

Stato delle acque superficiali in Lombardia

LAGO DI ANNONE EST

Aggiornamento 2014-2019



Dicembre 2020

Stato delle acque superficiali in Lombardia
LAGO DI ANNONE EST
Aggiornamento 2014-2019

Autori

Riccardo Formenti, Fabio Buzzi, Chiara Agostinelli, Elisa Carena, Romana Fumagalli, Francesco Nastasi,
Manuela Marchesi, 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:

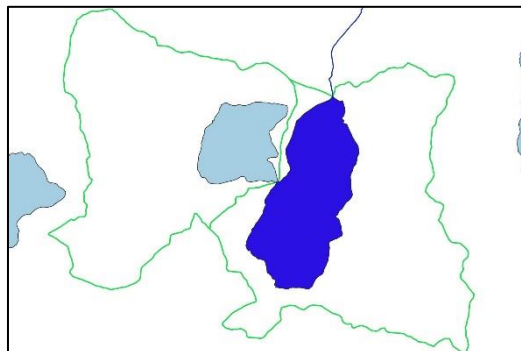
ARPA Lombardia, 2020. Stato delle acque superficiali in Lombardia. Lago di Annone Est. Aggiornamento 2014-2019.
Settore Monitoraggi Ambientali, 20 pp.

SOMMARIO

1	INQUADRAMENTO	1
2	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE	4
2.1	TEMPERATURA DELLE ACQUE	4
2.2	OSSIGENO DISCIOLTO	5
2.3	TRASPARENZA	7
2.4	MACRONUTRIENTI: FOSFORO E AZOTO	8
3	ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO)	10
4	ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA (EQB)	11
4.1	FITOPLANCTON	11
4.2	MACROFITE E FITOBENTOS	14
4.3	MACROINVERTEBRATI	14
4.4	FAUNA ITTICA	15
5	ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO	16
6	STATO ECOLOGICO	17
7	STATO CHIMICO	18
8	BIBLIOGRAFIA	20

1 INQUADRAMENTO

Il lago di Annone Est è un piccolo lago poco profondo, dimittico, situato nella fascia intermorenica prealpina, con consistenti aree torbose al limitare settentrionale. Appartiene al bacino idrografico del fiume Adda e insieme al lago gemello di Annone Ovest è inserito nel gruppo dei laghi Briantei.



Caratteristiche morfometriche e idrologiche del lago di Annone Est

Bacino idrografico

Bacino idrografico	Fiume Adda
Area ⁽¹⁾	27,2 km ²
Altitudine massima	1240 m s.l.m. (Monte Cornizzolo)
Immissari principali ⁽²⁾	Afflusso bacino ovest, Cologna, Bondi, Rossa, Laghetto, Bomboldo, Bosisolo, Sabina
Emissario principale	Rio Torto

Lago

Macrotipo	L3
Tipo	AL5 - Laghi subalpini poco profondi
Area ⁽¹⁾	3,8 km ²
Rapporto area bacino/area lago	7,2
Perimetro	9,1 km
Indice di sinuosità	1,32
Profondità massima	11,3 m
Profondità media	6,3 m
Altitudine media	224 m s.l.m.
Volume	24 × 10 ⁶ m ³
Volume utile alla massima regolazione	-
Tempo teorico di ricambio	1,3 anni
Tempo reale di ricambio	-
Classificazione termica	Dimittico
Tasso di sedimentazione ⁽³⁾	0,35 cm a ⁻¹

Fonti: Osservatorio Laghi Lombardi, 2005 ad eccezione di ⁽¹⁾ PTUA, 2016; ⁽²⁾ Negri, 2018; ⁽³⁾ Wick, 1996;

Punto di campionamento acque

Comune	Civate
Coordinate X-Y (WGS84 UTM 32)	527173 - 5072980
Localizzazione	Punto di massima profondità

L'origine del bacino risale alla fine del periodo Quaternario, quando imponenti formazioni glaciali si ritirarono lasciando delle depressioni che con il tempo si riempiono d'acqua fino a formare gli attuali specchi d'acqua. Nonostante il lago sia contiguo e solo parzialmente separato dalla stretta fascia morenica della penisola di Isella dall'Annone Ovest, i due ambienti presentano alcune peculiarità, legate alle pressioni antropiche, che li differenziano.

Il lago di Annone Est è interamente compreso nel territorio della provincia di Lecco e la stazione di campionamento delle acque è situata nel comune di Civate, nel punto di massima profondità del lago.

Il bacino idrografico è costituito prevalentemente da aree naturali (42%), ma non è trascurabile la superficie urbanizzata, pari al 33% (dati riferiti al 2014).

Il lago riceve le acque di otto immissari tra i quali, oltre ai torrenti Cologna, Bondi, Rossa, Laghetto, Bomboldo, Bosisolo e lo scarico Sabina, figura il canale di collegamento con il bacino ovest (Negri, 2018). Considerando anche l'Annone Ovest come immissario, la superficie complessiva del bacino idrografico è di circa 27,2 km², mentre senza questo apporto la superficie sarebbe di 14,7 km². L'emissario principale è il Rio Torto che ha una portata media annua di circa 0,6 m³/s (Osservatorio Laghi Lombardi, 2005); esso origina dalla parte settentrionale del lago e successivamente, dopo aver percorso solo un breve tratto, si immette nel ramo lecchese del lago di Como.

La batimetria del lago è caratterizzata da profondità media modesta (Figura 1). Nella stagione fredda si osserva un breve periodo di stratificazione termica inversa con la presenza di una copertura di ghiaccio (Osservatorio Laghi Lombardi, 2005), anche molto estesa negli inverni meno miti.

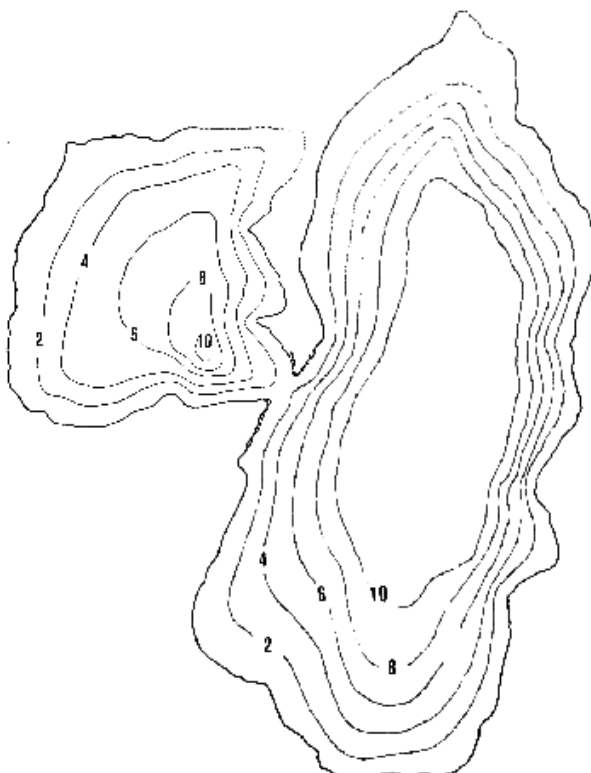


Figura 1. Batimetria dei laghi di Annone.

L'Annone Est è uno dei piccoli ambienti lacustri più studiati della Lombardia e per il quale è possibile ricostruire l'evoluzione temporale delle concentrazioni di nutrienti.

I dati presenti nel database dell'Osservatorio Laghi Lombardi (2005) relativi al periodo 1970-1999 mostrano uno stato precario già negli anni '70 del secolo scorso. Il lago è ulteriormente peggiorato nel successivo decennio, con punte di oltre 250 µg/L P alla circolazione invernale, frequenti fioriture algali seguite dalla comparsa di anossia ipolimnica e, a cascata, da massicce morie di pesci.

Per fronteggiare questa situazione, a metà degli anni '80 è stato realizzato un collettore consortile perilacuale per ridurre gli scarichi fognari nel lago. Nel 2007 è stato approntato un ulteriore progetto di risanamento basato sulla realizzazione di un sistema di aspirazione ipolimnica delle acque allo scopo di ridurre il carico interno di nutrienti. Dal 2008 la gestione dell'impianto è stata affidata alla Provincia di Lecco.

Le acque sono caratterizzate da un'elevata mineralizzazione (conducibilità di circa 300 µS/cm a 20°C). Le basse concentrazioni di nitrati indicano anche la possibilità di una competizione tra fosforo ed azoto come nutriente limitante la produzione algale.

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.

Il grafico in Figura 3, che mostra la situazione dell'ossigenazione delle acque del lago di Annone Est, evidenzia nel periodo di monitoraggio un leggero miglioramento. L'ossigeno ipolimnico mostra una progressiva tendenza verso valori più elevati alla fine della stratificazione termica estiva. Tale andamento è evidente anche nel grafico di Figura 4. L'ossigeno epilimnico scende invece gradualmente verso valori di minore sovrasaturazione.

Nel grafico in Figura 3 si nota che, nell'ultima parte del periodo di osservazione, le due curve dell'ossigeno si discostano sempre meno sensibilmente tra loro durante il periodo di stratificazione estiva. Ciò significa che, sul fondo, a fine stratificazione, vi è una maggiore disponibilità di ossigeno per i processi decompositivi della materia organica. In questo modo non si vengono a creare i presupposti per rilascio di composti (fosfati, ammonio, solfuri) dal sedimento e si determina una notevole riduzione del circolo che autoalimenta il fenomeno dell'eutrofizzazione. Allo stesso tempo, la minore sovrasaturazione che si osserva nello strato superficiale corrisponde a una minore produzione primaria e dunque una minore quantità di materia organica destinata a depositarsi sul fondo, richiedendo ossigeno per essere decomposta.

A questo riguardo, anche i grafici relativi al fitoplancton (Figura 9 e Figura 10) confermano il *trend* indicato; durante gli ultimi anni del periodo di osservazione, il biovolume algale si riduce, così come la quantità di clorofilla *a* presente in acqua.

La situazione descritta è, verosimilmente, quella di un bacino che lentamente si sta recuperando dagli effetti della massiccia eutrofizzazione che lo ha caratterizzato nei decenni precedenti.

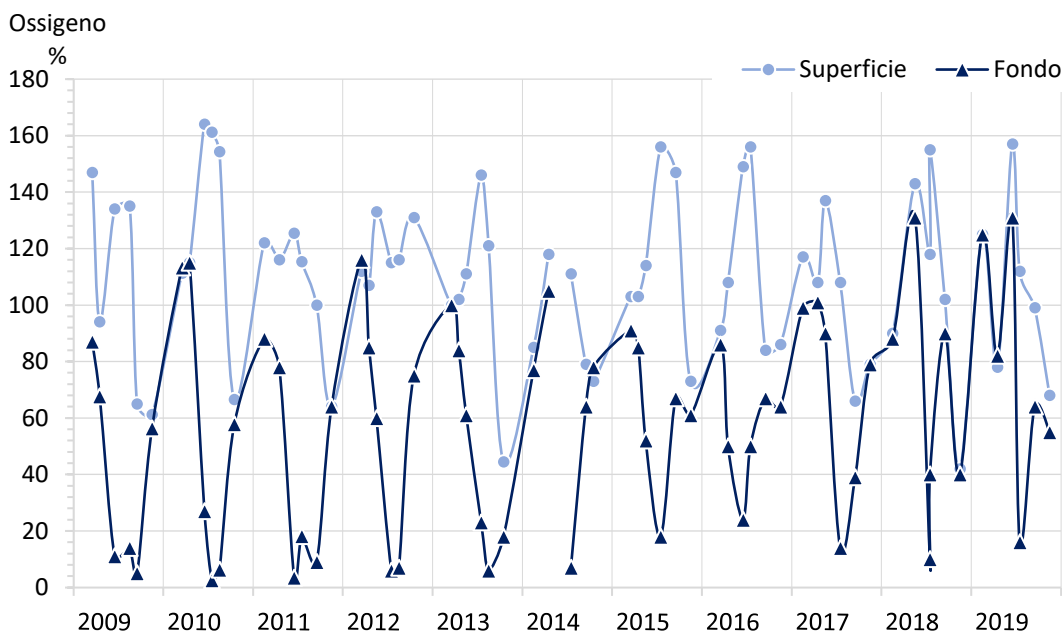


Figura 3. Andamento della saturazione dell'ossigeno disciolto in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

La concentrazione di ossigeno disciolto ipolimnico, 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.

Nonostante l'andamento sopra descritto, la situazione dell'ossigeno ipolimnico a fine stratificazione sembra ancora non assestata su valori stabili corrispondenti a un buono stato. Il grafico in Figura 4 evidenzia che solo negli anni 2016 e 2018, infatti, si è raggiunto o superato il valore soglia indicato.

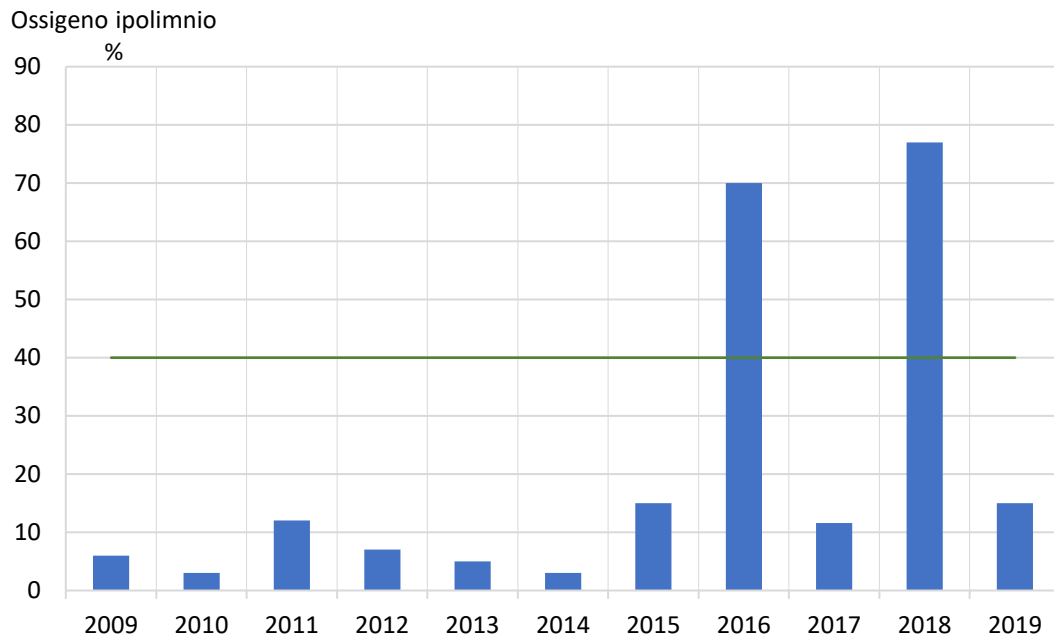


Figura 4. Valori di saturazione dell'ossigeno disciolto nell'ipolimnio alla fine del periodo di stratificazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

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 di Annone Est il valore di 3 metri rappresenta il limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

In tutto il periodo di osservazione le medie annue dei valori di trasparenza sono molto vicine al valore soglia di stato buono (Figura 5). Tuttavia, i valori osservati negli ultimi anni risultano ancora sensibilmente inferiori a tale limite.

Un'ulteriore riduzione del carico di nutrienti insistente sul bacino potrebbe determinare una contrazione della produzione primaria e dunque una più alta trasparenza delle acque portando questo descrittore al di sopra della soglia di buono stato.

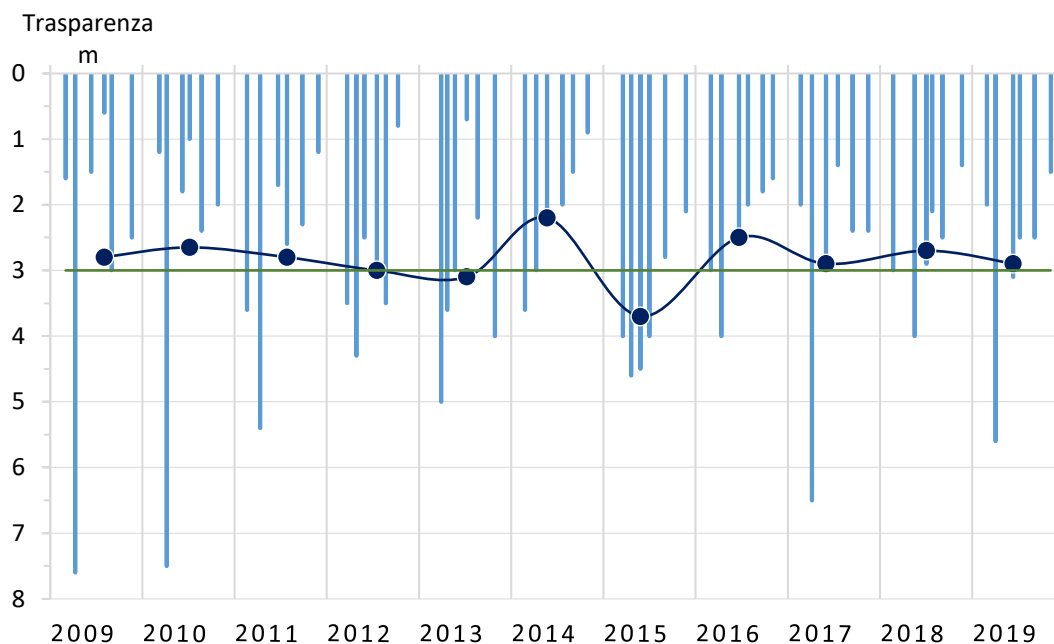


Figura 5. Valori mensili (barre) e medie annue (punti) della trasparenza dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

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.

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 di Annone Est una concentrazione di 20 µg/L P rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

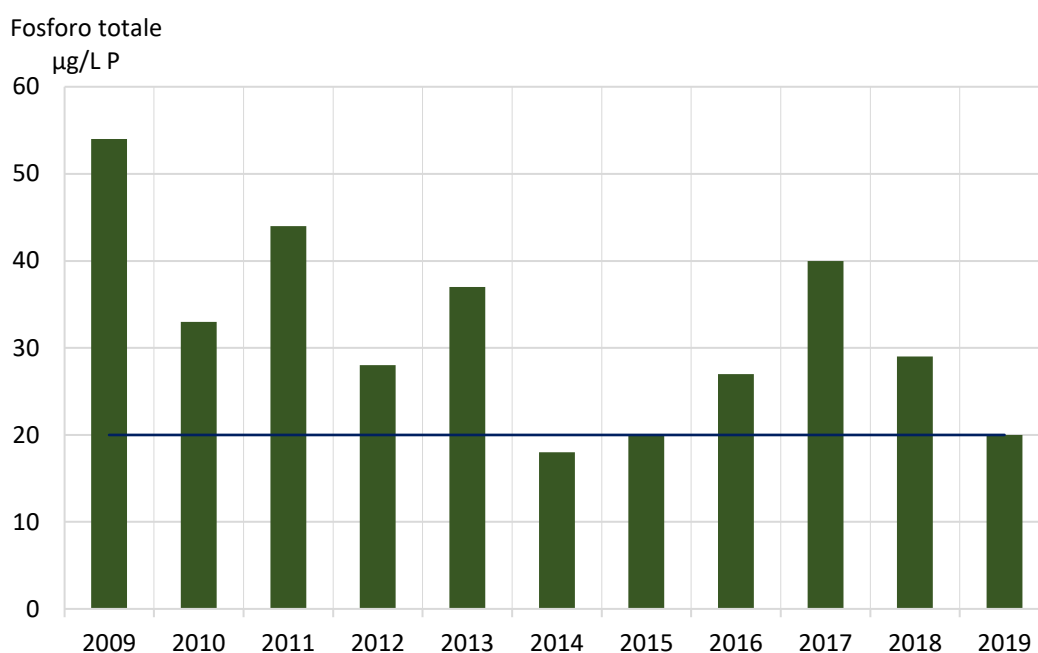


Figura 6. Valori di fosforo totale (media ponderata) nel periodo di piena circolazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

Il grafico in Figura 6 evidenzia un andamento della concentrazione di fosforo nelle acque per lo più non adeguato al rispetto del valore soglia per la definizione dello stato buono. Risultano particolarmente elevate le concentrazioni medie di fosforo totale alla circolazione negli anni 2009, 2010, 2011 e 2017. In questi anni sono stati determinati valori medi sulla colonna che vanno anche molto oltre il valore soglia fissato a 20 µg/L P. È comunque possibile osservare come la riduzione del carico di fosforo presente nel lago (Figura 6) proceda di pari passo con il miglioramento delle condizioni di ossigenazione delle acque (Figura 4).

Il livello naturale di fosforo per il lago di Annone Est, considerato come riferimento per la determinazione dell'obiettivo gestionale previsto dal PTUA, è pari a 20 µg/L P. Tuttavia, il valore più verosimile, calcolato con un metodo più aggiornato proposto da Cardoso *et al.* (2007), si può ritenere prossimo a 7 µg/L P.

Per quanto riguarda le forme dell'azoto, in Figura 7 è mostrato l'andamento dell'azoto nitrico in superficie e in prossimità del fondo nel periodo di monitoraggio 2009-2019, mentre il grafico in Figura 8 è relativo alla forma ammoniacale dell'azoto. Quest'ultima mostra andamenti differenti tra lo strato di superficie e quello di fondo; risultano particolarmente ampie le differenze tra i due strati negli anni dal 2009 al 2013. Negli anni successivi, le differenze tra ipolimnio ed epilimnio sono invece meno marcate.

Si nota una buona corrispondenza tra la condizione dell'ossigenazione delle acque di fondo (Figura 4) e il verificarsi di episodi di accumulo di azoto ammoniacale (Figura 8), con tutte le problematiche che questo elemento può comportare all'ecosistema.

In generale si osserva, nell'ultima parte del periodo di osservazione, un miglioramento complessivo della situazione del fosforo e dell'ossigenazione delle acque di fondo, così come un verificarsi di episodi di accumulo di azoto ammoniacale sul fondo con concentrazioni progressivamente più contenute.

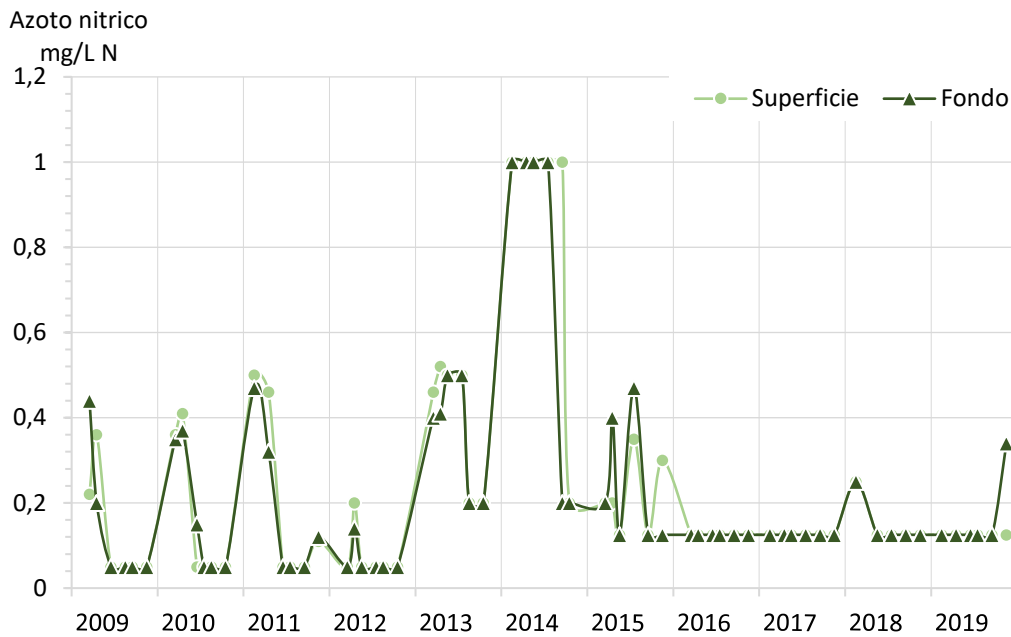


Figura 7. Concentrazioni di azoto nitrico in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

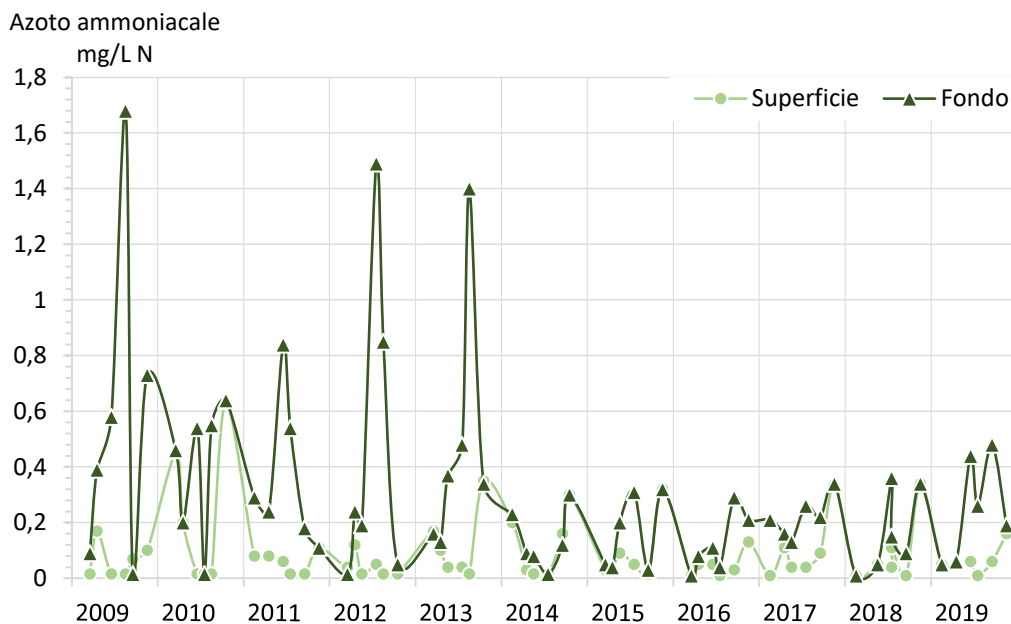


Figura 8. Concentrazioni di azoto ammoniacale in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

3 ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO)

L'LTLECO (livello trofico laghi per lo stato ecologico) è un indice sintetico che descrive lo stato trofico delle acque lacustri. 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).

In Tabella 1 sono indicati i valori dei parametri utilizzati per il calcolo dell'indice LTLECO.

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
Annone Est	2009	54	2,8	6
	2010	33	2,7	3
	2011	44	2,8	12
	2012	28	3,0	7
	2013	37	3,1	5
	2014	18	2,2	3
	2015	20	3,7	15
	2016	27	2,5	70
	2017	40	2,9	12
	2018	29	2,6	77
	2019	20	2,9	15

La Tabella 2 riassume quanto già discusso nei paragrafi precedenti: la condizione di fosforo, trasparenza e ossigeno, seppure presenti segnali di sensibile miglioramento, non è ancora tale da determinare il raggiungimento di uno stato buono di LTLECO.

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.		
Annone Est	2009-2011	44	3	2,8	3	7	3	9	sufficiente
	2012-2014	28	3	2,9	3	5	3	9	sufficiente
	2014-2016	22	3	2,8	3	30	3	9	sufficiente
	2017-2019	30	3	2,8	3	35	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).

Tra gli elementi biologici valutabili per la classificazione dello stato ecologico del lago di Annone Est si è considerato per gli anni dal 2009 al 2019 il fitoplancton. Nei trienni di monitoraggio sono comunque state indagate anche altre componenti biologiche cercando di dare una caratterizzazione ecologica completa di questo lago e di individuare le comunità biologiche più sensibili ai fattori di pressione.

Il grafico in Figura 9 riporta l'andamento della clorofilla *a* nello strato eufotico del lago. Nei primi anni di monitoraggio, i valori medi sono abbastanza elevati, con massimi di concentrazione superiori a 80 µg/L negli anni 2009 e 2012. Come è possibile osservare, le medie annuali della clorofilla *a* sono quasi sempre superiori al valore soglia per la definizione dello stato buono, pari a 7,3 µg/L. I valori relativi al triennio 2017-2019 sembrerebbero invece indicare un'inversione di tendenza. In questo ultimo periodo, infatti, le massime concentrazioni misurate sono sempre risultate inferiori a 40 µg/L e la media generale è molto prossima al valore soglia.

Il grafico in Figura 10 riporta l'andamento del biovolume algale nello strato eufotico del lago, che risulta analogo a quello della clorofilla *a*. La media annuale del biovolume nel periodo 2009-2016 è piuttosto lontana dal valore soglia per la definizione dello stato buono per questo parametro, pari a 2,3 mm³/L. Nel triennio 2017-2019, invece, i valori medi di biovolume risultano più prossimi a tale limite.

La comunità algale segue l'andamento annuale tipico di un lago temperato di buona produttività. I maggiori apporti al biovolume complessivo sono determinati principalmente dal gruppo delle diatomee durante la fase di rimescolamento primaverile, dai gruppi delle Chlorophyceae e delle Dinophyceae durante il periodo della stratificazione termica estiva e dalle Cyanophyceae alla rottura della stratificazione.

Tra le diatomee vale la pena citare i generi *Asterionella* e *Cyclotella*, che in più anni hanno raggiunto valori di biovolume superiori a 2 mm³/L. Per quanto riguarda il gruppo delle Dinophyceae, è sicuramente degna di nota la specie *Ceratium hirundinella*, che supera più volte, nel corso di questo periodo, il valore soglia di biovolume che determina la penalizzazione del punteggio per il calcolo dell'indice fitoplanctonico.

In un quadro generale di riduzione del biovolume, soprattutto nell'ultima parte del periodo di osservazione, assume via via un peso sempre maggiore il gruppo delle Cyanophyceae. A questo gruppo appartengono i generi *Aphanizomenon* e *Woronichinia*, che hanno determinato episodi di fioritura molto importanti, soprattutto nel periodo autunnale. Ad esempio, nel mese di novembre 2019, *Woronichinia naegeliana*, in fase di *bloom* algale, raggiunge un biovolume complessivo superiore a $6 \text{ mm}^3/\text{L}$.

La composizione specifica della comunità fitoplanctonica (metrica PTIot) rileva uno stato sufficiente.

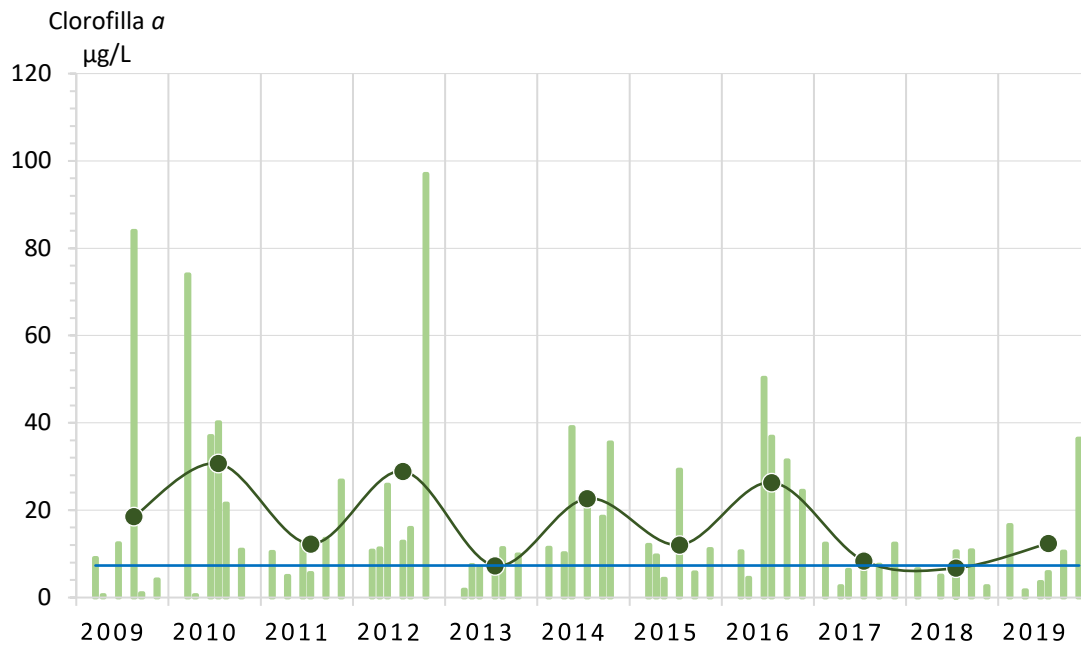


Figura 9. Valori mensili (barre) e medie annuali (punti) della clorofilla a dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

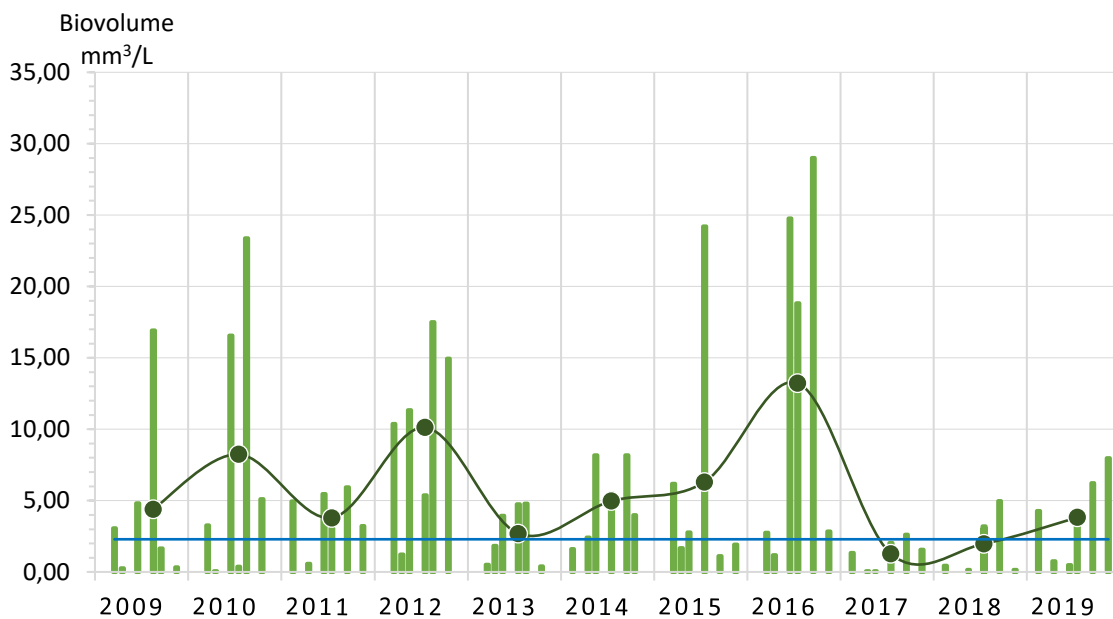


Figura 10. Valori mensili e medie annuali di biovolume fitoplanctonico nello strato integrato; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

I valori di IPAM collocano il fitoplancton del lago di Annone Est in stato scarso per i trienni 2009-2011 e 2014-2016, mentre nei trienni 2012-2014 e 2017-2019 lo stato risulta sufficiente (Tabella 3).

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

Corpo idrico	Triennio	IPAM	Stato
Annone Est	2009-2011	0,39	scarso
	2012-2014	0,49	sufficiente
	2014-2016	0,39	scarso
	2017-2019	0,55	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 (Zcmax), il punteggio trofico (Sk), 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).

La componente delle macrofite acquatiche è stata oggetto di monitoraggio nell'anno 2014.

Nei transetti analizzati sono state ritrovate principalmente tre specie: *Nymphaea alba*, *Trapa natans* e *Vallisneria spiralis*. L'estrema semplificazione della comunità macrofittica si riflette sul valore dell'indice di dissimilarità di B&C, cui corrisponde uno stato cattivo. Sia la metrica relativa alla massima profondità di colonizzazione che quella relativa al valore trofico delle specie individuate risultano in stato scarso.

Per avere ulteriori elementi di informazione, contestualmente all'analisi della componente macrofittica, nell'anno 2014 sono state indagate anche le diatomee bentoniche. Questa componente, però, non è stata usata per la determinazione dello stato di qualità ecologica del lago in quanto non è stato possibile applicare l'indice EPI-L per mancanza di punteggi trofici per alcune specie.

Complessivamente, l'analisi della componente macrofittica evidenzia uno stato scarso (Tabella 4).

Tabella 4. Valori di MacroIMMI e corrispondente stato nei quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	Anno di monitoraggio	RQE MacroIMMI	Stato
Annone Est	2009-2011	-	-	-
	2012-2014	2014	0,20	scarso
	2014-2016	2014	0,20	scarso
	2017-2019	-	-	-

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.

L'indice BQIES non è stato applicato ai fini della classificazione al lago di Annone Est.

L'indice è applicabile solo per i laghi con profondità media superiore a 15 m corrispondenti ai macrotipi L1, L2, I1, I2 non corrispondenti a quello del lago di Annone Est.

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 è stata oggetto di monitoraggio nel corso del 2014. Nel corso dei campionamenti, realizzati mediante elettro-pesca e l'utilizzo di reti, sono state catturate complessivamente 18 specie, 8 delle quali autoctone e 10 alloctone.

Rispetto alle liste faunistiche presenti in letteratura, ricavate dalle campagne di indagine succedutesi negli anni a partire dal 1896 (i dati relativi agli anni 1896, 1974, 1985 e 1998 sono illustrati in OLL, 2005), la situazione attuale è molto cambiata e appare in continua evoluzione.

Nella campagna di indagine 2014, rispetto alla campagna precedente risalente al 1998, sono comparse ben cinque nuove specie alloctone: abramide, gambusia, gardon, rodeo amaro e siluro. Allo stesso tempo sono definitivamente scomparse dal lago l'alborella, l'anguilla e il coregone lavarello.

In Tabella 5 sono riassunte le cinque metriche componenti l'indice e il risultato complessivo.

Sono risultate presenti tutte le specie chiave per questa tipologia di lago: luccio, tinca e scardola. Tra le specie indicate come tipo-specifiche risultano presenti il pesce persico, il ghiozzo padano e la carpa, mentre risulta invece assente l'alborella. L'aumento delle specie alloctone ha sicuramente penalizzato la relativa metrica componente l'indice.

Lo stato ecologico risultante dall'applicazione di questo indice è pari a sufficiente.

Tabella 5. 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		
Annone Est	2014-2016	2014	4,67	0,67	6,00	10,00	8,00	0,59	sufficiente

5 ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO

Lo stato gli 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 6 è indicato il numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza ricercata nel lago di Annone Est in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

Tabella 6. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

GRUPPO	SOSTANZA	2014	2015	2016	2017	2018	2019
METALLI	Arsenico	-	-	-	15	18	16
	Cromo totale	19	22	17	15	18	16
PESTICIDI	AMPA	-	-	-	-	6	-
	Glifosate	-	-	-	-	6	-
COV	1,2-Diclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	1,3 Diclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	1,4-diclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	2-Clorotoluene	19	22	-	15	11	-
	4-Clorotoluene	19	22	-	15	11	-
	m+p-Xilene	-	-	-	15	11	16
	Monoclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	Toluene	19	22	-	15	18	16
	Tricloroetano 1,1,1	19	22	-	15	18	16
	Xilene (somma isomeri)	-	-	-	-	7	16
	Xilene meta	19	7	-	-	-	-
Xilene orto	19	22	-	15	14	16	
Xilene para	19	7	-	-	-	-	

In Tabella 7 è riportata la classificazione dello stato degli elementi chimici a sostegno per il lago di Annone Est e i parametri la cui media annua ha superato lo SQA-MA o il LOQ nei quattro trienni di monitoraggio operativo.

Lo stato degli elementi chimici a sostegno non è stato classificato nel triennio 2009-2011 in quanto non era disponibile l'analisi delle pressioni insistenti sul corpo idrico; la classificazione è stata effettuata solo a partire dal triennio 2012-2014. È stato osservato il superamento della soglia SQA-MA per il cromo nel triennio 2012-2014, che ha determinato uno stato sufficiente. Nel triennio 2017-2019 sono state invece superati i valori di LOQ per l'AMPA e per l'arsenico, determinando uno stato buono e non più elevato come nel precedente triennio.

Tabella 7. 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
Annone Est	2009-2011	non classificato	-	-
	2012-2014	sufficiente	cromo	-
	2014-2016	elevato	-	-
	2017-2019	buono	-	AMPA, 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.

In Tabella 8 è mostrato lo stato ecologico del lago di Annone Est per i quattro trienni di monitoraggio in esame e lo stato degli elementi di qualità che concorrono alla sua classificazione.

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

Nel caso del lago di Annone Est si osservano differenze di stato ecologico rispetto alla classificazione pubblicata nel PTUA 2016 dovute a una variazione del valore dell'indice IPAM rispetto all'indice ICF utilizzato nel primo sessennio di monitoraggio e all'utilizzo dell'indice MacroIMMI, non considerato nella precedente classificazione. Gli elementi generali fisico-chimici (LTLecco) risultano sempre in stato sufficiente, mentre gli elementi chimici a sostegno, monitorati a partire dal triennio 2012-2014, conseguono uno stato elevato nel triennio 2014-2016 per poi venire classificati in buono stato nel triennio 2017-2019 a causa dei superamenti di AMPA ed arsenico.

La componente biologica delle macrofite ha determinato lo stato scarso nei trienni 2012-2014 e 2014-2016. L'indice fitoplanctonico, in miglioramento rispetto al triennio 2009-2011, ha invece determinato insieme all'LTLecco lo stato sufficiente nell'ultimo triennio del periodo di monitoraggio.

Tabella 8. 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
Annone Est	2009-2011	scarso	sufficiente	non classificato	SCARSO	Fitoplancton, LTLecco
	2012-2014	scarso	sufficiente	sufficiente	SCARSO	Macrofite
	2014-2016	scarso	sufficiente	elevato	SCARSO	Macrofite
	2017-2019	sufficiente	sufficiente	buono	SUFFICIENTE	Fitoplancton, LTLecco

Il PTUA 2016 stabilisce il 2021 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 9. Lago di Annone Est: 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
Annone Est	buono al 2021	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). In Tabella 10 è riportato il numero di analisi delle sostanze ricercate in ciascun anno del sessennio.

Tabella 10. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

GRUPPO	SOSTANZA	2014	2015	2016	2017	2018	2019
METALLI	Cadmio	19	22	17	15	18	16
	Mercurio	19	22	17	15	18	16
	Nichel	19	22	17	15	18	16
	Piombo	19	22	17	15	18	16
IPA	Naftalene	19	22	-	-	-	-
COV	1,2,3-Triclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	1,2,4-Triclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	Benzene	19	22	-	15	18	16
	Dicloroetano 1,2	19	22	-	15	18	16
	Diclorometano	19	22	-	15	18	11
	Esaclorobenzene	-	-	-	-	7	-
	Esaclorobutadiene	19	22	-	15	18	16
	Pentaclorobenzene	19	22	-	15	15	-
	Tetracloroetilene	19	22	-	15	18	16
	Tetracloruro di carbonio	19	22	-	15	18	16
	Triclorobenzene 1,3,5	-	-	-	-	7	-
	Triclorobenzeni	-	-	-	-	7	-
	Tricloroetilene	19	22	-	15	18	16
	Triclorometano	19	22	-	15	18	16

In Tabella 11 è riportato lo stato chimico del lago di Annone Est per i quattro trienni di monitoraggio operativo e i parametri che hanno registrato un eventuale superamento dei limiti SQA-MA o SQA-CMA.

Nei primi due trienni di monitoraggio operativo lo stato chimico è risultato non buono, rispettivamente per il superamento della SQA-CMA del mercurio e della SQA-MA del nichel. Nei due trienni 2014-2016 e 2017-2019 lo stato chimico risulta invece buono.

Tabella 11. Stato chimico per i quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Periodo	Stato chimico	>SQA-MA	>SQA-CMA
Annone Est	2009-2011	NON BUONO	-	mercurio
	2012-2014	NON BUONO	Nichel	-
	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 2021 come termine entro cui raggiungere l'obiettivo di buono stato chimico. Lo stato chimico del sessennio 2009-2014 pubblicato nel PTUA 2016 è non buono; lo stato chimico del sessennio 2014-2019 risulta buono (Tabella 12).

Tabella 12. Lago di Annone Est: 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
Annone Est	buono al 2021	NON BUONO	BUONO

8 BIBLIOGRAFIA

ARPA, 2015. Stato delle acque superficiali del bacino del fiume Adda e del lago di Como. Rapporto annuale 2014. ARPA Lombardia.

ARPA, 2018. Stato delle Acque superficiali in Regione Lombardia – Laghi. Rapporto Triennale 2014-2016. ARPA Lombardia.

Cardoso A.C., Solimini A., Premazzi G., Carvalho L., Lyche A. e Rekolainen S., 2007. Phosphorus reference concentrations in European lakes. *Hydrobiologia*, 584: 3-12

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.

Negri A., 2018. Gestione dell’impianto di prelievo ipolimnico del lago di Annone Est nel periodo giugno 2017-maggio 2018. Relazione finale. Amministrazione Provinciale di Lecco, Settore Ecologia.

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.

Wick L., 1996. Late-glacial and early-Holocene palaeoenvironments in Brianza, N Italy. *Il Quat, Ital J Quat Sci*, 9: 653–660.