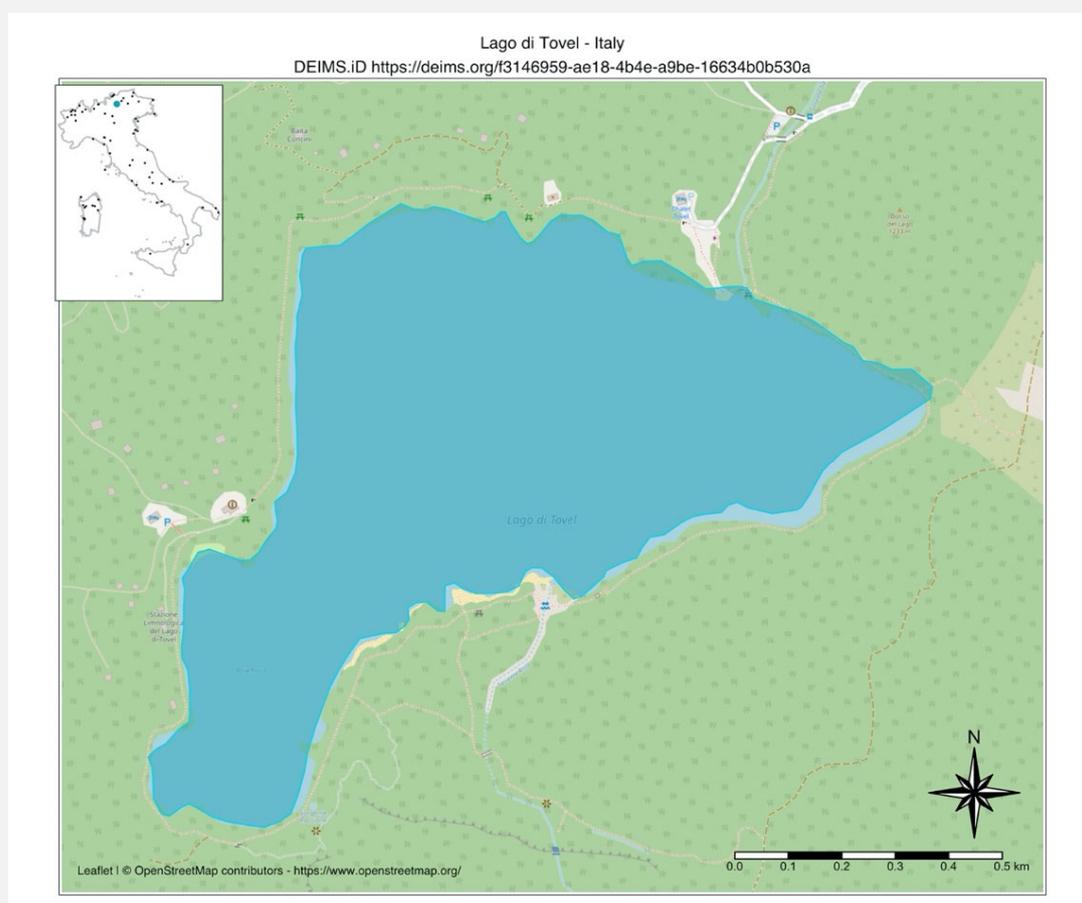
Affiliazioni

Fondazione Edmund Mach (FEM) – 38010 San Michele all'Adige TN.

Sigla: IT09-005-A.

Responsabile sito: Ulrike Obertegger.

DEIMS:ID: <https://deims.org/f3146959-ae18-4b4e-a9be-16634b0b530a>



Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago di Tovel (46.26137 N, 10.94934 E; 1178 m s.l.m.; area 39 ha; volume $7,49 \times 10^6 \text{ m}^3$; profondità massima 39 m) si trova in Trentino, nel cuore delle Dolomiti di Brenta (Fig.7). Originariamente era un piccolo lago glaciale che è stato ridimensionato nell'attuale lago durante il Medio Evo a causa di una frana di sbarramento. Il Lago di Tovel gode diverse protezioni legislative: è tutelato dalla Convenzione di Ramsar, fa parte dell'UNESCO World Heritage Site delle Dolomiti (www.dolomitiunesco.info) e si trova all'interno del Parco Naturale Adamello Brenta (www.pnab.it), dal 2015 è riconosciuto come UNESCO Global Geopark (www.unesco.org/geoparks/).



Fig. 7 - Il Lago di Tovel (Foto di G. Salomon)

Il Lago di Tovel è stato oggetto di ricerca naturalistica già dalla fine del 1800 da parte di naturalisti italiani e stranieri. Il grande interesse per questo piccolo lago, documentato da più di 300 pubblicazioni divulgative e scientifiche, ha avuto origine principalmente da una affascinante fioritura algale localizzata in una insenatura, nota come Baia Rossa. Negli anni 1937-1939 il lago fu studiato dal limnologo Edgardo Baldi dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza. Baldi focalizzò il suo interesse

sul fenomeno dell'arrossamento delle acque, contribuendo anche a una più approfondita conoscenza della comunità zooplanctonica (Baldi 1941). Qualche rara ricerca fu svolta durante il periodo post-bellico, ma è con la scomparsa dell'arrossamento nel 1964 che iniziò nei primi anni '70 un approccio più olistico, con l'installazione di una stazione meteorologica e uno studio limnologico dettagliato condotto tra il 1973 e il 1979 da Attilio Arrighetti e Maurizio Siligardi (Arrighetti & Siligardi 1979). Il periodo 1980-1994 fu caratterizzato da sporadiche attività di ricerca (Paganelli *et al.* 1992).

Dal 1995 la Fondazione Edmund Mach (FEM) conduce ricerche limnologiche di base tramite profili mensili delle più importanti variabili fisiche, chimiche e biologiche. In particolare, come analisi strumentali in campo si rilevano profili verticali di temperatura, ossigeno disciolto, conducibilità, pH e redox con una sonda multiparametrica, di PAR con radiometro, e di clorofilla con fluorimetro. Le analisi chimiche sui principali nutrienti, cationi/anioni e isotopi stabili vengono effettuate a profondità discrete. Per quanto riguarda i parametri biologici, si analizzano la clorofilla, il fitoplancton e lo zooplancton su colonna integrata. Nel 2009 è stata installata una piattaforma in centro lago fornita di sensori che rilevano in continuazione (*high frequency data* – HF) la temperatura, l'ossigeno e la luce a varie profondità. Recentemente si è aggiunta anche l'analisi della comunità batterica tramite *high throughput sequencing*. Inoltre, la FEM gestisce la stazione meteorologica in riva al lago.

Nel 2002 la Provincia Autonoma di Trento ha finanziato il progetto di ricerca SALTO (2002-2005) per individuare le cause del mancato arrossamento. È stato chiarito l'identità dell'alga responsabile

dell'arrossamento, l'importanza del ruolo dell'idrologia nel determinare le caratteristiche fisiche e biologiche del lago e come cambiamenti nella gestione del pascolo sovrastante il lago abbiano fortemente ridotto il flusso di nutrienti verso la Baia Rossa, così che le sue acque non erano più in grado di sostenere la fioritura algale, causa dell'arrossamento (Borghi *et al.* 2006).

Inoltre, la Provincia Autonoma di Trento ha finanziato il progetto di ricerca ECOPLAN (2006-2008) e poi il progetto CERCA (2007-2009) per studiare l'autecologia e i meccanismi di fotoprotezione del dinoflagellato *Borghiella dodgei* del Lago di Tovel (Flaim *et al.* 2010; Obertegger *et al.* 2011). Il progetto europeo COST ACTION ES 1201 NETLAKE (2012-2016) ha promosso l'uso della sensoristica nello studio dei laghi (de Eyto *et al.* 2016) e ha cercato di avvicinare i cittadini al mondo della scienza tramite iniziative di Citizen Science (Seelen *et al.* 2018). Il Lago di Tovel fa anche parte della rete internazionale GLEON (www.gleon.org), un'associazione a supporto della comunità limnologica e che promuove l'uso di sensori nei laghi.

I dati di base forniti dal programma LTER hanno consentito di approfondire le classiche tematiche limnologiche (Cellamare *et al.* 2016; Morabito *et al.* 2016) e di sviluppare nuovi filoni di ricerca.

Risultati

- Il lago, freddo e trasparente, ha dato la possibilità di studiare l'ecofisiologia di alcune alghe, con particolare attenzione agli acidi grassi e sostanze fotoprotettive (Anesi *et al.* 2016; Flaim *et al.* 2010, 2012, 2014; Frassanito *et al.* 2008; Obertegger *et al.* 2011).
- L'idrologia dinamica del Lago di Tovel ha evidenziato l'importanza dell'idrologia come fattore importante per la comunità planctonica (Obertegger *et al.* 2008, 2018).
- L'utilizzo degli isotopi stabili si è dimostrato un utile strumento per determinare l'origine delle acque lacustri e i processi di evaporazione (Perini *et al.* 2009; Flaim *et al.* 2013, 2019).
- L'ecologia molecolare ha consentito una visione più dettagliata della biodiversità, sia di rotiferi (Cieplinski *et al.* 2017, 2018; Obertegger *et al.* 2012, 2014), sia di batteri (Obertegger *et al.* 2018, 2019).
- Lo studio della diversità funzionale ha dato una conoscenza meccanicistica dell'assemblaggio della comunità zooplanctonica (Obertegger & Flaim 2015, 2018).
- Lo studio di ecologia di movimento con un rotifero (*Keratella cochlearis*) del Lago di Tovel ha evidenziato che maschi e femmine dimostrano velocità e pattern diversi (Obertegger *et al.* 2018).
- La presenza della piattaforma in centro lago ha permesso collegamenti con altre reti internazionali (Marcè *et al.* 2016; Block *et al.* 2018).
- La possibilità di avere dati HF nel periodo invernale (sotto ghiaccio) ha evidenziato dinamiche inaspettate legate allo spessore del ghiaccio e la copertura nivale (Obertegger *et al.* 2017) contribuendo così alla conoscenza limnologica invernale, una stagione spesso sottovalutata.

Divulgazione

Tra le attività divulgative a livello nazionale ricordiamo l'interessante iniziativa i 'Cammini LTER' organizzata dal LTER-Italia. Nel 2016, in occasione del cammino 'dalla Montagna al Mare', diversi ricercatori italiani impegnati nei siti LTER hanno percorso, assieme a cittadini interessati, alcuni itinerari allo scopo di fare divulgazione scientifica. Il sito LTER di Tovel faceva parte di uno di questi itinerari.

In sede locale le attività LTER vengono periodicamente presentate alla comunità del luogo tramite incontri nelle biblioteche e nelle scuole territoriali. Inoltre, essendo Tovel un lago di grande richiamo naturalistico e ambientale, in questi ultimi anni è stato spesso scelto come meta per una visita tecnica durante i congressi PPNW (Physical Processes in Natural Waters, Trento luglio 2014), ForestSAT Conference (Riva del Garda novembre 2014) e il Workshop LFC17 (Old and New Strong Interactions from LHC to Future Colliders, Trento settembre 2017).

Il Lago di Tovel è stato oggetto di un dottorato sulla diversità criptica del rotifero *Keratella cochlearis* (Cieplinski 2018) e alcune tesi di laurea triennali e magistrali, nonché di tirocini vari, contribuendo così

alla formazione scientifica di future generazioni di ricercatori. La FEM gestisce anche un sito internet dedicato (<https://lter-tovel.fmach.it>) dove il visitatore può trovare le informazioni di base sull'attività LTER, incluso un elenco completo delle pubblicazioni sul Lago di Tovel.

L'interesse per il Lago di Tovel non è solamente legato alla limnologia, ma anche alla sua importanza per la comunità trentina. Il lago e l'omonima valle sono un forte richiamo turistico, nonché fonte di acque irrigue e produzione di energia elettrica. Il coinvolgimento degli uso-fruitori e gestori locali e l'ampliamento del sito da sito di ricerca a piattaforma LTSEER rappresenta una nuova frontiera anche per Tovel (Angelstam *et al.* 2018). Inoltre, la peculiare idro-geologia del Lago di Tovel fa sì che esso si comporti come un lago d'alta montagna pur trovandosi ad appena 1178 m sul livello del mare. Questo aspetto lo rende un laboratorio naturale ideale per studiare fenomeni abiotici e biotici legati ai cambiamenti globali.

Prospettive future

Le attività LTER al Lago di Tovel continueranno compatibilmente con le risorse disponibili.

Abstract

Located in the Adamello Brenta Natural Park (Trentino, Italy), Lake Tovel (46.26137N, 10.94934E; 1178 m a.s.l.) enjoys a high conservation status, as conferred by the RAMSAR Convention and UNESCO (part of the World Heritage site *The Brenta Dolomites*). This cold, clear, oligotrophic lake has been studied by the Fondazione Edmund Mach (FEM) continuously since 1995 and is part of the LTER network since 2012 and of the GLEON network (www.gleon.org). Monthly sampling includes physical, chemical and biological parameters. The central-lake platform equipped with high frequency sensors gives us the opportunity to investigate environmental processes at lower temporal scales respect to traditional limnological sampling. The lake's hydrology, heavily dependent on snow from the Brenta Mountains, makes it an ideal site to investigate and document the effects of climate change on alpine lakes. Ongoing research has focused on the importance of hydrology in structuring the planktic community, the functional diversity of plankton, the ecophysiology of some psychrophilic algae, lake metabolism, and the use of stable isotopes as environmental tracers. A complete list of publications is available at our site <https://lter-tovel.fmach.it>.

Lago di Anterselva

Autori

Renate Alber, Samuel Vorhauser

Affiliazioni

Provincia autonoma di Bolzano, Agenzia Provinciale per l'Ambiente e la tutela del clima, Laboratorio Biologico, Via Sottomonte 2, 39055 Laives (BZ).

Sigla: IT09-006-A.

Responsabile sito: Renate Alber.

DEIMS.ID: <https://deims.org/e8342e5a-849b-4eba-8a99-249d285b5094>



Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago di Anterselva si trova ad un livello di 1642 m s.l.m. Ha una profondità massima di 38 m e si estende su 43,3 ettari, quindi è il terzo lago per superficie tra i laghi naturali della provincia di Bolzano e per il suo fascino da sempre frequentato da turisti. Il lago, interamente circondato da bosco di conifere, si è formato per sbarramento e si trova attualmente in uno stato oligotrofico. Il bacino imbrifero è costituito da rocce acide e morene. Il territorio circostante presenta arbusti, rocce con vegetazione pioniera e pascolo.

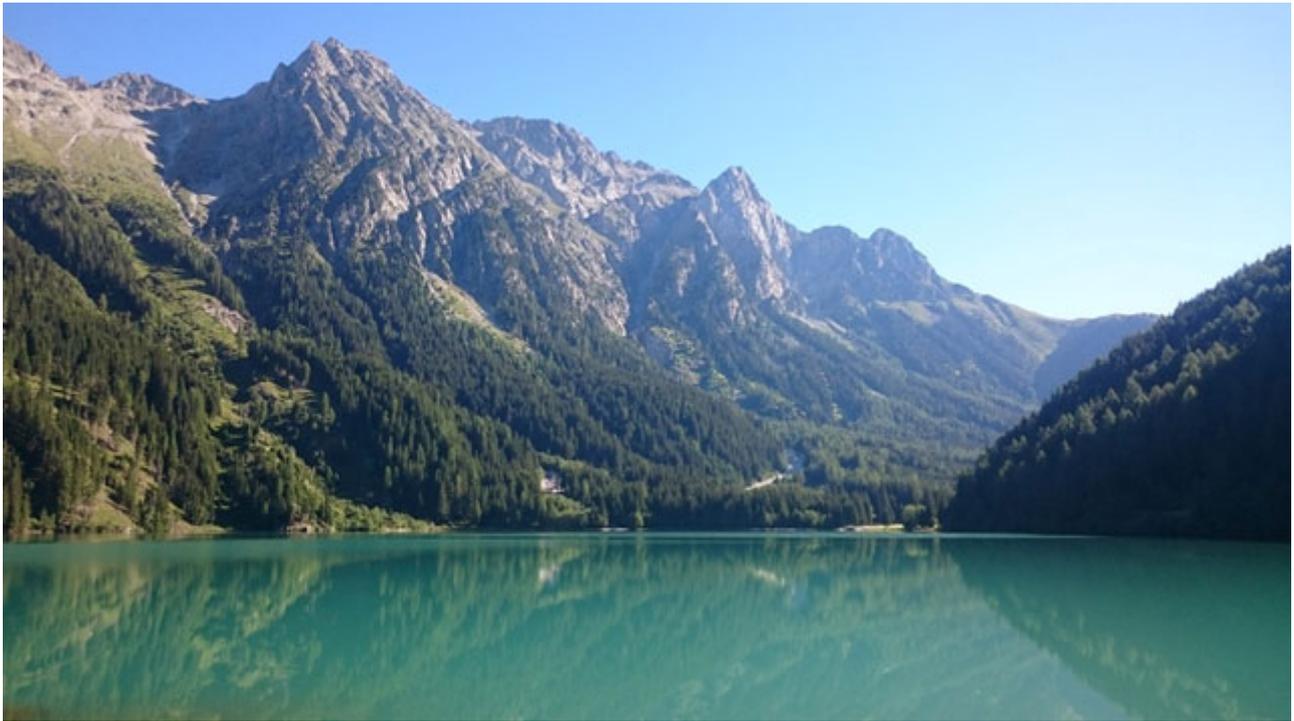


Fig. 8 - Il Lago di Anterselva (Foto: Laboratorio Biologico)

Dal 1979 il lago è oggetto di studio allo scopo di monitorare il suo stato limnologico ed il suo sviluppo nel tempo con rilevamenti effettuati ad intervalli irregolari durante l'intero anno. Vengono analizzati parametri biotici (clorofilla, fitoplancton e zooplancton) e abiotici (temperatura, alcalinità, conducibilità, durezza, pH, concentrazioni di calcio, cloruri, silice, potassio, magnesio, fosforo reattivo, sodio, ammonio, nitrati, ossigeno disciolto, solfati, fosforo disciolto, ferro, azoto totale, carbonio totale, fosforo totale, e il livello del lago). Dal 2008 è sottoposto al rilevamento dei diversi elementi biologici previsto dalla direttiva europea sulle acque: oltre al fitoplancton sono analizzati e valutati ad intervalli prestabiliti anche le macrofite, la fauna bentonica e i pesci.

Poiché il lago è situato in una zona caratterizzata dalla presenza di “rock-glacier”, i dati di lungo termine di chimica, fisica e plancton possono contribuire ad individuare gli effetti dei cambiamenti climatici (scioglimento di permafrost).

Risultati

In Fig. 9 sono riportati gli andamenti dei principali parametri monitorati nel Lago di Anterselva; lo stesso monitoraggio viene svolto, sempre dal 1979, anche negli altri siti di ricerca.

Nonostante le fluttuazioni annuali e stagionali di fosforo totale e clorofilla si può notare che i valori sono molto bassi: il fosforo totale a partire degli anni 2007 tende a diminuire e comunque sta attorno a 5 µg/l. Anche i valori di azoto nitrico, ammoniacale e organico totale mostrano una leggera tendenza a diminuire in questo millennio. I valori minimi di ossigeno disciolto non vanno mai a 0 e i valori massimi sono quasi sempre a livello di saturazione (Fig. 9).

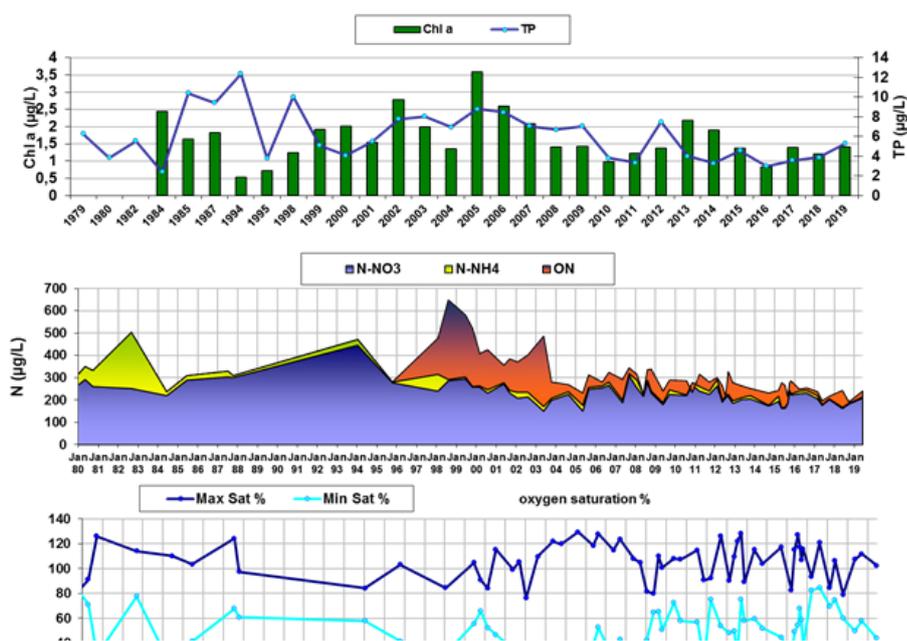


Fig. 9 - Andamenti dei principali parametri monitorati nel Lago di Anterselva durante l'intero periodo di osservazioni a lungo termine

Nel Lago di Anterselva sono stati condotti studi su rotiferi in collaborazione con la Fondazione Mach (Obertegger *et al.* 2007a, 2007b, 2010). Le lunghe serie di dati disponibili sul sito vengono messe a disposizione di altri istituti di ricerca come l'EURAC (European Research Academy) e l'Istituto di Senckenberg, come anche il Wassercluster di Lunz.

Prospettive future

Si prevede di mantenere le attività di ricerca e le collaborazioni.

Abstract

Lake Anterselva is located in the province of Bolzano and the main monitoring activity is done by the Biological Laboratory of the Environmental Agency of the province of Bolzano. The lake has been monitored for chemical and physical parameters since 1979. Because of its high naturalistic value, Lake Anterselva is part of the European network monitoring programme since 2008 and is subjected to the survey of various biological elements according to the European WFD directive: in addition to phytoplankton, macrophytes, benthic fauna and fish are analyzed and evaluated at predetermined minimum intervals as well. The zooplanktonic composition is also monitored.

Lake Anterselva lies at 1642 m a.s.l., it has a maximum depth of 38 m and a surface area of 43,3 ha. The lake, wholly surrounded by conifers wood, is of barrier origin and has presently an oligotrophic state. Being situated in an area of rock-glacier, the long-term data of chemistry, physics and plankton of this lake may be useful to identify the effects of climate change.

Autori

Renate Alber, Samuel Vorhauser

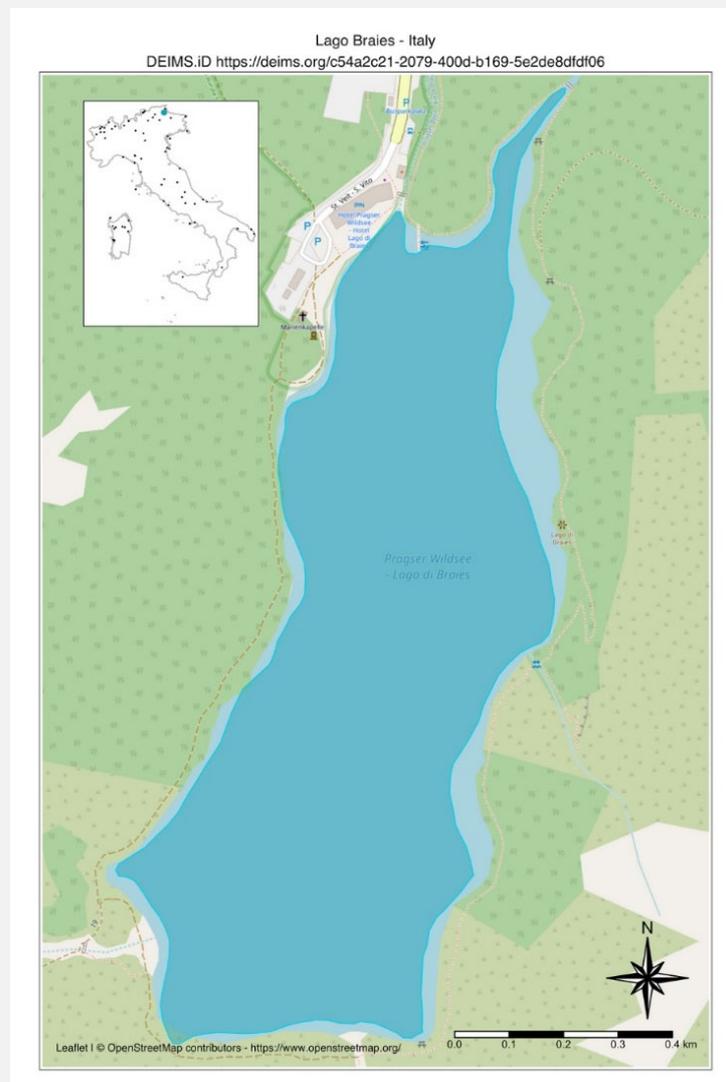
Affiliazione

Provincia autonoma di Bolzano, Agenzia Provinciale per l'Ambiente e la tutela del clima, Laboratorio Biologico, Via Sottomonte 2, 39055 Laives (BZ).

Sigla: IT09-007-A.

Responsabile sito: Renate Alber.

DEIMS:ID: <https://deims.org/c54a2c21-2079-400d-b169-5e2de8dfdf06>



Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago di Braies si trova ad un livello di 1496 m s.l.m. Ha una profondità massima di 36 m e si estende su 33 ha. Il Lago di Braies è il quarto lago per superficie tra i laghi naturali della provincia di Bolzano e attira nel periodo estivo per il suo fascino paesaggistico molti visitatori, è stato anche scenario delle riprese del film “Un passo dal cielo”. Il lago è oligotrofico e si è formato per sbarramento. Il bacino imbrifero è costituito quasi esclusivamente da rocce calcaree. Il suolo del bacino presenta roccia, pascolo, bosco, arbusti e vegetazione pioniera. Il lago è alimentato prevalentemente da acque di scioglimento della neve che arrivano al lago principalmente attraverso sorgenti sotterranee. Anche gli effluenti sono principalmente sotterranei. Le fluttuazioni annuali di livello sono di 3-4 m.



Fig. 10 - Il Lago di Braies (Foto: Laboratorio Biologico)

Dal 1979 il Lago di Braies è oggetto di studio allo scopo di monitorare lo stato limnologico e lo sviluppo nel tempo (Irmeler *et al.* 2006), sebbene ad intervalli irregolari durante l'anno. Vengono analizzati parametri biotici (clorofilla, fitoplancton e zooplancton) e abiotici (temperatura alcalinità, conducibilità, durezza, pH, concentrazioni di calcio, cloruri, silice, potassio, magnesio, fosforo reattivo, sodio, ammonio, nitrati, ossigeno disciolto, solfati, fosforo disciolto, ferro, azoto totale, carbonio totale, fosforo totale, e il livello del lago). Per il suo elevato valore naturalistico il lago dal 2008 fa parte della rete europea di monitoraggio ed è sottoposto al rilevamento dei diversi elementi biologici previsti dalla direttiva europea sulle acque: oltre al fitoplancton sono analizzati e valutati ad intervalli prestabiliti anche le macrofite, la fauna bentonica e i pesci.

Risultati

Come il Lago di Anterselva, anche il Lago di Braies presenta valori di fosforo totale e clorofilla molto bassi. Il fosforo totale è infatti attorno a 4 µg/l e non supera mai valori di 7 µg/l. Le concentrazioni di azoto nitrico, ammoniacale e organico totale tendono a diminuire negli ultimi 10 anni. Le concentrazioni minime di ossigeno disciolto sono quasi sempre superiori al 40% come saturazione (Fig. 11).

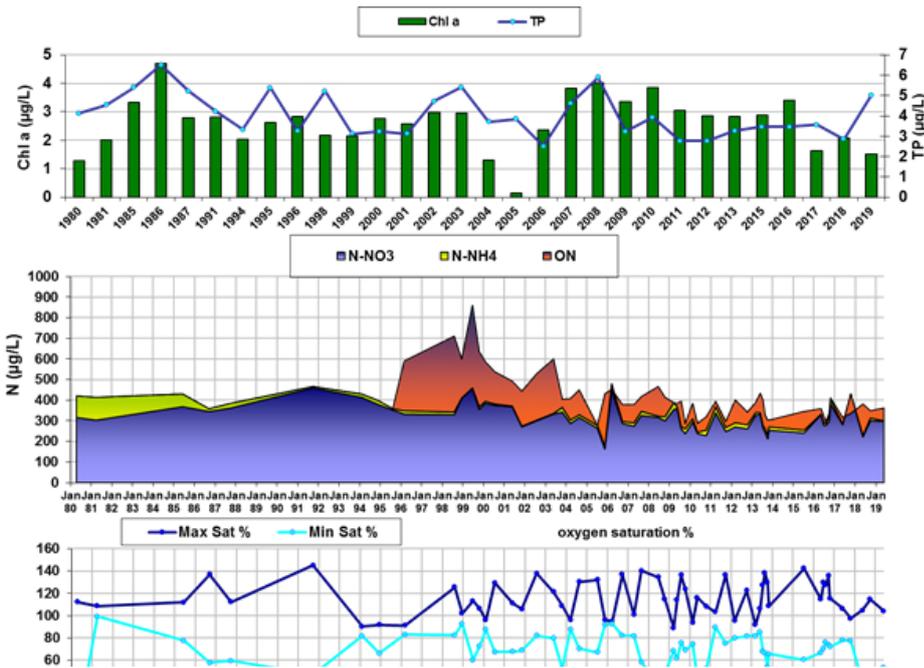


Fig. 11 - Andamenti dei principali parametri monitorati nel Lago di Braies durante l'intero periodo di osservazioni a lungo termine

Nel Lago di Braies sono stati condotti studi su rotiferi in collaborazione con la Fondazione Mach (Obertegger *et al.* 2007a, 2007b, 2010). Le lunghe serie di dati disponibili sul sito vengono messe a disposizione di altri istituti di ricerca come l'EURAC (European Research Academy) e l'Istituto di Senckenberg, come anche il Wassercluster di Lunz.

Prospettive future

Si prevede di mantenere le attività di ricerca e le collaborazioni.

Abstract

Lake Braies is located in the province of Bolzano and the main monitoring activity is done by the Biological Laboratory of the Environmental Agency of the province of Bolzano. The lake has been monitored about its chemical and physical parameters since 1979. Because of its high naturalistic value, lake Braies is part of the European network monitoring programme since 2008 and is subjected to the survey of its various biological elements according to the European WFD directive: in addition to phytoplankton, macrophytes, benthic fauna and fish are analysed and evaluated at predetermined minimum intervals as well. The zooplanktonic composition is also monitored.

Lake Braies lies at 1496 m a.s.l, it has a maximum depth of 36 m and a surface area of 33 ha. The lake is oligotrophic and was formed by damming. The lake is fed primarily by snowmelt water that reaches the lake mainly through underground springs. The outlet is also mostly underground. The annual fluctuations in level are of 3-4 m.

Lago Piccolo di Monticolo

Autori

Renate Alber, Samuel Vorhauser

Affiliazione

Provincia autonoma di Bolzano, Agenzia Provinciale per l'Ambiente e la tutela del clima, Laboratorio Biologico, Via Sottomonte 2, 39055 Laives (BZ).

Sigla: IT09-008-A.

Responsabile sito: Renate Alber.

DEIMS-ID: <https://deims.org/7d2699f6-ae7b-4b00-a3b0-24b24bfa1334>



Descrizione del sito e delle sue finalità

Il Lago Piccolo di Monticolo si trova ad un livello di 519 m s.l.m. Ha una profondità massima di 14,8 m e si estende su 5,2 ha. Si trova su formazioni geologiche di porfido ed è stato formato da escavazioni glaciali. Il lago non possiede affluenti e viene alimentato solamente da precipitazioni e acqua di falda.



Fig. 12 - Andamenti dei principali parametri monitorati nel Lago Piccolo di Monticolo durante l'intero periodo di osservazioni a lungo termine

L'effluente spesso non porta acqua.

Il lago si trova in condizioni intermedie tra eutrofia e mesotrofia. Tali condizioni sono dovute al ridotto ricambio, alle caratteristiche morfologiche (cuvetta lacustre a pareti ripide, estensione della zona di fondo), alla balneazione e alla gestione della pesca. Per alleviare gli effetti dell'eutrofizzazione, dal 1978 viene eseguita ogni anno durante il periodo invernale di copertura ghiacciata un'ossigenazione artificiale delle acque. Dal febbraio 1979 si effettua, quando il livello del

lago lo permette, una saltuaria emunzione selettiva delle acque del fondo (Thaler & Tait 1981, 1995). L'ossigenazione rappresenta un provvedimento di sostegno che non è in grado di abbassare i nutrienti, ma solo di alleviare le manifestazioni negative dell'eutrofizzazione. L'asporto dell'acqua del fondo non ha effetti immediati sulla chimica dell'acqua del lago, perché le quantità periodicamente asportate sono limitate e perché il sedimento ha accumulato negli anni passati grandi quantità di nutrienti che ora rilascia lentamente.

Il Lago Piccolo di Monticolo viene monitorato dal 1979. Vengono analizzati parametri biotici (clorofilla, fitoplancton e zooplancton) e abiotici (temperatura, alcalinità, conducibilità, durezza, pH, concentrazioni di calcio, cloruri, silice, potassio, magnesio, fosforo reattivo, sodio, ammonio, nitrati, ossigeno disciolto, solfati, fosforo disciolto, ferro, azoto totale, carbonio totale, fosforo totale, e il livello del lago). Negli anni passati è stata individuata anche per la prima volta in provincia di Bolzano la medusa d'acqua dolce *Craspedacusta sowerbii* (Morpurgo & Alber 2015).

Risultati

I valori più elevati di clorofilla sono stati osservati nel lago negli anni '80 e '90, agli inizi dell'attività di risanamento del lago. Anche i valori più elevati di fosforo totale risalgono a questi anni. Dopo quel periodo invece si sono attestati valori attorno a 75 $\mu\text{g/l}$, comunque elevati. L'azoto organico totale, misurato dalla metà degli anni novanta, mostra una leggera tendenza alla diminuzione. Lo stesso vale per i nitrati e per l'ammonio. I livelli di ossigeno disciolto sono molto variabili a seconda della profondità e della stagione di campionamento. In inverno nelle acque profonde spesso si osservano fenomeni di anossia (Fig. 13).

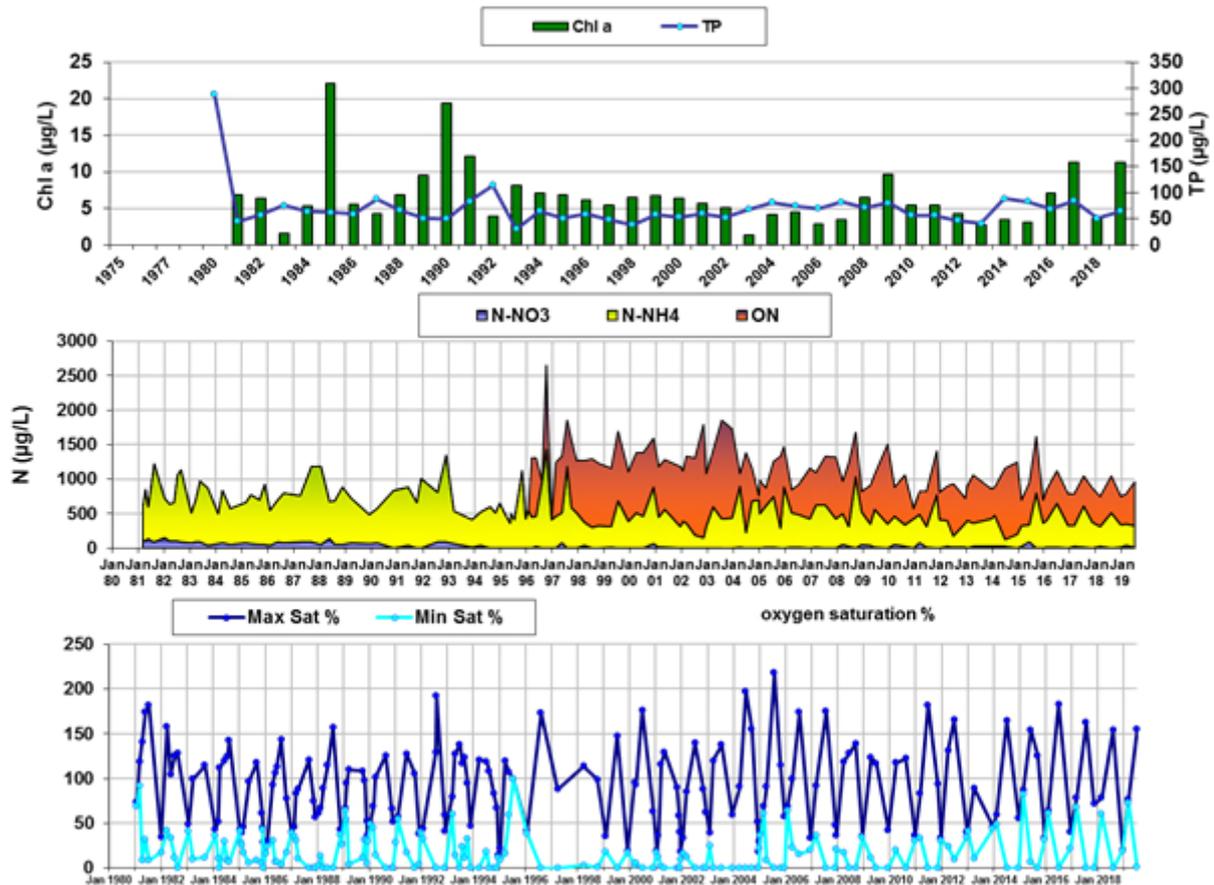


Fig. 13 - Andamenti dei principali parametri monitorati nel Lago Piccolo di Monticolo durante l'intero periodo di osservazioni a lungo termine

Nel Lago Piccolo di Monticolo sono stati condotti studi su rotiferi in collaborazione con la Fondazione Mach (Obertegger *et al.* 2007a, 2007b, 2010). Le lunghe serie di dati disponibili sul sito vengono messe a disposizione di altri istituti di ricerca come l'EURAC (European Research Academy) e l'Istituto di Senckenberg, come anche il Wassercluster di Lunz.

Prospettive future

Si prevede di mantenere le attività di ricerca e le collaborazioni.

Abstract

The Small lake of Monticolo is located in the province of Bolzano and the main monitoring activity is done by the Biological Laboratory of the Environmental Agency of the province of Bolzano. The lake has been monitored about its chemical and physical parameters since 1979. It is subjected to the survey of various biological elements: in addition to phytoplankton also zooplankton is analyzed and evaluated at predetermined minimum intervals as well.

The Small Lake of Monticolo lies at 519 m a.s.l., it has a maximum depth of 14,8 m and a surface area of 5,2 ha. The lake is surrounded by mixed forest and suffers from natural and cultural eutrophication due to slow water renewal, unfavourable morphological characteristics and the intensive anthropogenic exploitation (bathing and fish stockings).

Sitografia

<https://lter-tovel.fmach.it>
<https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/laghi.asp>
<http://www.parcoappennino.it/index.php>

Bibliografia citata nel testo

- Antonietti R., Ferrari I., Rossetti G., Tarozzi L., Viaroli P. (1988). Zooplankton structure in an oligotrophic mountain lake in Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 545-552.
- Arrighetti A., Siligardi M. (1979). Analisi idrobiologiche al lago di Tovel (TN). *Quaderni di Esperienze e Ricerche* 5: 1-69.
- Baldi E. (1941). Ricerche idrobiologiche sul lago di Tovel. *Memorie del Museo di Storia Naturale della Venezia Tridentina* 6: 1-297.
- Bondavalli C., Bodini A., Rossetti G., Allesina S. (2006). Detecting stress at the whole ecosystem level. The case of a mountain lake: Lake Santo (Italy). *Ecosystems* 9: 768-787.
- Borghi B., Borsato A., Cantonati M., Corradini F., Flaim G. (eds) (2006). Studio sul mancato arrossamento del Lago di Tovel. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica* 81: 1-472.
- Brian A. (1927). Copepodi raccolti in alcuni laghi delle Alpi e dell'Appennino e descrizione di nuove forme di *Diaptomus*. *Mem. Soc. Entomol. Ital.* 6: 26-36.
- Brian A. (1924). Il lago Santo Parmense sotto l'aspetto faunistico. *Biblioteca della "Giovane Montagna"* 27 2-11.
- Ferrari I., Ascolini A., Bellavere C. (1977). Considerazioni conclusive sui risultati di ricerche pluriennali al Lago Santo Parmense. *L'Ateneo Parmense – Acta Naturalia* 13: 433-444.
- Ferrari I., Bellavere C., Antonietti R. (1973). Ricerche su idrochimica, biocenosi planctoniche e zoobenton del Lago Santo Parmense (Appennino Settentrionale). *L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia* vol. IX – fasc. 3.
- Guilizzoni P., Marchetto A., Lami A., Cameron N.G., Appleby P.G., Rose N.L., Schnell Ø.A., Belis C.A., Giorgis A., Guzzi L. (1996). The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, Central Alps, Italy) for the last c. 100 years: a multidisciplinary, paleolimnological study. *J. Paleolimnol.* 15: 245-264.
- Irmmler R., Daut G., Mäusbacher R. (2006). A debris flow calendar derived from sediments of Lake Lago di Braies (N. Italy). *Geomorphology* 77: 69-78.
- Maldini M., Nonnis Marzano F., Piccinini A., Rossetti G., Arduini F., Pedesini U., Gandolfi G. (2004). Caratterizzazione morfologica ed ecologica del Salmerino alpino (*Salvelinus alpinus* L. 1758) del Lago Santo Parmense. *Biol. Amb.* 18: 1-6.
- Marchetto A., Mosello R., Rogora M., Manca M., Boggero A., Morabito G., Musazzi S., Tartari G.A., Nocentini A.M., Pugnetti A., Bettinetti R., Panzani P., Armiraglio M., Cammarano P., Lami A. (2004). The chemical and biological response of two remote mountain lakes in the Southern Central Alps (Italy) to twenty years of changing physical and chemical climate. *Journal of Limnology* 63: 77-89.
- Moroni A. (1954). Primi risultati e metodologia delle ricerche idrobiologiche al Lago Santo Parmense. *Bollettino Zoologia* 21:223-229.
- Moroni A. (1962). I laghi della Val Parma. Edizioni de "L'Ateneo Parmense", Parma, pp. 132.
- Mosello R., Marchetto A., Boggero A., Brizzio M.C., Tartari G.A., Rogora M. (1999). Pluriannual evolution of the hydrochemistry of two alpine lakes (Lake Paione Inferiore and Lake Paione Superiore, Ossola Valley) in relation to atmospheric loads. *Journal of Limnology* 58: 43-49.
- Mosello R., Marchetto A., Brizzio M.C., Rogora M., Tartari G.A. (2000). Results from the Italian Participation in the International Co-operative programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes (ICP Waters). *J. Limnol.* 59: 47-54.

-
- Obertegger U., Thaler B., Flaim G. (2007a). Habitat constraints of *Synchaeta* (Rotifera) in lakes (Trentino-South Tyrol, Italy). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 30: 302-306.
- Obertegger U., Thaler B., Flaim G. (2007b). Vorkommen der Gattung *Synchaeta* Ehrenberg, 1832 (Rotifera: Monogononta: Synchaetidae) in den Seen Südtirols. *Gredleriana* 7: 141-154.
- Paganelli A. (1992). Lake Tovel (Trentino): limnological and hydrobiological aspects. *Memorie Istituto italiano Idrobiologia* 50: 225-257.
- Paris G., Rossetti G., Giordani G., Manzoni C., Ferrari I. (1993). Plankton seasonal succession in a small mountain lake (Lago Scuro Parmense, Northern Italy). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 776-779.
- Primicerio R., Rossetti G., Amundsen P.-A., Klemetsen A. (2007). Impact of climate change on arctic and alpine lakes: Effects on phenology and community dynamics. In: Ørbæk J.B., Kallenborn R., Tombre I., Hegseth E.N., Falk-Petersen S., Hoel A.H. (eds), *Arctic Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 51-69.
- Rossetti G. (2005). Fungal parasitism in freshwater calanoid populations: ecological consequences and possible mechanisms involved in the infection process. *Hydrobiologia* 548: 167-176.
- Rossetti G., Bartoli A., Landi S., Ferrari I. (2006). Evolution of the zooplankton community in a mountain lake in the last fifty years. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 2209-2216.
- Thaler B., Tait D. (1981). Lago Piccolo di Monticolo: Effetti degli interventi di ossigenazione e di emunzione selettiva negli anni 1979 e 1980. *Annali Laboratorio Biologico. Provincia. Autonoma di Bolzano* 2: 132-193.
- Thaler B., Tait D. (1995). Restoration of a small meromictic lake: effects on water chemistry and stratification. *Limnologica* 25(3): 193-210.
- Tonolli V. (1949). Gli alti laghi della Val Bognanco. Parte II. *Memorie Istituto italiano Idrobiologia* 5: 39-93.
- Viaroli P., Ferrari I., Mangia A., Rossi V., Menozzi P. (1992). Sensitivity to acidification of Northern Apennine lakes (Italy) in relation to watershed characteristics and wet deposition. In Mosello R., Whatne B.M., Giussani G. (Eds), *Limnology on groups of remote mountain lakes: ongoing and planned activities*. Documenta Ist. Ital. Idrobiol. 32: 93-105.
- Viaroli P., Ferrari I., Paris G., Rossetti G., Menozzi P. (1994). Limnological research on Northern Apennine lakes (Italy) in relation to eutrophication and acidification risk. *Hydrobiologia* 274: 155-162.
- Wright R.F., Camarero L., Cosby B.J., Ferrier R.C., Forsius M., Helliwell R., Jenkins A., Kopacek J., Majer V., Moldan F., Posch M., Rogora M., Schöpp W. (2005). Recovery of acidified European surface waters. *Environ. Sci. Technol.*, 39: 64A-74A.

Prodotti del macrosito. Ultimi 10 anni

Lavori ISI

- Anesi A., Obertegger U., Hansen G., Sukenik A., Flaim G., Guella G. (2016). Comparative Analysis of membrane lipids in psychrophilic and mesophilic freshwater dinoflagellates. *Frontiers in Plant Science* 7:524. DOI: 10.3389/fpls.2016.00524
- Angelstam P., Manton M., Elbakidze M., Sijtsma F., Adamescu M.C., Avni N., Beja P., Bezak P., Zyablikova I., Cruz F., Bretagnolle V., Díaz-Delgado R., Ens B., Fedoriak M., Flaim G., Gingrich G., Iavi-Neeman M., Medinets S., Melecis V., Muñoz-Rojas J., Schäckerman J., Stocker-Kiss A., Setälä H., Stryamets H., Taka M., Tallec G., Tappeiner U., Törnblom J., Yamelnyets T. (2018). LTSER platforms as a place-based transdisciplinary research infrastructure: Learning landscape approach through evaluation. *Landscape Ecology* 34: 1461-1484. DOI: 10.1007/s10980-018-0737-6
- Bertani I., Primicerio R., Rossetti G. (2016). Extreme climatic event triggers a lake regime shift that propagates across multiple trophic levels. *Ecosystems* 19: 16-31.

- Block B.D., Denfeld B.A., Stockwell J.D., Flaim G., Grossart H-P.F., Knoll L.B., Maier D.B., North R.L., Rautio M., Rusak J.A., Sadro S., Weyhenmeyer G.A., Bramburger A., Branstrator D.K., Hampton S.E. (2018). The unique methodological challenges of winter limnology. *Limnology and Oceanography Methods* 17: 42-57. Doi: 10.1002/lom3.10295.
- Boggero A., Basset A., Austoni M., Barbone E., Bartolozzi L., Bertani I., Campanaro A., Cattaneo A., Cianferoni F., Corriero G., Martin Dörr A., Concetta Elia A., Ficetola G.F., Kamburska L., La Porta G., Lauceri S., Ludovisi A., Gaino E., Goretti E., Lorenzoni M., Manca M., Marchetto A., Morabito G., Nonnis Marzano F., Oggioni A., Pierri C., Riccardi N., Rossetti G., Ungaro N., Volta P., Zaupa S., Fontaneto D. (2014). Weak effects of habitat type on susceptibility to invasive freshwater species: an Italian case study. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24: 841-852.
- Camarero L., Rogora M., Mosello R., Anderson J., Barbieri A., Botev I., Kernan M., Kopacek J., Korhola A., Lotter A., Muri G., Postolache C., Stuchlik E., Thies H., Wright R.F. (2009). Regionalisation of chemical variability in European mountain lakes. *Freshwater Biology* 54: 2452-2469.
- Cellamare M., Lançon A.M., Leitao M., Cerasino L., Obertegger U., Flaim G. (2016). Phytoplankton functional response to spatial and temporal differences in a cold and oligotrophic lake. *Hydrobiologia* 764: 199-209.
- Cieplinski A., Weisse T., Obertegger U. (2017). High diversity in *Keratella cochlearis* (Rotifera, Monogononta): morphological and genetic evidence. *Hydrobiologia* 796: 145-159.
- Colangelo P., Fontaneto D., Marchetto A., Ludovisi A., Basset A., Bartolozzi L., Bertani I., Campanaro A., Cattaneo A., Cianferoni F., Corriero G., Ficetola G.F., Nonnis-Marzano F., Pierri C., Rossetti G., Rosati I., Boggero A. (2017). Alien species in Italian freshwater ecosystems: a macroecological assessment of invasion drivers. *Aquatic Invasions*, 12(3): 299-309.
- De Marco A., Proietti C., Anav A., Ciancarella L., D'Elia I., Fares S., Fornasier M.F., Fusaro L., Gualtieri M., Manes F., Marchetto A., Mircea M., Paoletti E., Piersanti A., Rogora M., Salvati L., Salvatori E., Screpanti A., Vialetto G., Vitale M., Leonardi C. (2019). Impacts of air pollution on human and ecosystem health, and implications for the National Emission Ceilings Directive: Insights from Italy. *Environment international* 125: 320-333.
- Flaim G., Camin F., Tonon A., Obertegger U. (2013). Stable isotopes of lakes and precipitation along an altitudinal gradient in the Eastern Alps. *Biogeochemistry* 116: 187-198. DOI: 10.1007/s10533-013-9855-z.
- Flaim G., Obertegger U., Anesi A., Guella G. (2014). Temperature-induced changes in lipid biomarkers and mycosporine-like amino acids in the psychrophilic dinoflagellate *Peridinium aciculiferum*. *Freshwater Biology* 59 (5): 985-997. DOI: 10.1111/fwb.12321 doi:10.1111/fwb.12321.
- Flaim G., Obertegger U., Guella G. (2012). Changes in galactolipid composition of the cold freshwater dinoflagellate *Borghiella dodgei* in response to temperature. *Hydrobiologia* 698 (1): 285-293. DOI: 10.1007/s10750-012-1070-8.
- Flaim G., Rott E., Frassanito R., Guella G., Obertegger U. (2010). Eco-fingerprinting of the dinoflagellate *Borghiella dodgei*: experimental evidence of a specific environmental niche. *Hydrobiologia* 639: 85-98. DOI: 10.1007/s10750-009-0013-5.
- Flaim G., Nishri A., Camin F., Corradini S., Obertegger U. (2019). Shift from nival to pluvial recharge of an aquifer-fed lake increases water temperature. *Inland Waters*. DOI: 10.1080/20442041.2019.1582958.
- Frassanito R., Cantonati M., Flaim G., Mancini I., Guella G. (2008). A new analytical method for the structural characterization of carotenoid esters in freshwater microorganisms by liquid chromatography electrospray tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 22: 3531-3539.
- Garmo Ø.A., Skjelkvåle B.L., de Wit H.A., Colombo L., Curtis C., Fölster J., Hoffmann A., Hruška J., Høgåsen T., Jeffries D.S., Keller W., Krám P., Majer V., Monteith D.T., Paterson A.M., Rogora M., Rzychon D., Steingruber S., Stoddard J.L., Vuorenmaa J., Worsztynowicz. A. (2014). Trends in Surface

Water Chemistry in Acidified Areas in Europe and North America from 1990 to 2008. *Water Air Soil Pollut.* 225: 1880.

- Helliwell R., Wright R., Jackson-Blake L., Ferrier R., Aherne J., Cosby B.J., Evans C., Forsius M., Hruska J., Jenkins A., Krám P., Kopacek J., Majer V., Moldan F., Posch M., Potts J., Rogora M., Schoepp W. (2014). Assessing recovery from acidification of European surface waters in the year 2010: An evaluation of projections made with the MAGIC model in 1995. *Envir. Sci. Technol.* 48: 13280-13288.
- Marcé R., Glen G., Buscarinu P., Deidda M., Dunalska J., de Eyto E., Flaim G., Grossart H.P., Istvanovics V., Lenhardt M., Moreno Ostos E., Obrador B., Ostrovsky I., Pierson D.C., Potužák J., Poikane S., Rinke K., Rodríguez-Mozaz S., Staehr P.A., Šumberová K., Waajen G., Weyhenmeyer G.A., Weathers K.C., Zion M., Ibelings B.W., Jennings E. (2016). Automatic high frequency monitoring for improved lake and reservoir management. *Environmental Science & Technology* 50(20): 10780-10794. DOI: 10.1021/acs.est.6b01604.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi F., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotta F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A., Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of the Total Environment* 627: 373-387. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.153.
- Obertegger U., Borsato A., Flaim G. (2010). Rotifer-crustacean interactions in a pseudokarstic lake: influence of hydrology. *Aquatic Ecology* 44: 121-130.
- Obertegger U., Camin F., Guella G., Flaim G. (2011). Adaptation of a psychrophilic freshwater dinoflagellate to ultraviolet radiation. *Journal of Phycology* 47: 811-820. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2011.01025.
- Obertegger U., Flaim G., Fontaneto D. (2014). Cryptic diversity within the rotifer *Polyarthra dolichoptera* along an altitudinal gradient. *Freshwater Biology*. 59 (11):2413-2427. DOI: 10.1111/fwb.12447.
- Obertegger U., Flaim G., Sommaruga R. (2008). Multifactorial nature of rotifer water layer preferences in an oligotrophic lake. *Journal of Plankton Research* 30(6): 633-643.
- Obertegger U., Flaim G. (2015). Community assembly of rotifers based on morphological traits. *Hydrobiologia* (2015) 753:31-45. DOI: 10.1007/s10750-015-2191-7.
- Obertegger U., Flaim G. (2018). Taxonomic and functional diversity of rotifers, what do they tell us about community assembly? *Hydrobiologia* 823(1): 79-91. DOI: 10.1007/s10750-018-3697-6.
- Obertegger U., Fontaneto D., Flaim G. (2012). Using DNA taxonomy to investigate the ecological determinants of plankton diversity: explaining the occurrence of *Synchaeta* spp. (Rotifera, Monogononta) in mountain lakes. *Freshwater Biology* 57: 1545-1553. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2012.02815.
- Obertegger U., Obrador B., Flaim G. (2017). Dissolved oxygen dynamics under ice: Three winters of high-frequency data from Lake Tovel, Italy. *Water Resources Research* 53 (8): 7234-7246. DOI: 10.1002/2017WR020599.
- Obertegger U., Bertilsson S., Pindo M., Larger S., Flaim G. (2018). Temporal variability of bacterioplankton is habitat driven. *Molecular Ecology*. DOI: 10.1111/mec.14855.
- Obertegger U., Pindo M., Flaim G. (2019). Multifaceted aspects of synchrony between freshwater prokaryotes and protists. *Molecular Ecology*, 28(19), 4500-4512.
- Obertegger U., Thaler B., Flaim G. (2010). Rotifer species richness along an altitudinal gradient in the Alps. *Global Ecology and Biogeography* 19: 895-904.

- Perini M., Camin F., Corradini F., Obertegger U., Flaim G. (2009). Use of $\delta^{18}\text{O}$ in the interpretation of hydrological dynamics in lakes. *Journal of Limnology* 68(2): 174-182. DOI: 10.3274/JL09-68-2-02.
- Rogora M., Frate L., Carranza M.L., Freppaz M., Stanisci A., Bertani I., Bottarin R., Brambilla A., Canullo R., Carbognani M., Cerrato C., Chelli S., Cremonese E., Cutini M., Di Musciano M., Erschbamer B., Godone D., Iocchi M., Isabellon M., Magnani A., Mazzola L., Morra di Cella U., Pauli H., Petey M., Petriccione B., Porro F., Psenner R., Rossetti G., Scotti A., Sommaruga R., Tappeiner U., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Viglietti D., Viterbi R., Vittoz P., Winkler M. Matteucci G. (2018). Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines. *Science of the Total Environment* 624: 1429-1442.
- Rogora M., Colombo L., Lepori F., Marchetto A., Steingruber S., Tornimbeni O. (2013). Thirty years of chemical changes in alpine acid-sensitive lakes in the Alps. *Water Air Soil Pollut.* 224: 1746.
- Seelen L.M.S., Flaim G., Keuskamp J., Teurlincx S., Arias Font R., Tolunay R., Fránková M., Šumberová K., Temponeras M., Lenhardt M., Jennings E., de Senerpont Domis L. (2018). An affordable and reliable assessment of aquatic decomposition: Tailoring the Tea Bag Index to surface waters. *Water Research* 151: 31-43.
- Tavernini S., Primicerio R., Rossetti G. (2009). Zooplankton assembly in mountain lentic waters is primarily driven by local processes. *Acta Oecologica* 35: 22-31.
- Tornimbeni O., Rogora M. (2012). An evaluation of trace metals in high altitude lakes of the Central Alps: present levels, origins and possible speciation in relation to pH values. *Wat. Air Soil Pollut.* 223: 1895-1909.

Lavori non ISI

- Bertani I., Segers H., Rossetti G. (2009). Monogonont rotifers (Rotifera: Monogononta) from Northern Apennines lakes: new and rare taxa for Italy. *St. Trent. Sc. Nat. – Acta Biol.* 86: 71-74.
- Boggero A. (2018). Macroinvertebrates of Italian mountain lakes: a review. *Redia-Journal of Zoology*, 101: 35-45.
- Boggero A., Garzoli L., Varini G. (2017). An historical and geographic data set on the distribution of macroinvertebrates in Italian mountain lakes. *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography*, 32(1): 77-87.
- Dumnicka E., Boggero A. (2017). *Cernosvitoviella* Species (Oligochaeta, Enchytraeidae) from alpine freshwaters. *Research & Reviews – Journal of Zoological Sciences*, 5(2): 25-34.
- Fjellheim A., Raddum G.G., Vandvik V., Cogalniceanu D., Boggero A., Brancelj A., Dumnicka E., Galas J., Gáldean N., Kownacki A., Preda E., Rîsnoveanu G., Sporka F., Stuchlik E., Vidinova Y. (2009). Diversity and distribution patterns of benthic invertebrates along alpine gradients. A study of remote European freshwater lakes. *Advanc. Limnol.*, 62: 167-190.
- Lanucara S., Carrara P., Oggioni A., Rogora M., Kamburska L., Rossetti G. (2016). Exploiting observations and measurement data standard for distributed LTER-Italy freshwater sites. *Water quality issues. PeerJ Preprints* 4, e2233v2.
- Morpurgo M., Alber R. (2015). First record of the freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* Lankester, 1880 (Cnidaria: Hydrozoa: Limnomedusae) in South Tyrol (Italy). *Gredleriana* 15.
- Rossaro B., Boggero A., Buzzzi F., Agostinelli C., Nastasi F. (2012). Description of the larva of *Protanypus* sp. A (Diptera, Chironomidae) from the Italian Alps. *J. Entomol. Acarol. Res.*, 44 (e6): 28-31.
- Rossetti G., Ferrari I., Marchetto A., Monica C., Mosello R., Rogora M., Viaroli P. (2010). Ricerche ecologiche in laghi d'alta quota del bacino padano. In: Viaroli P., Puma F., Ferrari I. (a cura di), *Aggiornamento delle conoscenze sul bacino idrografico Padano. Sessione speciale XVIII congresso S.It.E., Parma 1-3 settembre 2008. Biologia Ambientale* 24: 179-186.

Libri e capitoli di libri

- Bodini A., Bondavalli C., Rossetti G. (2017). Ecological Succession Investigated Through Food-Web Flow Networks. In: Moore J., De Ruiter P., McCann K., Wolters V. (Eds), *Adaptive Food Webs: Stability and Transitions of Real and Model Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 164-177.
- Carrara P., Criscuolo L., Freppaz M., Lami A., Maggioni M., Oggioni A., Rogora M. (2018). Rosa... azzurro... verde! Eco-staffetta tra i siti LTER dal Monte Rosa al Lago Maggiore. In: C. Bergami, A. L'Astorina, A. Pugnetti (a cura di). *I Cammini della Rete LTER-Italia. Il racconto dell'ecologia in cammino*. Roma: CNR Edizioni. ISBN: (online) 978888080304-1, ISBN: (cartaceo) 978888080312-6. DOI: 10.32018/978888080304-1.
- Rossetti G., Flaim G., Rogora M., Thaler B. (2012). Laghi di montagna. In: R. Bertoni (a cura di), *La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia)*. Aracne Editrice, Roma, pp. 129-142. ISBN: 978-88-548-4661-6.
- Wright R.F., Aherne J., Bishop K., Dillon P.J., Erlandsson M., Evans C.D., Forsius M., Hardekopf D.W., Helliwell R.C., Hruška J., Hutchins M., Kaste Ø., Kopáček J., Krám P., Laudon H., Moldan F., Rogora M., Sjøeng A.M. and de Wit H.A. (2010). Interaction of Climate Change and Acid Deposition. In: M. Kernan, R.W. Battarbee, B. Moss (Eds). *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems*. Wiley-Blackwell: pp. 320.

Report

- Austnes K., Aherne J., Arle J., Čičendajeva M., Couture S., Fölster J., Garmo Ø., Hruška J., Monteith D., Posch M., Rogora M., Sample J., Skjelkvåle B.L., Steingruber S., Stoddard J.L., Ulańczyk R., van Dam H., Toro Velasco M., Vuorenmaa J., Wright R.F., de Wit H. (2018). Regional assessment of the current extent of acidification of surface waters in Europe and North America. ICP Waters Report 135/2018: pp. 136.
- Colombo L., Steingruber S., Rogora M., Tornimbeni O. (2013). Long-term changes in the chemistry of high altitude lakes in the Alps over 30 years. Proceedings of the 28th Task Force meeting of the ICP Waters Programme in Verbania Pallanza, Italy, October 8-10, 2012. ICP Waters Report 112/2013: 12-17.
- de Eyto E., Cooney J., Doyle B., Flaim G., Laas A., Pierson D., Jennings E. (2016). How to moor a long term station (Factsheet 004). In: Laas, A., de Eyto, E., Pierson, D. and Jennings, E. (Eds.) *NETLAKE Guidelines for automatic monitoring station development*. Technical report. NETLAKE COST Action ES1201. pp 14-18. <http://eprints.dkit.ie/id/eprint/511>.
- Rogora M. (2008). Modelling the effect of climate change on the acidification recovery of an alpine lake. Proceedings of the 23rd meeting of the ICP Waters Programme Task Force in Nancy, France, October 8-10, 2007. ICP-WATERS Report 92-2008: 29-3.
- Rossetti G., Bertani I., Laini A., Mazzini M., Bottazzi E., Ferrari I. (2008). Ricerche idrobiologiche ed ecologiche in ambienti acquatici della montagna parmense. In: *L'acqua che sarà. Costruzione del Piano di Tutela delle Acque*. Assessorato Ambiente e Tutela del Territorio, Provincia di Parma. Pitagora Editrice, Bologna, pp. 139-150.
- Viaroli P., Basset A., Bartoli M., Boggero A., Cantonati M., Ciampittiello M., Fontaneto D., Galassi D.M., Guilizzoni P., Lorenzoni M., Ludovisi A., Lugliè A., Magni P., Manca M., Morabito G., Naselli Flores L., Padedda B.M., Riccardi N., Rogora M., Rossetti G., Rossi L., Salmaso N., Sechi N., Stoch F., Tagliapietra D., Volta P. (2014). Ecosistemi di acque interne e di transizione. In: *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia*, pp. 299-329. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.

Wright R.F., Helliwell R., Hruska J., Larssen T., Rogora M., Rzychon D., Skjelkvale B.L. (2011). Impacts of Air Pollution on Freshwater Acidification under Future Emission Reduction Scenarios; ICP Waters contribution to WGE report. ICP Waters Report 108/2011: pp. 27.

Lavori divulgativi

- Boggero A., Lavalle G., Luoni T., Zaupa S., Rogora M. (2018). Il mondo segreto dei laghi alpini. *Le Rive*, 2-3: 57-67.
- Corradini S., Flaim G., Obertegger U. (2014). Il lago di Tovel tutto l'anno. *Terra Trentina* 59(4): 40-41.
- Flaim G., Obertegger U. (2011). Il lago di Tovel: un nuovo sito "LTER Italia". *Adamello Brenta* 15(3): 28-30.
- Flaim G., Obertegger U. (2012). Il Lago di Tovel – un importante sito di ricerca. *NOS Magazine* 4: 41.
- Flaim G., Corradini S., Obertegger U. (2016). Il lago di Tovel – oltre il Rosso. *Il Melo* 25: 12. (www.giornaleilmelo.eu).
- Flaim G., Corradini S., Biasi A., Obertegger U. (2017). Aggiornamenti sul lago di Tovel. *Terra Trentina* 62: 62-63.
- Flaim G., Obertegger U. (2018). Research at Lake Tovel: past, present and future. *SIL News* 73:15-17.
- Rogora M., Boggero A., Marchetto A., Mosello R., Tartari G., Zaupa S. (2014). Laghi alpini: un mondo che cambia. *Nimbus* 72: 152-157.
- Rogora M., Oggioni A., Flaim G. (2017). Il contributo della citizen science allo studio dei laghi nelle Terre Alte. In: Atti della conferenza "L'acqua nelle Terre Alte: un percorso di ricerca attraverso il sistema alpino. CNR Edizioni. ISBN: 978 88 8080 263 1.

Tesi di laurea/dottorato

- Bertani I. Nuovi contributi alle ricerche ecologiche di lungo termine in ambienti lentici del versante Nord dell'Appennino Tosco-Emiliano. Tesi di Laurea Specialistica in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse. Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.
- Bonaglia S. Comunità zooplanctoniche in tre laghi della Val Parma (Appennino Parmense) caratterizzati da diversa morfologia e intensità di impatti antropici. Tesi di Laurea Specialistica in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse. Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.
- Botturi D. Potenziale riproduttivo ed esclusione competitiva: il caso di studio di due copepodi calanoidi del genere *Eudiaptomus*. Tesi di Laurea triennale in Biologia Ecologica. Università di Parma. Anno Accademico 2009/2010.
- Cervigni C. Interazioni tra specie nella comunità zooplanctonica del Lago Scuro Parmense: analisi tramite modelli qualitativi. Tesi di Laurea Specialistica in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.
- Cieplinski A. 2018. Cryptic diversity of *Keratella cochlearis* – genetical, morphological and demographic aspects. Tesi di Dottorato. University of Innsbruck (A), Anno accademico 2017/2018: pp. 105.
- Grieco B. Stima della durata della copertura ghiacciata nel Lago Santo Parmense tramite tecniche di telerilevamento e ripercussioni sulla fenologia dei popolamenti lacustri. Tesi di Laurea Triennale in Biologia Ecologica. Università di Parma. Anno Accademico 2011/2012.
- Mazzola L. Risposte fenologiche di lungo termine in laghi di montagna: influenza di pattern climatici di larga scala. Tesi di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse. Università di Parma. Anno Accademico 2012/2013.
- Minari Simona. Dinamica di popolazione di *Daphnia longispina* (Cladocera: Crustacea) in due laghi di montagna della Val Parma. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche. Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.

-
- Monica C. Trend stagionali e di lungo termine in un lago appenninico d'alta quota: il Lago Santo Parmense. Tesi di Laurea Specialistica in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse. Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.
- Pierfederici M.E. Climate change impact on life cycle phenology and population dynamics of arctic and alpine copepods. Tesi di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse. Università di Parma. Anno Accademico 2017/2018.
- Pistocchi A. Evoluzione a lungo termine dell'idrochimica di laghi alpini d'alta quota in relazione a fattori meteo-climatici. Tesi di Laurea Triennale in Scienze dell'Ambiente e della Natura. Università degli Studi dell'Insubria. Dipartimento di scienza e alta tecnologia. Anno Accademico 2015/2016.
- Pistorio A.M. Valutazione delle caratteristiche idrochimiche di laghi d'alta quota dell'Appennino Settentrionale. Tesi di Laurea in Scienze e Tecnologie Ambientali per il Territorio e il Sistema Produttivo. Università di Parma. Anno Accademico 2007/2008.
- Somaschini L. Evoluzione a lungo termine dell'idrochimica di laghi alpini d'alta quota in relazione ai cambiamenti climatici. Tesi di Laurea specialistica in scienze e tecnologie per l'ambiente e il territorio. Università degli Studi di Milano Bicocca. Dipartimento di scienze dell'ambiente e del territorio e di scienze della terra. Anno Accademico 2016-17.
- Todeschi P. LTER Lago di Tovel: La ricostruzione delle temperature superficiali del lago (1995-2015) e confronto di diversi parametri limnologici nelle annate 2014-2015. Tesi di Laurea Magistrale in Progettazione e Gestione degli Ecosistemi Agro-territoriali, Forestali e del Paesaggio. Università di Bologna. Anno Accademico 2015/2016.
- Valentini, L. Studio della biodiversità microalgale e della chimica delle acque del Lago di Tovel, Trento (Agosto 2016). Tesi di Laurea Triennale in Biologia. Università di Padova. Anno Accademico 2016/2017.
- Zanichelli F. Ulteriori indagini su caratteristiche idrochimiche e biologiche del Lago Santo Parmense. Tesi di Laurea magistrale in Conservazione della Natura. Università di Parma. Anno Accademico 2010/2011.
- Zeni A. Morfo-fisiologia di *Spirogyra* sp. raccolta nella Baia Rossa del Lago di Tovel (TN) e sottoposta a diversi parametri ambientali. Tesi di Laurea Triennale in Scienze Biologiche. Università di Ferrara. Anno Accademico 2014/2015.