

Stato delle acque superficiali in Lombardia

LAGO D'ISEO

Aggiornamento 2014-2019



Dicembre 2020

Stato delle acque superficiali in Lombardia
LAGO D'ISEO
Aggiornamento 2014-2019

Autori

Eugenia Bettoni, Paola Montanari, Fabio Buzzi, Caraffini Ketty, Rosa Maria Di Piazza
U.O. Centro Regionale Laghi e Monitoraggio Biologico Acque Superficiali
Settore Monitoraggi Ambientali

Pietro Genoni
Responsabile U.O. Centro Regionale Laghi e Monitoraggio Biologico Acque Superficiali
Settore Monitoraggi Ambientali

Citare come:

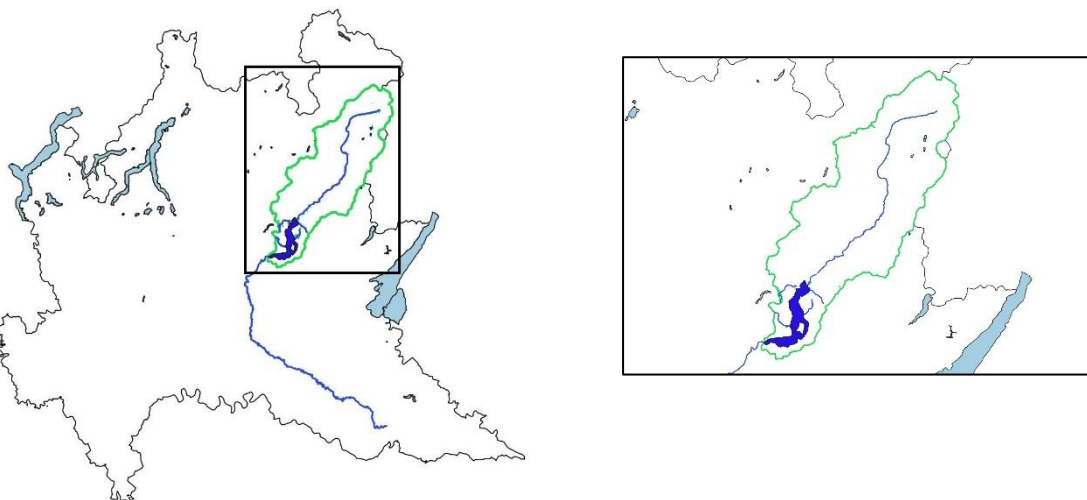
ARPA Lombardia, 2020. Stato delle acque superficiali in Lombardia. Lago d'Iseo. Aggiornamento 2014-2019. Settore Monitoraggi Ambientali, 23 pp.

SOMMARIO

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INQUADRAMENTO | 4 |
| 2 | CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE | 7 |
| 2.1 | TEMPERATURA DELLE ACQUE | 7 |
| 2.2 | OSSIGENO DISCIOLTO | 8 |
| 2.3 | TRASPARENZA | 10 |
| 2.4 | MACRONUTRIENTI: FOSFORO E AZOTO | 11 |
| 3 | ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO) | 13 |
| 4 | ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA (EQB) | 14 |
| 4.1 | FITOPLANCTON | 14 |
| 4.2 | MACROFITE E FITOBENTOS | 16 |
| 4.3 | MACROINVERTEBRATI | 16 |
| 4.4 | FAUNA ITTICA | 16 |
| 5 | ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO | 17 |
| 6 | STATO ECOLOGICO | 19 |
| 7 | STATO CHIMICO | 20 |
| 8 | MONITORAGGI DI INDAGINE | 22 |
| 10 | BIBLIOGRAFIA | 23 |

1 INQUADRAMENTO

Il lago d'Iseo o Sebino, con una superficie di 61 km², è il quarto fra i grandi laghi sudalpini, dopo Garda, Maggiore e Como. Presenta una forma a S maiuscola con al centro Monte Isola che, con un'estensione di 4 km² e un'elevazione di 599 m s.l.m., è la più grande isola dei laghi d'Europa; rispettivamente a nord e a sud della stessa, sono presenti gli isolotti di Loreto e San Paolo.



Caratteristiche morfometriche e idrologiche del lago d'Iseo

Bacino idrografico

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Bacino idrografico | Fiume Oglio |
| Area ⁽¹⁾ | 1800,6 km ² |
| Altitudine massima | 3554 m s.l.m. (Monte Adamello) |
| Immissari principali | Fiume Oglio, Canale Italsider |
| Emissario principale | Fiume Oglio |

Lago

| | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Macrotipo | L1 |
| Tipo | AL3 - Grandi laghi sudalpini |
| Area ⁽¹⁾ | 61,2 km ² |
| Rapporto area bacino/area lago | 29,4 |
| Perimetro | 63 km |
| Indice di sinuosità | 2,27 |
| Profondità massima | 251 m |
| Profondità media | 125 m |
| Altitudine media ⁽²⁾ | 185 m s.l.m. |
| Volume | 7,6 × 10 ⁹ m ³ |
| Volume utile alla massima regolazione | 85,4 × 10 ⁶ m ³ |
| Tempo teorico di ricambio ⁽²⁾ | 4,3 anni |
| Tempo reale di ricambio | - |
| Tasso di sedimentazione (ultimi 50 anni) ⁽⁴⁾ | 0,8-1,0 cm a ⁻¹ |
| Classificazione termica ⁽³⁾ | Meromittico |

Fonti: Osservatorio Laghi Lombardi, 2005 ad eccezione di ⁽¹⁾PTUA, 2016; ⁽²⁾Valerio et al., 2015; ⁽³⁾Rogora et al., 2018; ⁽⁴⁾Bettinetti et al., 2011

Punto di campionamento acque

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Comune | Monte Isola |
| Coordinate X-Y (WGS84 UTM 32) | 583750-5060289 |
| Localizzazione | Punto di massima profondità |

Sulla base della morfometria e della morfologia delle sponde sommerse, il corpo idrico può essere suddiviso in tre tratti.

Nella porzione più settentrionale, lunga circa 4 km, l'asse longitudinale del lago è diretto da nord-nord-est a sud-sud-ovest, in continuazione con la Valle Camonica. Dove il fiume Oglio si immette, la sponda è piatta e quasi rettilinea, orientata da nord-ovest a sud-est e larga circa 3 km. In questo tratto la profondità aumenta lungo l'asse longitudinale, raggiungendo i 220 m nei pressi del suo limite meridionale, dove il lago si restringe fino a circa 2 km, appena a sud dell'abitato di Toline (comune di Pisogne) sulla sponda bresciana.

Nel secondo tratto, tra il "Bögn" di Zorzino (comune di Riva di Solto) e il corno di Predore ad occidente e il Corno Trentapassi (comune di Pisogne) e il Montecolo (comune di Sulzano) ad oriente, l'asse longitudinale si piega allineandosi da nord a sud. Le sponde sono medialmente molto ripide, il fondo è pressoché piatto, compreso per la maggior parte entro l'isobata di 250 m di profondità. Tra Tavernola Bergamasca e il Porto di Siviano (comune di Monte Isola) è situato il punto di massima profondità. Tra Monte Isola e la sponda orientale si trova il Canale del Sale, largo circa 1 km e all'interno dell'isobata di 90 m di profondità.

Nel tratto più meridionale, che va dalla linea Gallinarga-Montecolo (comuni rispettivamente di Tavernola Bergamasca e Sulzano) fino a Iseo da una parte e Sarnico-Paratico dall'altra, l'asse longitudinale piega verso ovest e la profondità decresce in modo graduale. Questo tratto è diviso in due golfi – quello di Iseo sulla riva bresciana e quello di Sarnico parzialmente in provincia di Bergamo – da una lunga montagna che s'innalza nella pianura sottostante. L'uscita del fiume Oglio dal lago avviene in corrispondenza del golfo di Sarnico; qui è localizzato uno sbarramento che regola il livello delle acque tra -30 cm e +110 cm rispetto allo zero idrometrico posto a 185,15 m s.l.m.

Oltre al fiume Oglio, un secondo tributario che s'immette a lago a nord, nel comune di Pisogne, è il Canale Italsider, corpo idrico artificiale, costruito a scopo idroelettrico, che origina nel comune di Esine captando le acque del Fiume Oglio e del Torrente Grigna e che poi, scendendo verso il lago, intercetta le acque di quasi tutti i torrenti in sponda sinistra dell'Oglio.

Altri immissari sono, partendo da nord, sulla sponda bergamasca: il torrente Borlezza, che scende dalla Presolana e incanalato artificialmente arriva a lago nelle vicinanze del comune di Castro; il torrente Zu, che attraversa la valle di Fonteno e sfocia nel lago in prossimità dell'abitato di Zu (comune di Riva di Solto); il Rino di Vigolo che sfocia a Tavernola Bergamasca; il Rino di Predore. Sempre partendo da nord, in sponda orientale: il torrente Trobiolo che sfocia a Pisogne, i torrenti Bagnadore e Opol che arrivano a lago incanalati a Marone; il torrente Calchere a Sulzano e il torrente Curtelo a Iseo, entrambi a carattere torrentizio. È comunque da ritenere che il lago sia alimentato anche da numerose sorgenti subacquee, vista la struttura calcarea del territorio montuoso che ne accompagna le sponde.

Il lago d'Iseo è circondato da monti su tutti i lati: il tratto montuoso occidentale raggiunge in media un'altezza di 1000-1200 m, quello orientale i 1200-1400 m, fino ad arrivare ai 2000 m all'estremo nord della catena del Monte Guglielmo.

Sul lago spirano due venti regolari e alterni: l'Ora, che soffia dal lago verso la valle Camonica dalle 10 alle 17 circa, e il Vento in direzione opposta dalle 22 circa alle 8.

A sud, sulla sponda meridionale del lago è presente la zona umida più significativa per estensione ed importanza ecologica nella provincia di Brescia, la Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino.

Ai fini della classificazione di stato ecologico e di stato chimico, il Lago d'Iseo è costituito da un unico corpo idrico. Attualmente vi è una sola stazione di monitoraggio, nel punto di massima profondità del lago, tra i comuni di Tavernola Bergamasca e Monte Isola. Poiché la stazione descrive in modo esauriente l'intero corpo idrico, negli anni sono state eliminati i punti di campionamento di Castro, a nord, e di Predore a sud.

Nel 2016, a seguito dell'interesse dell'Amministrazione comunale di Monte Isola riguardo la verifica delle condizioni chimico-fisiche delle acque della colonna d'acqua nel cosiddetto Canale del Sale – dove è presente la pompa di approvvigionamento dell'acqua potabile per l'Isola – è stato condotto un monitoraggio d'indagine che ha confermato che anche in questo tratto di lago le acque presentano le medesime caratteristiche di quelle del punto di massima profondità.

Sempre nel 2016, si è svolto un monitoraggio d'indagine a seguito dello sviluppo massiccio della pianta acquatica *Vallisneria spiralis* nella parte meridionale del lago, in particolare nelle zone litorali dei comuni di Iseo, Paratico e Sarnico. Secondo l'indagine, un brusco abbassamento del livello del lago dovuto ad un lungo periodo di siccità verificatosi nella seconda metà dell'estate 2015, avrebbe favorito lo spiaggiamento di questa macrofita provocando numerosi inconvenienti alle attività turistiche.

In questa occasione, è stato effettuato un aggiornamento della distribuzione delle macrofite nella porzione meridionale del Sebino, attraverso dei rilevamenti su alcuni transetti facenti parti della rete di monitoraggio regionale che erano stati oggetto di indagine nel 2008 nel corso della prima campagna di monitoraggio delle macrofite da parte di ARPA Lombardia.

2 CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE

2.1 Temperatura delle acque

La temperatura che un lago assume in un determinato istante dipende dal suo bilancio termico, cioè dalla differenza fra gli apporti e le perdite di calore. La temperatura influenza gli ecosistemi lacustri sia in maniera diretta, agendo sul metabolismo degli organismi, che in maniera indiretta, determinando la densità delle acque e quindi anche la struttura della colonna d'acqua.

Dal punto di vista della classificazione termica, il lago d'Iseo si colloca tra i laghi meromittici (Rogora *et al.* 2018). La completa circolazione delle acque si è verificata per due anni di seguito – nei mesi di marzo del 2005 e del 2006 – dopo più di vent'anni dall'ultima completa circolazione, avvenuta nel 1981 (Salmaso *et al.* 2003). Nella Figura 1 è rappresentato l'andamento della temperatura negli strati superficiali (media dei primi 20 metri) e negli strati profondi (media delle profondità superiori agli 80 metri). Entrambe le linee mostrano il costante aumento del valore di questo parametro sia in superficie che negli strati profondi.

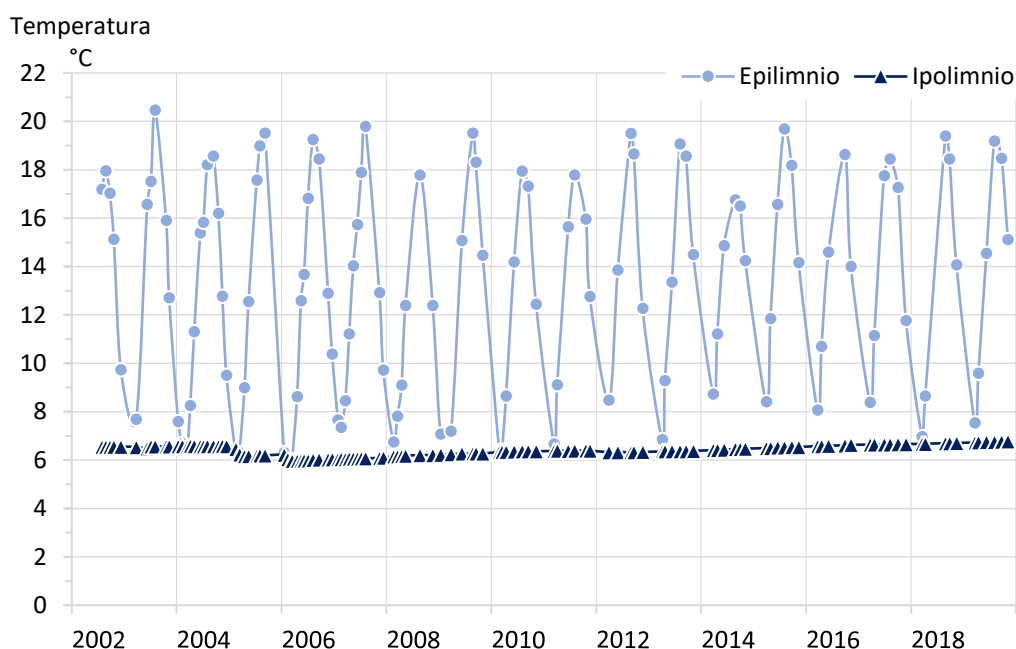


Figura 1. Andamento della temperatura delle acque in superficie e sul fondo dal 2002 al 2019.

2.2 Ossigeno disciolto

La solubilità dell'ossigeno in acqua è in relazione alla temperatura, alla pressione barometrica e all'umidità relativa dell'aria. Il profilo verticale della concentrazione dell'ossigeno disciolto è condizionato dall'attività biologica degli organismi presenti in acqua, dalla turbolenza e dalle vicende termiche del lago.

Nella Figura 2, l'andamento della saturazione dell'ossigeno, dal 2002 al 2019, è rappresentato come media degli strati superficiali (primi 20 metri) e degli strati profondi (al di sotto degli 80 metri). È osservabile una sempre più marcata mancanza di ossigeno sul fondo del lago.

È ben visibile la completa circolazione della colonna nei mesi di marzo degli anni 2005 e 2006 con l'omogeneizzazione dei valori di saturazione dell'ossigeno su tutta la colonna. Nella primavera del 2005, la saturazione dell'ossigeno ha raggiunto il valore di 45% a tutte le profondità. Nel 2006, durante l'ultimo evento di circolazione, la saturazione dell'ossigeno si uniforma su tutta la colonna con valori intorno al 65%. Negli anni seguenti inizia un repentino calo del contenuto di ossigeno nelle acque profonde fino al raggiungimento nel 2012 dell'anossia negli strati più profondi. Dopo la piena circolazione del 1981, la completa mancanza di ossigeno negli strati profondi era stata registrata nel 1994 (Garibaldi *et al.*, 1995).

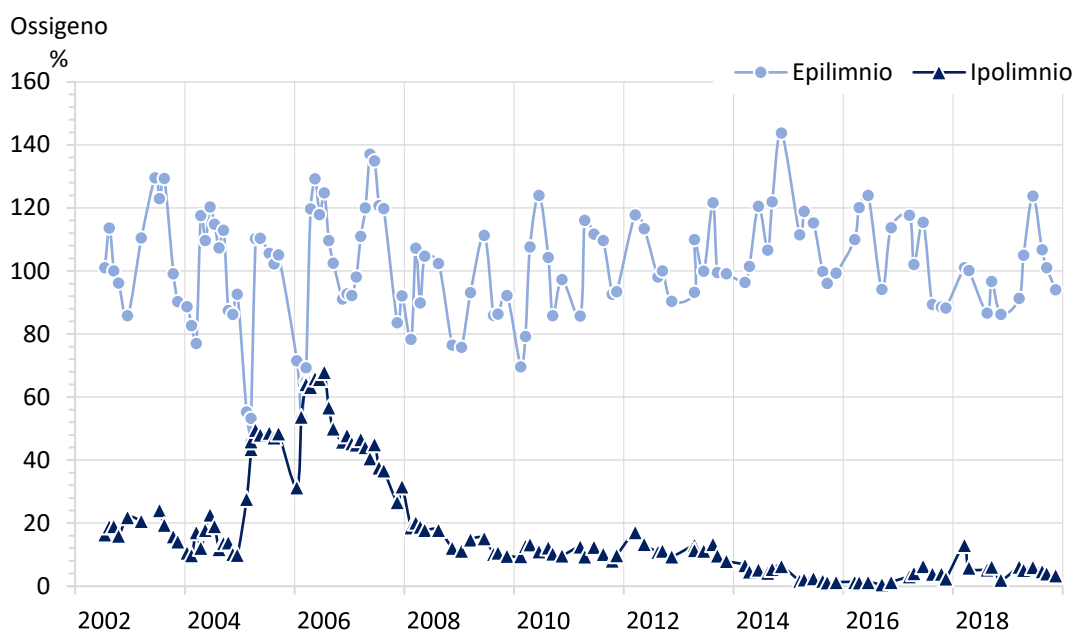


Figura 2. Andamento della saturazione dell'ossigeno disciolto in superficie e sul fondo dal 2002 al 2019.

La concentrazione di ossigeno disciolto ipolimnetico misurato alla fine del periodo di stratificazione viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco ai fini della classificazione dello stato ecologico; una concentrazione pari a 40% di saturazione rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

La concentrazione di ossigeno negli strati ipolimnetici, che per un lago meromittico si intendono la parte di colonna, al di sotto del chemoclinio, che non entra mai in circolazione e prende il nome di monimolimnio, si pone ben al di sotto del valore di 40% di saturazione posto come limite per lo stato buono. In Figura 3, è visibile l'impovertimento negli strati profondi di questo parametro soprattutto nell'ultimo triennio.

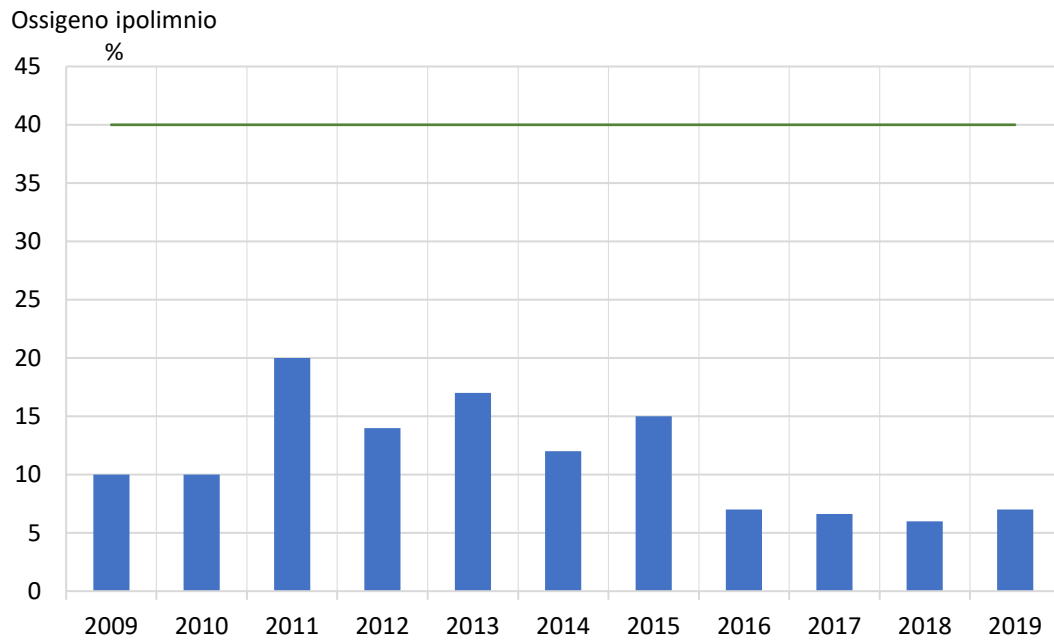


Figura 3. Valori di saturazione dell'ossigeno disciolto nell'ipolimnio alla fine del periodo di stratificazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

2.3 Trasparenza

La trasparenza di un lago è definita come la profondità alla quale un disco bianco o a quadranti bianchi e neri di 20-30 cm di diametro (disco di Secchi) diviene invisibile dalla superficie. La trasparenza è un parametro correlato alla produttività algale del lago e alla presenza di particolato disciolto. I più alti valori di questo parametro si registrano quando la componente fitoplanctonica non ha ancora raggiunto un completo sviluppo mentre bassi valori di trasparenza si osservano quando la comunità algale risulta ampiamente presente.

La trasparenza media annua viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco; per il lago d'Iseo il valore di 5,5 metri rappresenta il limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco; tale limite è visibile nella Figura 4 insieme ai valori delle medie annue di trasparenza: solo nel 2016 il giudizio ottenuto per tale parametro è risultato buono (media 6,1 m), quando la componente algale è risultata ridimensionata. Per quanto riguarda i valori mensili, si nota che nell'ultimo triennio sono stati misurati valori di trasparenza sempre più bassi rispetto agli anni precedenti (soprattutto negli ultimi due anni). Il più basso valore di questo parametro è stato riscontrato nei campionamenti di agosto del 2014 e del 2018 (2,3 m).

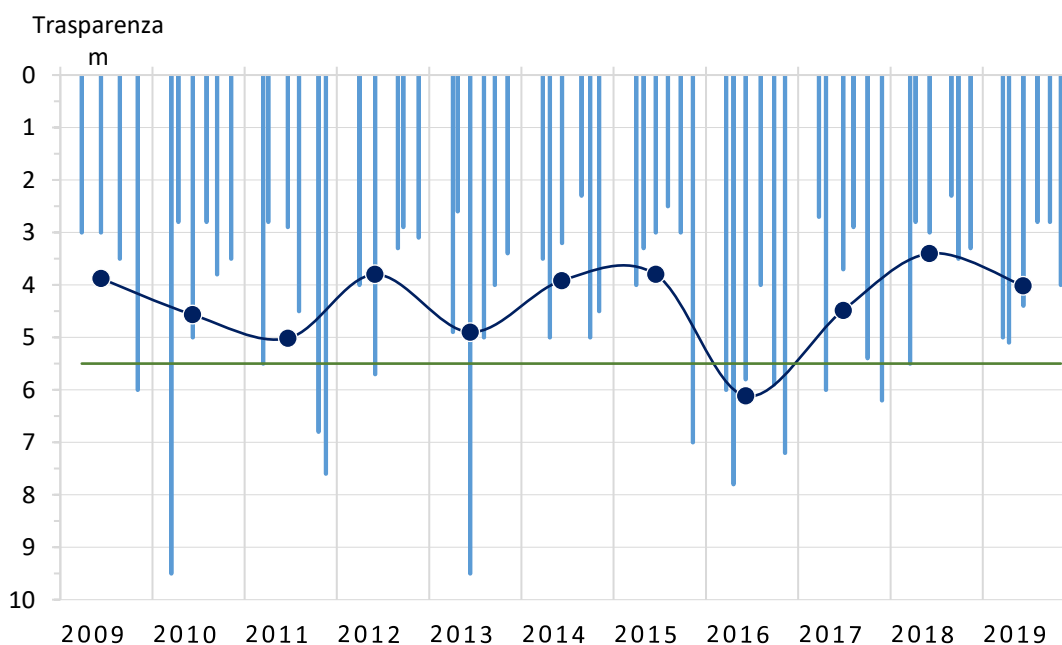


Figura 4. Valori mensili (barre) e medie annue (punti) della trasparenza dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

2.4 Macronutrienti: fosforo e azoto

Fosforo e azoto rappresentano i principali nutrienti che determinano lo sviluppo della biomassa vegetale, il cui eccesso è uno degli effetti dell'eutrofizzazione. Nei laghi lombardi l'elemento che limita la crescita degli organismi vegetali è quasi sempre il fosforo.

Nella Figura 5 si nota come la concentrazione media del fosforo sulla colonna in questi anni sia in costante aumento. Nel grafico sono rappresentati i valori medi nel periodo di piena circolazione. La concentrazione media di fosforo totale – ottenuta come media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, nel periodo di piena circolazione alla fine della stagione invernale – viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco; per il lago d'Iseo una concentrazione di 15 µg/L rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo di questo indice. Questo limite è ampiamente superato, e ciò conferisce al lago un giudizio sufficiente per quanto riguarda questo parametro.

Il livello naturale di fosforo per il lago di Iseo, considerato come riferimento per la determinazione dell'obiettivo gestionale previsto dal PTUA, è pari a 9 µg/L P. Tuttavia, il livello naturale di fosforo più verosimile si può ritenere prossimo a 4 µg/L P, calcolato con il metodo di Cardoso et al. (2007) nell'ambito del Progetto di ricerca europeo REBECCA (Relationships Between Ecological and Chemical Status of Surface Waters), ritenuto più aggiornato e attendibile dal punto di vista scientifico.

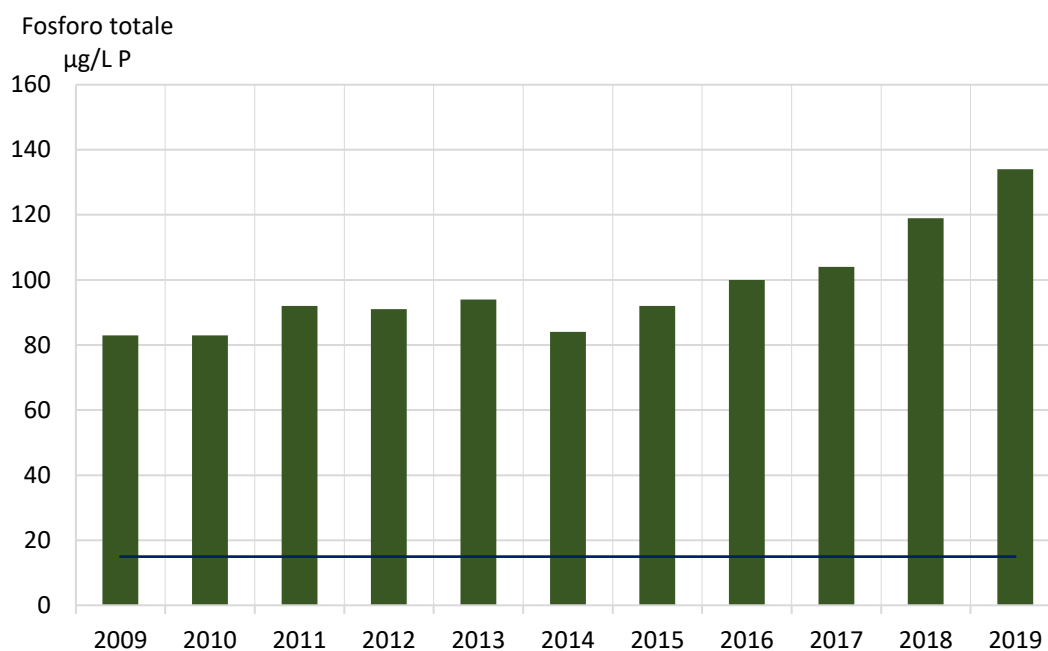


Figura 5. Valori di fosforo totale (media ponderata) nel periodo di piena circolazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

La concentrazione dei nitrati, rappresentata nella Figura 6, è maggiore in superficie rispetto al fondo. Negli strati superficiali, l'andamento è influenzato dalla presenza del fitoplancton che lo utilizza come nutriente. In particolare, la concentrazione di azoto nitrico durante il periodo primaverile-estivo diminuisce, mentre aumenta nel periodo di minore presenza della componente algale. È da segnalare il cambio di LOQ (limite di quantificazione) da parte del laboratorio di analisi: da un valore di 0,11 mg/L N negli anni precedenti al 2014, si è passati a 0,25 mg/L N dal 2015 in poi.

Sul fondo, la mancanza di ossigeno favorisce l'accumulo di ammonica (Figura 7), che è presente in concentrazioni più elevate negli strati profondi, mentre in superficie la sua presenza è minima. Il limite di quantificazione dell'azoto ammoniacale è passato da 0,02 mg/L N a 0,015 mg/L N nel 2012.

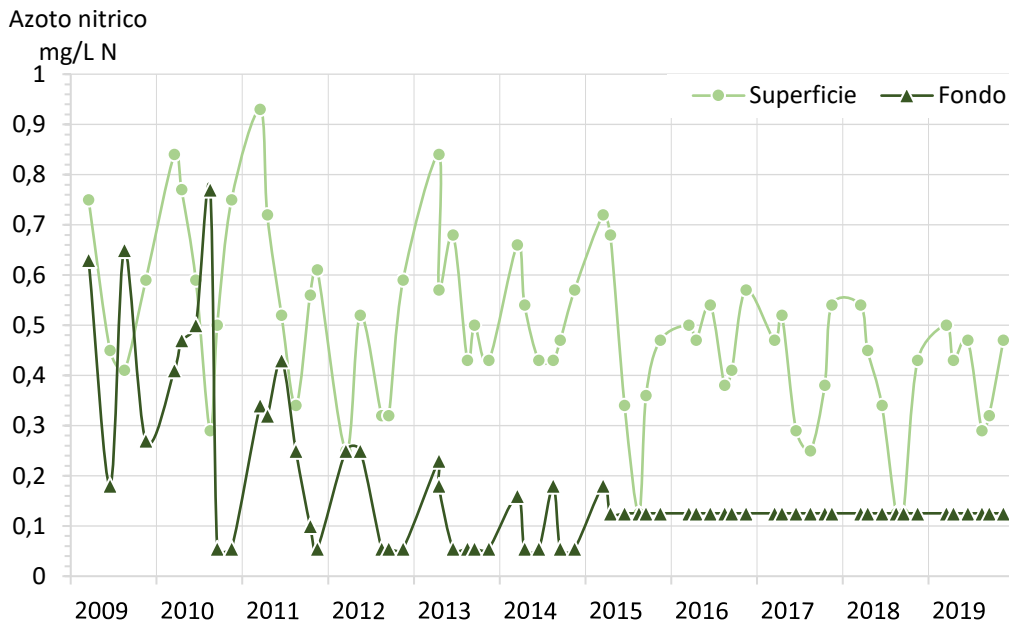


Figura 6. Concentrazioni di azoto nitrico in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

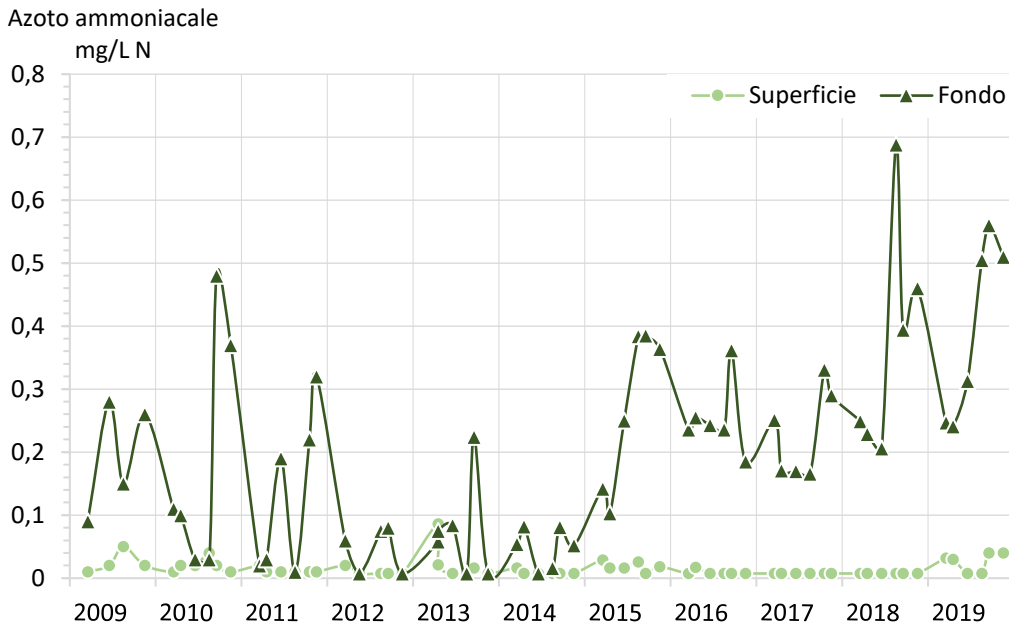


Figura 7. Concentrazioni di azoto ammoniacale in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

3 ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO)

I parametri che contribuiscono al calcolo dell'LTLeCo sono la trasparenza (media dei valori riscontrati nel corso dell'anno di monitoraggio), l'ossigeno disciolto ipolimnico (media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, alla fine del periodo di stratificazione) e il fosforo totale (media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, nel periodo di piena circolazione alla fine della stagione invernale).

Nella Tabella 1 sono elencati i valori di questi parametri negli anni dal 2009 al 2019. Per quanto riguarda la media del fosforo nel periodo di piena circolazione, è evidente il costante aumento della concentrazione a partire dal 2011, con l'eccezione del 2014 quando la media calcolata sembra tornare ai valori del 2009-2010. Come già detto precedentemente, il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLeCo è 15 µg/L e il lago d'Iseo si colloca all'interno del giudizio sufficiente per questo parametro.

Anche per quanto riguarda l'ossigeno ipolimnico (media alla fine del periodo di stratificazione), i valori si pongono ben al di sotto del 40% di saturazione individuato come valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLeCo.

Solo nel 2016, la media annuale della trasparenza utilizzata per il calcolo dell'indice colloca l'LTLeCo in stato buono, mentre per tutti gli altri anni l'indice rimane in stato sufficiente.

Tabella 1. Valori dei parametri utilizzati per il calcolo dell'LTLeCo dal 2009 al 2019.

| Corpo idrico | Anno | Fosforo totale µg/L P | Trasparenza m | Ossigeno ipolimnico % saturazione |
|--------------|------|--------------------------|------------------|--------------------------------------|
| Iseo | 2009 | 83 | 3,8 | 10 |
| | 2010 | 83 | 4,5 | 10 |
| | 2011 | 92 | 5,0 | 20 |
| | 2012 | 91 | 3,3 | 14 |
| | 2013 | 94 | 4,9 | 17 |
| | 2014 | 84 | 3,5 | 12 |
| | 2015 | 92 | 3,8 | 15 |
| | 2016 | 100 | 6,1 | 7 |
| | 2017 | 104 | 4,5 | 7 |
| | 2018 | 119 | 3,4 | 6 |
| | 2019 | 134 | 4,0 | 7 |

Nella Tabella 2 sono presentate le medie triennali, i relativi punteggi, i valori di LTLeCo e la classificazione. Nei quattro trienni monitorati, il lago d'Iseo ottiene sempre uno stato di LTLeCo sufficiente, con valori di punteggi uguali in tutti i trienni. È riconoscibile un peggioramento delle medie di fosforo alla circolazione e di ossigeno ipolimnico alla fine della stratificazione nel triennio 2017-2019.

Tabella 2. Valori dei parametri, punteggi, valori di LTLeCo e classificazione di stato nei quattro trienni di monitoraggio.

| Corpo idrico | Triennio | Fosforo totale | | Trasparenza | | Ossigeno ipolimnico | | LTLeCo | Stato |
|--------------|-----------|----------------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|--------|-------------|
| | | µg/L P | Punt. | m | Punt. | % | Punt. | | |
| Iseo | 2009-2011 | 86 | 3 | 4,4 | 3 | 13 | 3 | 9 | sufficiente |
| | 2012-2014 | 90 | 3 | 3,9 | 3 | 14 | 3 | 9 | sufficiente |
| | 2014-2016 | 92 | 3 | 4,5 | 3 | 11 | 3 | 9 | sufficiente |
| | 2017-2019 | 119 | 3 | 4,0 | 3 | 7 | 3 | 9 | sufficiente |

4 ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA (EQB)

Per gli elementi biologici la classificazione si effettua sulla base del valore di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), ossia del rapporto tra valore del parametro biologico osservato e valore dello stesso parametro, corrispondente alle condizioni di riferimento con alterazioni antropiche assenti o poco rilevanti.

I metodi di valutazione dello stato degli EQB sono sottoposti a un processo di intercalibrazione al fine di garantire la comparabilità tra i risultati del monitoraggio biologico dei vari Stati membri e le loro rispettive classificazioni. La Decisione della Commissione Europea 2018/229 ha stabilito i metodi e i valori che definiscono le delimitazioni tra le classi che gli Stati membri devono utilizzare per le classificazioni nazionali dei sistemi di monitoraggio risultanti dalla terza fase dell'esercizio di intercalibrazione.

Pertanto, attualmente si dispone di metodi e di valori di delimitazione delle classi di stato che possono essere differenti rispetto a quelli utilizzati per la classificazione del precedente sessennio (2009-2014) riportata nel PTUA 2016. Nel presente Rapporto la classificazione dello stato degli EQB e dello stato ecologico del sessennio 2009-2014 è stata aggiornata utilizzando i metodi e i valori della Decisione 2018/229 per consentire un corretto confronto dei risultati in relazione alle evoluzioni temporali. Viene contestualmente riportata la classificazione ufficiale del PTUA 2016.

4.1 Fitoplancton

La classificazione dei laghi a partire dal fitoplancton si ottiene come media dell'indice medio (RQE) di biomassa (concentrazione di clorofilla e biovolume) e dell'indice medio (RQE) di composizione (PTIot), che insieme compongono l'indice IPAM (Metodo italiano di valutazione del fitoplancton).

Nella Figura 8 sono riportati i valori mensili e le medie annue della clorofilla *a* dal 2009 al 2019. La concentrazione di clorofilla *a* è alta nei mesi in cui la componente fitoplanctonica è maggiormente presente; le medie annue, soprattutto dal 2014 in poi, rimangono molto vicine al valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

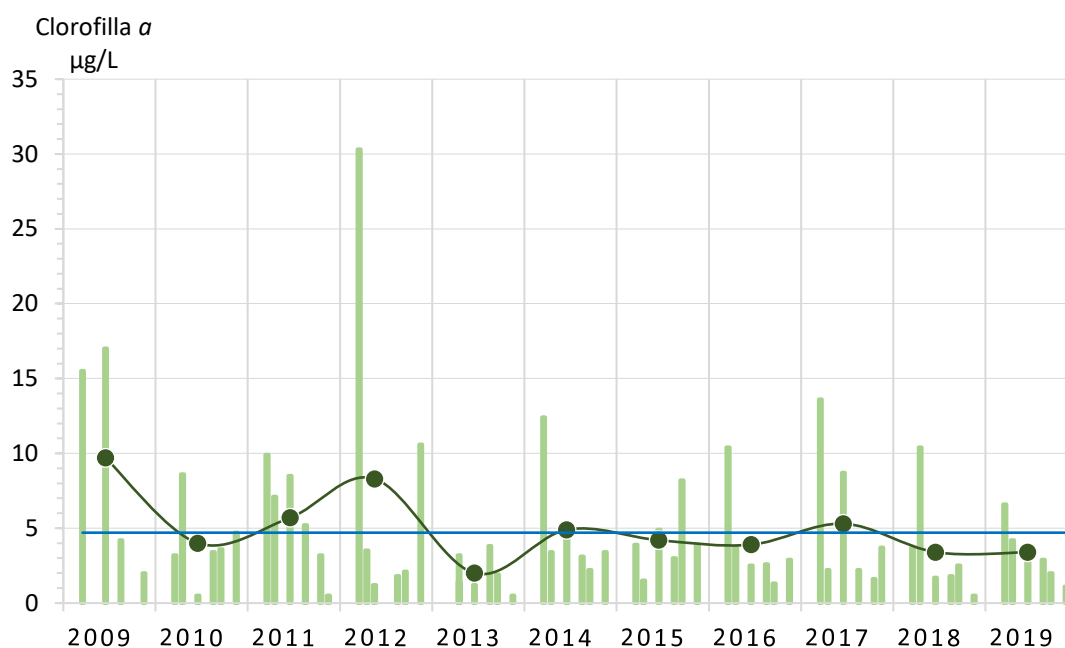


Figura 8. Valori mensili (barre) e medie annue (punti) della clorofilla *a* dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

La Figura 9 mostra l'andamento del biovolume fitoplanctonico dal 2009 al 2019 nello strato integrato, che per il lago d'Iseo corrisponde ai primi 20 metri superficiali.

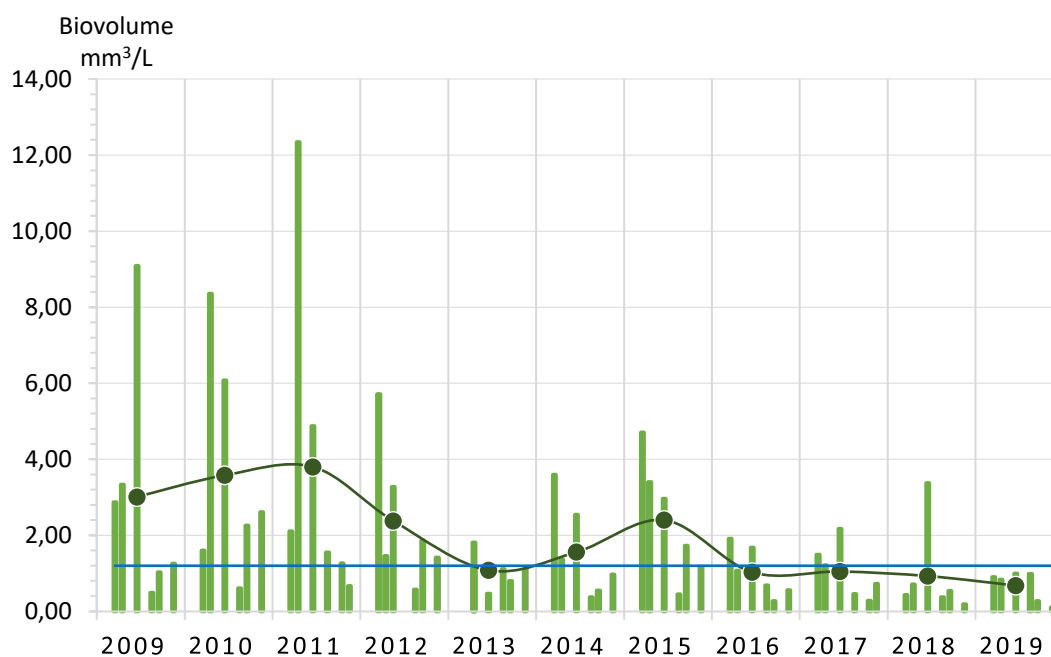


Figura 9. Valori mensili e medie annue di biovolume fitoplanctonico nello strato integrato; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

Nei mesi primaverili, in condizioni di elevata turbolenza durante la massima circolazione, quando è maggiore la disponibilità di silice proveniente dal bacino, la classe algale maggiormente rappresentata è quella delle Bacillariophyceae con *Aulacoseira spp.*, *Fragilaria crotonensis* e *Diatoma tenuis*. Con l'avanzare della stagione e della stratificazione del lago, aumenta la presenza della specie *Planktothrix rubescens* (Cyanobacteria) che trova un ambiente favorevole alla sua crescita nella zona metalimnetica in condizioni di scarsa illuminazione. A fine estate sono ancora le Bacillariophyceae che risultano essere prevalentemente presenti, con la specie *Fragilaria crotonensis*. Valori elevati di biovolume sono stati raggiunti dal genere *Mougeotia sp.*, appartenente alla classe delle Chlorophyceae, nel periodo tardo primaverile ed estivo. La Tabella 3 riporta i valori dell'indice IPAM e lo stato corrispondente. Il fitoplancton, sebbene il valore dell'indice IPAM aumenti a partire dagli anni 2009-2011, rimane nello stato sufficiente per tutti e quattro i trienni di monitoraggio.

Tabella 3. Valori di IPAM e corrispondente stato nei quattro trienni di monitoraggio.

| Corpo idrico | Triennio | IPAM | Stato |
|--------------|-----------|------|-------------|
| Iseo | 2009-2011 | 0,41 | sufficiente |
| | 2012-2014 | 0,55 | sufficiente |
| | 2014-2016 | 0,54 | sufficiente |
| | 2017-2019 | 0,57 | sufficiente |

4.2 Macrofite e fitobentos

Lo stato delle macrofite degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice MacroIMMI (Macrophytes Italian MultiMetric Index), che è composto da tre metriche: la massima profondità di colonizzazione (Z_{max}), il punteggio trofico (S_k), l'indice di dissimilarità rispetto a siti di riferimento (1-B&C, con B&C= indice di Bray & Curtis).

Lo stato del fitobentos è stabilito mediante l'Indice per valutazione della qualità delle acque lacustri italiane a partire dalle diatomee epifitiche ed epilittiche (EPI-L) basato su pesi indicatori delle diverse specie.

I valori dell'indice MacroIMMI (RQE) e dell'indice EPI-L (RQE) possono essere mediati per ottenere l'Indice Composito Diatomee-Macrofite (ICDM).

Per il lago d'Iseo, che è in monitoraggio operativo, si è valutato che la pressione maggiore è quella dovuta all'arricchimento dei nutrienti, per cui si è scelto il fitoplancton come elemento che risponde meglio alle variazioni di concentrazione degli stessi.

4.3 Macroinvertebrati

Lo stato dei macroinvertebrati bentonici degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice BQIES (Indice di qualità bentonica basato sul numero atteso di specie), basato su pesi indicatori delle diverse specie.

La componente biologica dei macroinvertebrati non è stata indagata per il lago d'Iseo. Essendo in monitoraggio operativo e poiché la pressione maggiormente presente per questo lago è l'incremento della concentrazione di nutrienti, si è ritenuto che lo studio del fitoplancton descrivesse in modo esauriente le variazioni di concentrazione degli stessi.

4.4 Fauna ittica

Lo stato della fauna ittica degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice LFI (Lake Fish Index), che si basa sull'abbondanza relativa e la struttura di popolazione delle specie chiave, sul successo riproduttivo delle specie chiave e delle specie tipo-specifiche, sulla diminuzione percentuale del numero di specie chiave e tipo-specifiche, sulla presenza di specie ittiche alloctone ad elevato impatto.

La comunità ittica del lago d'Iseo è stata caratterizzata nel 2014 al fine di calcolare il Lake Fish Index. Per gli approfondimenti specifici si rimanda allo studio pubblicato dalla DG Agricoltura della Regione Lombardia (Regione Lombardia, 2015). Nella Tabella 4 è riportata la sintesi dei risultati ottenuti.

Tabella 4. Valori delle singole metriche e valore di LFI (RQE) e corrispondente stato.

| Corpo idrico | Triennio | Anno di monitoraggio | Metrica | | | | | LFI | Stato |
|--------------|-----------|----------------------|---------|------|------|-------|------|------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Iseo | 2012-2014 | 2014 | 6,67 | 3,33 | 6,00 | 10,00 | 8,00 | 0,68 | buono |

5 ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO

Lo stato degli elementi chimici a sostegno è classificato in base alla presenza di inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità elencati nella Tab.1/B del D. Lgs.172/2015.

Nella Tabella 5 è indicato il numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata nel lago d'Iseo in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

Tabella 5. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio (COV: composti organici volatili).

| GRUPPO | SOSTANZA | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| METALLI | Arsenico | 54 | 50 | 50 | 41 | 41 | 46 |
| | Cromo totale | 54 | 50 | 50 | 41 | 41 | 46 |
| PESTICIDI | MCPA | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | 2,4,5-T | - | - | - | - | 8 | - |
| | 2,4-Dicofol | - | - | - | - | 8 | - |
| | Acetamiprid | - | - | - | - | 8 | - |
| | 2,4 D | - | - | - | - | 8 | - |
| | Ametrina | - | - | - | - | 8 | - |
| | AMPA | - | - | - | - | 6 | - |
| | Atrazina-desetil | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Atrazina-desisopropil | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Azimsulfuron | - | - | - | - | 8 | - |
| | Bensulfuron | - | - | - | - | 8 | - |
| | Metile | - | - | - | - | 8 | - |
| | Bentazone | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Bromacil | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Chlordano | - | - | - | - | 8 | - |
| | Chloridazon | - | - | - | - | 8 | - |
| | Cianazina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Clordano cis | - | - | - | - | 8 | - |
| | Clordano trans | - | - | - | - | 8 | - |
| | Clorpirifos Metile | 12 | 8 | - | - | 8 | - |
| | Cycloxidim | - | - | - | - | 8 | - |
| | DDD | - | - | - | - | 8 | - |
| | DDD,DDT,DDE | 12 | 8 | 8 | - | - | - |
| | DDE | - | - | - | - | 8 | - |
| | Dicamba | - | 6 | 8 | - | - | - |
| | Diclorobenzammid e 2,6 | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Dimetoato | - | - | - | - | 8 | - |
| | Endosulfan alfa | - | - | 8 | - | 8 | - |
| | Endosulfan beta | - | - | 8 | - | 8 | - |
| | Endosulfan solfato | - | - | - | - | 8 | - |
| | Eptacloro Epossido endo | - | - | - | - | 8 | - |
| | Esazinone | - | - | - | - | 8 | - |
| | Fenitrotion | - | - | - | - | 8 | - |
| | Fenthion | - | - | - | - | 8 | - |
| | Flufenacet | - | - | - | - | 8 | - |
| | Fluroxipir | - | - | - | - | 8 | - |
| | Glifosate | - | - | - | - | 6 | - |
| | HCH alfa | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | HCH delta | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | HCH gamma | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | HCH-beta | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Imidacloprid | - | - | - | - | 8 | - |
| | Isoxaflutol | - | - | - | - | 8 | - |
| | Linuron | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Malathion | - | - | - | - | 8 | - |
| | Mecoprop | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| Metalaxyl | - | - | 8 | - | 8 | - | |

| GRUPPO | SOSTANZA | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Metamitron | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Metiocarb | - | - | - | - | 8 | - |
| | Metolachlor | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Metribuzin | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Mevinfos | - | - | - | - | 8 | - |
| | Molinate | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Nicosulfuron | - | - | - | - | 8 | - |
| | o,p-DDE | - | - | - | - | 8 | - |
| | o,p'-DDT | - | - | - | - | 8 | - |
| | Ometoato | - | - | - | - | 8 | - |
| | Oxadiazon | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Oxadixyl | - | - | - | - | 8 | - |
| | Oxydemeton-metile | - | - | - | - | 8 | - |
| | Paration etile | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Paration metile | - | - | - | - | 8 | - |
| | Pendimetalin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Pirimicarb | - | - | - | - | 8 | - |
| | Pretilachlor | - | - | - | - | 8 | - |
| | Prometrina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Propanil | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Propazina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Protoate | - | - | - | - | 8 | - |
| | Quinclorac | - | - | - | - | 8 | - |
| | Rimsulfuron | - | - | - | - | 8 | - |
| | Secbutilazina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Sulcotrione | - | - | 8 | - | 8 | - |
| Terbutilazina | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - | |
| Terbutilazina desetil | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - | |
| Thiacloprid | - | - | - | - | 8 | - | |
| Thiobencarb | - | - | - | - | 8 | - | |
| Triallate | - | - | - | - | 8 | - | |
| COV | 1,2-Diclorobenzene | - | 8 | 8 | - | - | - |
| | 1,3-Diclorobenzene | - | 8 | 8 | - | - | - |
| | 1,4-diclorobenzene | - | 8 | 8 | - | - | - |
| | Monoclorobenzene | - | 8 | 8 | - | - | - |
| | Toluene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Tricloroetano 1,1,1 | 54 | 50 | 16 | 8 | 8 | - |
| ALOFENOLI | Xilene (somma isomeri) | 54 | 50 | 14 | - | - | - |
| | 2,4,6-Triclorofenolo | 12 | 50 | 8 | - | 8 | - |
| | 2,4-Diclorofenolo | - | 41 | 8 | - | 8 | - |
| | 2-Clorofenolo | 12 | 50 | 8 | - | 8 | - |
| | 3-Clorofenolo | - | - | - | - | 2 | - |
| 4-Clorofenolo | - | - | - | - | 2 | - | |

Gli elementi chimici a sostegno costantemente monitorati sul lago d'Iseo nei quattro trienni sono arsenico e cromo, ricercati dal 2014 alle singole profondità campionate. Altri parametri della tabella 1/B del D.Lgs.172/2015 – quali fenoli, pesticidi e solventi clorurati – sono stati indagati su campioni integrati nell'ambito del monitoraggio del lago come corpo idrico utilizzato per la potabilizzazione.

Il giudizio derivante dagli elementi chimici a sostegno è risultato buono per tutti e quattro i trienni (Tabella 6). La media annua della concentrazione dei parametri ricercati non ha mai superato lo standard di qualità ambientale (SQA). Il limite di quantificazione del metodo analitico utilizzato dal laboratorio è stato invece superato nel caso dell'arsenico per tutti i trienni, per il cromo e i solventi clorurati per il triennio 2009-2011 e per il pesticida terbutilazina desetil negli anni dal 2012 al 2016.

Tabella 6. Stato degli elementi chimici a sostegno nei quattro trienni di monitoraggio.

| Corpo idrico | Triennio | Stato elementi chimici a sostegno | Media annua >SQA-MA | Media annua >LOQ |
|--------------|-----------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Iseo | 2009-2011 | buono | - | arsenico, cromo, solventi |
| | 2012-2014 | buono | - | arsenico, terbutilazina desetil |
| | 2014-2016 | buono | - | arsenico, terbutilazina desetil |
| | 2017-2019 | buono | - | arsenico |

SQA-MA: standard di qualità ambientale – valore medio annuo

LOQ: limite di quantificazione del metodo analitico

6 STATO ECOLOGICO

Lo stato ecologico è definito in base alla classe più bassa relativa allo stato degli EQB, dell'LTLecco e degli elementi chimici a sostegno.

Al fine di evidenziare correttamente le eventuali evoluzioni temporali, i dati del monitoraggio 2009-2016 sono stati rielaborati considerando l'indice IPAM (fitoplancton). La classificazione dello stato degli EQB e dello stato ecologico è stata di conseguenza rivista.

Il lago d'Iseo risulta sufficiente per i quattro trienni di monitoraggio. Tale giudizio è dovuto agli esiti delle analisi della comunità fitoplanctonica (EQB scelto in quanto risponde meglio al fattore di pressione legato all'eutrofizzazione) e dell'LTLecco. Nella Tabella 7 sono riassunti i risultati dei diversi indici con il giudizio finale dello stato ecologico.

Nel caso del lago d'Iseo non si osservano differenze di stato ecologico rispetto alla classificazione pubblicata nel PTUA 2016.

Tabella 7. Stato degli elementi di qualità e stato ecologico per i quattro trienni di monitoraggio.

| Corpo idrico | Triennio | Stato EQB | Stato LTLecco | Stato elementi chimici a sostegno | Stato ecologico | Elementi che determinano la classificazione |
|--------------|-----------|-------------|---------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| Iseo | 2009-2011 | sufficiente | sufficiente | buono | SUFFICIENTE | fitoplancton, LTLecco |
| | 2012-2014 | sufficiente | sufficiente | buono | SUFFICIENTE | fitoplancton, LTLecco |
| | 2014-2016 | sufficiente | sufficiente | buono | SUFFICIENTE | fitoplancton, LTLecco |
| | 2017-2019 | sufficiente | sufficiente | buono | SUFFICIENTE | fitoplancton, LTLecco |

Il PTUA 2016 stabilisce il 2027 come termine entro cui raggiungere l'obiettivo di buono stato ecologico. Lo stato ecologico del sessennio 2009-2014 pubblicato nel PTUA 2016 è sufficiente; lo stato ecologico del sessennio 2014-2019 risulta sufficiente.

Tabella 8. Lago d'Iseo: obiettivo ecologico e stato ecologico 2009-2014 (PTUA 2016); stato ecologico 2014-2019.

| Corpo idrico | Obiettivo ecologico | Stato ecologico 2009-2014 | Stato ecologico 2014-2019 |
|--------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Iseo | buono al 2027 | SUFFICIENTE | SUFFICIENTE |

7 STATO CHIMICO

Lo stato chimico è classificato in base alla presenza delle sostanze dell'elenco di priorità elencate nella Direttiva 2008/105/CE, aggiornata dalla Direttiva 2013/39/UE, recepita in Italia con il D.Lgs. 172/2015 (Tab. 1/A). Di seguito è riportata la Tabella 9 che indica il numero di analisi delle sostanze analizzate in ciascun anno del sessennio.

Tabella 9. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio (IPA: idrocarburi policiclici aromatici; COV: composti organici volatili).

| GRUPPO | SOSTANZA | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| METALLI | Cadmio | 54 | 50 | 52 | 41 | 41 | 46 |
| | Mercurio | 54 | 50 | 50 | 41 | 41 | 46 |
| | Nichel | 54 | 48 | 50 | 41 | 41 | 46 |
| | Piombo | 54 | 50 | 50 | 41 | 41 | 46 |
| PESTICIDI | Aclonifen | - | 6 | 8 | - | 8 | - |
| | Alachlor | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Aldrin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Atrazina | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Chinossifen | - | - | - | - | 8 | - |
| | Chlorfenvinphos | - | - | - | - | 8 | - |
| | Cibutrina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Clorpirifos | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | DDT totale | 12 | 8 | 8 | - | - | - |
| | Dicofol | - | - | - | - | 8 | - |
| | Dieldrin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Diuron | - | - | 8 | - | 8 | - |
| | Endosulfan (isomeri alfa e beta) | 12 | 8 | - | - | 8 | - |
| | Endrin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Eptacloro | 12 | 8 | - | - | 8 | - |
| | Eptacloro epossido | - | - | - | - | 8 | - |
| | Esaclorocicloesano | - | - | - | - | 8 | - |
| | Isodrin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Isoproturon | - | - | 8 | - | 8 | - |
| | p,p'-DDT | 12 | 8 | 16 | - | 8 | - |
| | Simazina | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |

| GRUPPO | SOSTANZA | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------|--------------------------|------------------|------|------|------|------|------|
| IPA | Terbutrina | - | - | - | - | 8 | - |
| | Trifluralin | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Antracene | - | - | - | - | 8 | - |
| | Benzo (a) pirene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Benzo (b) fluorantene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Benzo (g,h,i) perilene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Benzo (k) fluorantene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Fluorantene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Indeno(1,2,3-cd)pirene | 12 | - | - | - | 8 | - |
| | Naftalene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| COV | Benzene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Dicloroetano 1,2 | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Diclorometano | 53 | 49 | 8 | 4 | - | - |
| | Esaclorobenzene | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Esaclorobutadiene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Pentaclorobenzene | 12 | 8 | 8 | - | 8 | - |
| | Tetracloroetilene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Tetracloruro di carbonio | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Triclorobenzeni | - | 8 | 16 | 8 | 8 | - |
| | Tricloroetilene | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | Triclorometano | 54 | 50 | 8 | 8 | 8 | - |
| | ALOFENOLI | Pentaclorofenolo | 12 | 50 | 8 | - | 8 |
| ALCHILFENOLI | para-terz-ottilfenolo | - | 41 | 8 | - | 8 | - |
| | p-nonilfenolo | - | 41 | 8 | - | 8 | - |
| FTALATI | Di-2-etilstilfalo | - | - | - | - | 8 | 8 |

Negli ultimi tre trienni di monitoraggio, il lago d'Iseo ottiene un giudizio buono per quanto riguarda lo stato chimico (Tabella 10). Nel triennio 2009-2011 il giudizio è non buono a causa del superamento del valore medio annuo dello standard di qualità ambientale fissato per il mercurio.

Tabella 10. Stato chimico per i quattro trienni di monitoraggio.

| Corpo idrico | Periodo | Stato chimico | >SQA-MA | >SQA-CMA |
|--------------|-----------|---------------|---------|----------|
| Iseo | 2009-2011 | NON BUONO | - | mercurio |
| | 2012-2014 | BUONO | - | - |
| | 2014-2016 | BUONO | - | - |
| | 2017-2019 | BUONO | - | - |

SQA-MA: standard di qualità ambientale – valore medio annuo

SQA-CMA: standard di qualità ambientale – concentrazione massima ammissibile

Il PTUA 2016 stabilisce il mantenimento dello stato buono come obiettivo chimico. Lo stato chimico del sessennio 2009-2014 pubblicato nel PTUA 2016 è buono; lo stato chimico del sessennio 2014-2019 risulta buono (Tabella 11).

Tabella 11. Lago d'Iseo: obiettivo chimico e stato chimico 2009-2014 (PTUA 2016); stato chimico 2014-2019.

| Corpo idrico | Obiettivo chimico | Stato chimico 2009-2014 | Stato chimico 2014-2019 |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Iseo | mantenimento dello stato buono | BUONO | BUONO |

8 MONITORAGGI DI INDAGINE

Il lago d'Iseo è stato sottoposto a monitoraggio di indagine nel 2016 a seguito dell'interesse dell'Amministrazione comunale di Monte Isola a verificare se le caratteristiche delle acque in corrispondenza del punto di massima profondità (stazione di Monte Isola) fossero confrontabili con quella della colonna d'acqua presente nel cosiddetto Canale del Sale, dove a 30 m di profondità è presente la pompa di approvvigionamento dell'acqua potabile di Monte Isola.

Sono stati effettuati 4 prelievi della colonna d'acqua per i parametri di base e, in concomitanza, sono stati raccolti due campioni integrati sui quali sono stati ricercati i parametri presenti nelle tabelle 1/A, 1/B e 2/B del DM 260/2010.

I risultati ottenuti non hanno evidenziato dissimilarità significative nella qualità delle acque delle due stazioni indagate. Si può pertanto affermare che la stazione di Monte Isola, punto di massima profondità del corpo idrico, descrive in modo esaustivo l'intero corpo idrico, questo anche sulla base dei dati storici riguardanti le stazioni di Castro e Predore, non più considerate per il monitoraggio.

Un secondo monitoraggio d'indagine è stato realizzato nell'estate del 2016 a causa dello sviluppo massiccio della pianta acquatica *Vallisneria spiralis* nella parte meridionale del lago, in particolare nelle zone litorali dei comuni di Iseo, Paratico e Sarnico. Secondo l'indagine, un brusco abbassamento del livello del lago dovuto ad un lungo periodo di siccità verificatosi nella seconda metà dell'estate 2015, avrebbe favorito lo spiaggiamento di questa pianta acquatica provocando numerosi inconvenienti alle attività turistiche.

Durante questo monitoraggio, è stato effettuato un aggiornamento della distribuzione delle macrofite nella porzione meridionale del Sebino, attraverso dei rilevamenti su alcuni transetti facenti parti della rete di monitoraggio regionale (D.g.r. 12 dicembre 2013 - n. X/1084) che erano stati oggetto di indagine nel 2008 nel corso della prima campagna di monitoraggio delle macrofite da parte di ARPA Lombardia.

10 BIBLIOGRAFIA

- ARPA, 2018. Stato delle Acque superficiali in Regione Lombardia - Laghi. Rapporto Triennale 2014-2016. ARPA Lombardia
- Bettinetti R., Galassi, S., Guilizzoni, P., Quadroni, S., 2011. Sediment analysis to support the recent glacial origin of DDT pollution in Lake Iseo (Northern Italy). *Chemosphere*, 85(2): 163-169
- Garibaldi L., Brizzio M.C., Mezzanotte V., Varallo A., Mosello R., 1995. The continuing evolution of Lago Iseo (N. Italy): the appearance of anoxia. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 53: 191-212
- Premazzi G., Colombo C., Rodari E., Rossi G., Bo F., Chiaudani G., Borsani G., Pereira A., 1998. Il lago d'Iseo - Condizioni ambientali e prospettive di risanamento. Ufficio delle Pubblicazioni Ufficiali delle Comunità Europee
- Osservatorio dei Laghi Lombardi, 2005. Qualità delle acque lacustri in Lombardia - 1° Rapporto OLL 2004. Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente e IRSA/CNR
- Programma di Tutela e Uso delle Acque, 2016. Regione Lombardia. D.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia n. 36, Serie Ordinaria, del 4 settembre 2017
- Regione Lombardia, 2015. Censimento della fauna ittica nei laghi alpine nel territorio della regione Lombardia. Relazione Generale. DG Agricoltura, pp 168.
- Rogora M., Mosello R., Kamburska L., Salmaso N., Cerasino L., Leoni B., Garibaldi L., Soler V., Lepori F., Colombo L., Buzzi F., 2015. Recent trends in chloride and sodium concentrations in the deep subalpine lakes (Northern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23): 19013-19026
- Rogora M., Buzzi F., Dresti C., Leoni B., Lepori F., Mosello R., Patelli M., Salmaso N., 2018. Climatic effects on vertical mixing and deep-water oxygen content in the subalpine lakes in Italy. *Hydrobiologia*, 824: 33-50
- Salmaso N., Mosello R., Garibaldi L., Decet F., Brizzio M.C., Cordella P., 2003. Vertical mixing as a determinant of trophic status in deep lakes: a case study from two lakes south of the Alps (Lake Garda and Lake Iseo). *Papers from Bolsena Conference (2002). Residence time in lakes: Science, Management, Education*. *J. Limnol.*, 62(Suppl. 1): 33-41, 2003
- Salmoiraghi F., 1898. Contributo alla limnologia del Sebino. *Att. Soc. It. Nat.* 37:149-207
- Valerio G., Pilotti M., Barontini S., Leoni B., 2015. Sensitivity of the multiannual thermal dynamics of a deep pre-alpine lake to climatic change. *Hydrol. Process.*, 29: 767-779
- Vecchia O., 1954. Territori glaciali pleistocenici dei dintorni del Lago d'Iseo. *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Mus. Civ. St. Nat. Milano*, 63: 235-357