

## LE RICERCHE LIMNOLOGICHE

Molteplici sono le linee di ricerca approfondite per il lago Maggiore, che vengono portate avanti da diversi programmi di ricerca coordinati dalla Sezione 1 della Limnologia:

1. Analisi meteo-climatiche e idrologiche ed evoluzione spazio-temporale dei fenomeni estremi: raccolta di dati meteo-idrologici per migliorare la comprensione delle dinamiche limnologiche legate alla variabilità meteo-climatica; approfondendo le conoscenze sui venti e gli eventi estremi di precipitazione/siccità possono essere forniti elementi utili per la gestione degli eventi estremi e della risorsa idrica nel suo complesso. I dati raccolti in questi studi concorrono all'aggiornamento dell'indicatore del pannello di controllo L2 1 Livello lacustre.
2. Dipendenza del mescolamento invernale dall'aumento del contenuto energetico delle acque: raccolta di dati sulla fisica atmosferica locale, determinazione della profondità di mescolamento, e grado di ossigenazione degli strati profondi. Il monitoraggio dell'evoluzione fisica e idrodinamica dei laghi profondi è fondamentale in quanto spia dei cambiamenti climatici e consente di aggiornare gli indicatori del pannello di controllo (L2 3 massima profondità di mescolamento)
3. Evoluzione stagionale e a lungo termine delle caratteristiche chimiche del lago e dei suoi tributari: aggiornamento delle serie storiche per le principali variabili chimiche (pH, Ossigeno disciolto, alcalinità, ioni principali, nutrienti algali) e studio delle tendenze evolutive in relazione alle pressioni antropiche. I dati raccolti sono utilizzati per l'aggiornamento degli indicatori del pannello di controllo (L2 2 Temperatura media delle acque nello strato 0-20 m e profondo, L3 4 Trasparenza; L3 12 concentrazione media di fosforo e azoto; L3 13 Concentrazione dell'ossigeno di fondo; L4 1 carico di fosforo e azoto totale in ingresso a lago).
4. Struttura delle associazioni fitoplanctoniche nel lago e loro modificazioni in relazione a fattori di controllo trofici e climatici: raccolta dei dati necessari per l'aggiornamento degli indicatori del pannello di controllo (L3 5 clorofilla a; L3 6 fitoplancton), che forniscono informazioni sullo stato e l'evoluzione della qualità del Lago Maggiore e costituiscono un importante strumento di verifica dell'efficacia dei provvedimenti intrapresi per conseguire gli obiettivi di risanamento fissati dalla CIPAIS nel Piano d'azione.
5. Indagini sull'evoluzione del popolamento zooplanctonico nel lago Maggiore: barcoding molecolare per l'identificazione tassonomica mediante sequenze di DNA: aggiornamento della serie storica del popolamento zooplanctonico, che risponde alle diverse fasi evolutive del lago, sia relativamente al modificarsi nelle condizioni di trofia sia agli effetti delle mutate condizioni climatiche. I dati raccolti sono utilizzati per l'aggiornamento degli indicatori del pannello di controllo (L3 7 Popolamento zooplanctonico e L3 8 Dieta e competizione delle specie ittiche per le risorse alimentari).
6. Caratteristiche qualitative ed evoluzione del Carbonio Organico e delle sue frazioni: aggiornamento della serie storica del TOC, indice dello stato trofico del lago e studio del suo trend evolutivo, risultato del bilancio produzione-consumo nella catena alimentare del lago

e dell'apporto di sostanze organiche dal bacino imbrifero. Oltre questo parametro sono analizzati la frazione disciolta sia come carbonio (DOC) che come azoto (TDN) e la frazione esopolimerica (TEP) di derivazione algale e batterica. I risultati delle ricerche sono utilizzati anche per l'aggiornamento degli indicatori del pannello di controllo L3 10 Carbonio Organico Totale e L3 15 TEP.

7. Sovrapposizione della nicchia trofica tra le specie ittiche principali del lago Maggiore: le prime indagini sono state avviate nel triennio 2013-2015 con il monitoraggio del livello di sovrapposizione della nicchia trofica tra le specie ittiche principali (agone, coregonidi e gardon), ripreso anche nell'indicatore L3 8 Dieta e competizione delle specie ittiche per le risorse alimentari, espresso dal valore di indice di sovrapposizione della nicchia  $\alpha$ .
8. Presenza e distribuzione di batteri antibiotico-resistenti nelle acque del lago Maggiore: questa ricerca è stata attivata dal triennio 2013-2015 con lo scopo di valutare l'impatto sulle comunità batteriche lacustri degli antibiotici rilasciati attraverso i reflui urbani e accumulati nelle acque del lago in concentrazioni sub letali, sufficienti a lungo termine a determinare mutazioni genetiche che promuovano lo sviluppo di batteri antibiotico-resistenti pericolosi per l'uomo. I dati degli studi sono utilizzati per l'aggiornamento dell'indicatore del Pannello di controllo L3 9 Antibiotico resistenza nei batteri lacustri.

Nel programma 2019-2021 si è attuata un'estensione a livello spaziale delle indagini su nutrienti, carbonio organico (TOC), microgel organici (TEP), clorofilla e cianobatteri della frazione  $<2\mu\text{m}$  attraverso l'inclusione di una stazione di monitoraggio sita nel bacino Borromeo (Pallanza) e soggetta all'effetto degli apporti dal fiume Toce. Anche le ricerche sulla distribuzione dei geni di antibiotico resistenza (ABR) si concentreranno sui due siti di Ghiffa e Pallanza, ampliando lo spettro di analisi con ulteriori geni di resistenza.

Nel campo delle indagini sugli effetti del cambiamento climatico, il programma 2019-2021 si caratterizza per un'elevata attenzione agli eventi meteorologici estremi, in particolare sulla frequenza e distribuzione spaziale delle precipitazioni intense e sulla frequenza e durata dei periodi siccitosi e sulle loro possibili conseguenze sulla qualità complessiva del lago. Particolare attenzione sarà rivolta anche al ruolo degli eventi meteoclimatici a scala di bacino negli andamenti delle successioni fitoplanctoniche e zooplanctoniche. Infine, l'introduzione dell'utilizzo di un modello idrodinamico-ecologico consentirà inoltre di simulare l'evoluzione delle dinamiche di mescolamento, ossigeno e nutrienti a lago in diversi scenari climatici, con l'obiettivo di fornire uno strumento previsionale e di supporto alle decisioni.

Nel programma 2022-2024 si prevede un'estensione delle indagini del carbonio attraverso l'inclusione di analisi delle schiume che recentemente sono balzate all'attenzione del pubblico e del comparto turistico. Anche le ricerche sulla distribuzione dei geni di antibiotico resistenza (ABR) si concentreranno sui due siti di Ghiffa e Pallanza, ampliando la durata della serie storica che rappresenta al momento una delle più lunghe al mondo.

Per il Lago di Lugano sono state condotte ricerche limnologiche pressoché identiche a quelle svolte per il lago Maggiore, focalizzando l'attenzione sulle prospettive di risanamento, in linea con gli obiettivi di raggiungimento della condizione di mesotrofia, previsto sia dall'Ordinanza federale sulla protezione delle acque (OPAc 1998, all. 2, cfr.13) che dagli obiettivi CIP AIS indicati nel piano d'azione.

In particolare le 3 principali tipologie di indagine limnologiche sono volte a:

1. Abbattimento del carico esterno di fosforo e azoto totale;
2. Monitoraggio dell'evoluzione del carico interno dei nutrienti;
3. Monitoraggio dell'evoluzione trofica.

Per il prossimo triennio di ricerche (2022-2024) viene proposto di dare maggior estensione spaziale alle ricerche all'interno del lago, mantenendo tuttavia inalterato l'approccio intensivo nelle stazioni più rappresentative dei maggiori sotto-bacini (Gandria per il bacino nord e Figino per il bacino sud). L'estensione spaziale è importante perché le condizioni misurate nelle stazioni storiche a centro lago potrebbero essere poco rappresentative delle zone litorali, inclusi i golfi minori, che rappresentano una porzione del bacino lacustre importante per vari usi e servizi, tra cui spicca l'approvvigionamento in acqua potabile. L'estensione spaziale delle ricerche comporterà l'introduzione di indagini limnologiche in stazioni rappresentanti bacini minori. Questi nuovi studi avranno un carattere più estensivo (misura di un minor numero di variabili in un maggior numero di stazioni) rispetto all'approccio intensivo mantenuto nelle stazioni principali di Gandria e Figino. Il mantenimento di queste due stazioni pelagiche consentirà comunque di verificare gli effetti delle misure di risanamento intraprese negli ultimi decenni e garantirà la continuità della serie storica dei dati.

Al fine di quantificare meglio la variabilità spazio-temporale delle condizioni limnologiche su tutto il lago si propone anche uno studio per valutare la possibilità di ottenere misure di Clorofilla-a e temperatura dell'acqua in superficie mediante l'analisi di immagini satellitari.

Inoltre, per il prossimo triennio si propone di integrare un'indagine più sistematica sulle fioriture algali nocive (HABs, Harmful Algal Blooms) nelle ricerche in atto sull'evoluzione del fitoplancton, comprendente l'analisi di tossine e pigmenti algali (Clorofilla-a e ficocianina), conteggi di cianobatteri e mappature mediante analisi satellitari. I dati saranno usati per valutare il rischio tossicologico associato a queste fioriture (che si sono manifestate con episodi insolitamente intensi nello scorso triennio), oltre che a identificare le condizioni ambientali che le innescano, inclusi i fattori climatici e le condizioni di trofia.

Come di consueto i dati raccolti saranno utilizzati per la valutazione annuale dello stato del lago (Aspetti limnologici) e l'aggiornamento degli indicatori del Pannello di controllo.